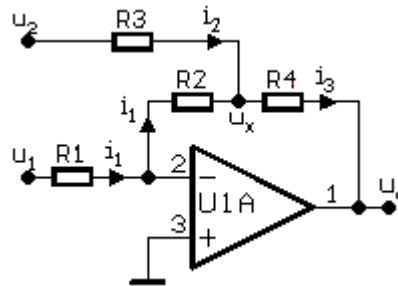


Příklady výpočtů operačních sítí

Příklad č.1

Vypočítejte obecně výstupní napětí u_o v závislosti na vstupních napětích u_1 a u_2



Řešení pomocí přímé aplikace Ohmova a Kirchoffových zákonů:

Vlivem záporné zpětné vazby je mezi vstupy OZ virtuální nula, do vstupů ideálního OZ proudy netečou, lze tedy snadno vypočítat hodnotu proudu i_1 :

$$i_1 = \frac{u_1}{R_1}$$

Dále lze pomocí vypočteného proudu i_1 určit napětí u_x :

$$u_x = -i_1 R_2 = -\frac{u_1 R_2}{R_1}$$

Nyní můžeme stanovit hodnotu proudu i_2 :

$$i_2 = \frac{u_2 - u_x}{R_3} = \frac{u_2}{R_3} + \frac{u_1 R_2}{R_1 R_3}$$

Proud i_3 protékající rezistorem R_4 je dán součtem proudů i_1 a i_2 :

$$i_3 = i_1 + i_2 = \underbrace{\frac{u_1}{R_1}}_{i_1} + \underbrace{\frac{u_2}{R_3} + \frac{u_1 R_2}{R_1 R_3}}_{i_2} = \frac{u_1 R_3 + u_1 R_2}{R_1 R_3} + \frac{u_2}{R_3}$$

Hledané výstupní napětí je dáno součtem napětí u_x s úbytkem napětí na rezistoru R_4 :

$$u_o = u_x + (-R_4 i_3) = \underbrace{-\frac{u_1 R_2}{R_1}}_{u_x} + \underbrace{\frac{u_1 R_3 R_4 + u_1 R_2 R_4}{R_1 R_3} - \frac{u_2 R_4}{R_3}}_{-R_4 i_3}$$

Po úpravě dostáváme konečný výsledek:

$$u_o = -u_1 \frac{R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_2 R_4}{R_1 R_3} - u_2 \frac{R_4}{R_3}$$

Řešení pomocí principu superpozice:

Výpočet rozdělíme na dvě části, nejprve provedeme výpočet u_{o1} pro $u_2 = 0$, poté provedeme výpočet u_{o2} pro $u_1 = 0$. Výsledné napětí u_o je dáno součtem dílčích výsledků u_{o1} a u_{o2} .

Výpočet pro $u_2 = 0$:

Vlivem záporné zpětné vazby je mezi vstupy OZ virtuální nula, do vstupů ideálního OZ proudy netečou, lze tedy snadno vypočítat hodnotu proudu i_1 :

$$i_1 = \frac{u_1}{R_1}$$

Dále lze pomocí vypočteného proudu i_1 určit napětí u_x :

$$u_x = -i_1 R_2 = -\frac{u_1 R_2}{R_1}$$

Nyní můžeme stanovit hodnotu proudu i_2 :

$$i_2 = -\frac{u_x}{R_3} = \frac{u_1 R_2}{R_1 R_3}$$

Proud i_3 protékající rezistorem R_4 je dán součtem proudů i_1 a i_2 :

$$i_3 = i_1 + i_2 = \frac{u_1}{R_1} + \frac{u_1 R_2}{R_1 R_3} = \frac{u_1 R_3 + u_1 R_2}{R_1 R_3}$$

Hledané dílčí výstupní napětí u_{o1} je dáno součtem napětí u_x s úbytkem napětí na rezistoru R_4 :

$$\begin{aligned} u_{o1} &= u_x + (-R_4 i_3) = \underbrace{-\frac{u_1 R_2}{R_1}}_{u_x} - \underbrace{\frac{u_1 R_3 R_4 + u_1 R_2 R_4}{R_1 R_3}}_{-R_4 i_3} = \\ &= -u_1 \frac{R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_2 R_4}{R_1 R_3} \end{aligned}$$

Výpočet pro $u_1 = 0$:

Vlivem záporné zpětné vazby je mezi vstupy OZ virtuální nula, do vstupů ideálního OZ proudy netečou, platí tedy:

$$i_1 = 0, u_x = 0$$

Vypočteme tedy hodnotu proudu i_2 :

$$i_2 = i_3 = \frac{u_2}{R_3}$$

Dílčí výstupní napětí u_{o2} je rovno úbytku napětí na rezistoru R_4 :

$$u_{o2} = -i_3 R_4 = -u_2 \frac{R_4}{R_3}$$

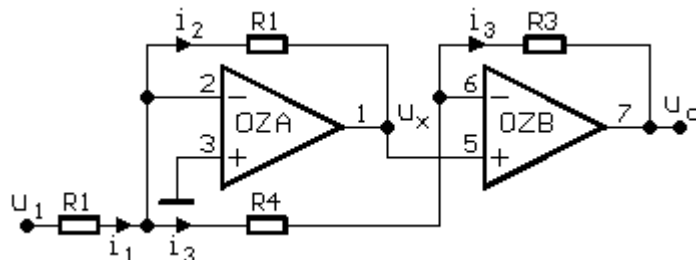
Výsledné napětí u_o je dáno součtem napětí u_{o1} a u_{o2} :

$$\underline{\underline{u_o = u_{o1} + u_{o2} = -u_1 \frac{R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_2 R_4}{R_1 R_3} - u_2 \frac{R_4}{R_3}}}$$

Jak je vidět, obě metody řešení vedou ke stejnému správnému výsledku, liší se pouze náročností a délkou výpočtu. V některých případech je výhodnější výpočet první metodou v jiných případech vyjde jednodušší výpočet druhou metodou. Je tedy na Vás, kterou z metod při výpočtu použijete.

Příklad č.2

Vypočítejte obecně výstupní napětí u_o v závislosti na vstupním napětí u_1



Ze schématu je zřejmé, že oba operační zesilovače mají zápornou zpětnou vazbu a lze tedy u nich uvažovat nulové napětí mezi vstupy (virtuální nulu). Neinvertující vstup OZA je uzemněný, na invertujícím vstupu je tedy také nulové napětí a lze tedy snadno vyjádřit proud i_1 :

$$i_1 = \frac{u_1}{R_1}$$

Tento proud se dělí na proudy i_2 a i_3 . Vzhledem k tomu, že oba proudy tečou mezi stejnými potenciály (mezi vstupy OZB je nulové napětí), rozdělí se v opačném poměru odporů větví, kterými tečou (proudový dělič). Proud i_2 tekoucí rezistorem R_1 je tedy:

$$i_2 = i_1 \frac{R_4}{R_1 + R_4}$$

A proud i_3 tekoucí rezistorem R_4 je:

$$i_3 = i_1 \frac{R_1}{R_1 + R_4}$$

Nyní již lze vyjádřit napětí u_x na vstupech druhého operačního zesilovače OZB. Toto napětí je možno vyjádřit jako úbytek napětí na rezistoru R_1 způsobený proudem i_2 nebo jako úbytek napětí na rezistoru R_4 způsobený proudem i_3 , obě varianty jsou ekvivalentní a platí tedy:

$$u_x = -i_2 R_1 = -i_3 R_4 = -i_1 \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4}$$

Po úpravě:

$$u_x = -u_1 \frac{R_4}{R_1 + R_4}$$

Hledané výstupní napětí je dáno součtem napětí u_x a záporně vzatého úbytku napětí na rezistoru R_3 . Tento úbytek je:

$$u_{R_3} = i_3 R_3 = u_1 \frac{R_3}{R_1 + R_4}$$

Výstupní napětí u_o je tedy:

$$u_o = u_x - u_{R_3} = -u_1 \frac{R_4}{R_1 + R_4} - u_1 \frac{R_3}{R_1 + R_4}$$

Po úpravě dostáváme výsledný tvar:

$$\underline{\underline{u_0 = -u_1 \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_4}}}$$

Příklady na výpočty operačních sítí