Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázku knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukázka má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázku jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umisťováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz

$$U_{AB} = R_{AB}.I = 22.0,5 = 11V$$

a toto napětí U_{AB} protlačí rezistory R_A a R_B podle obr.1.9b proudy

$$I_A = \frac{U_{AB}}{R_A} = \frac{11}{44} = 0,25A$$

$$I_B = \frac{U_{AB}}{R_B} = \frac{11}{44} = 0,25A$$

které způsobí podle obr.1.9a (resp. obr.1.9d) na rezistorech R_4 a R_5 úbytky napětí

$$U_4 = R_4.I_A = 40.0,25 = 10V$$

$$U_5 = R_5.I_B = 36.0,25 = 9V$$

a jejich rozdíl je podle obr.1.9d napětím U_3 na rezistoru R_3

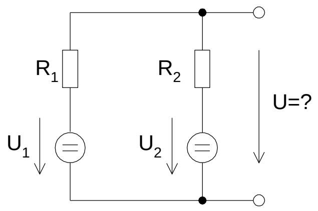
$$U_3 = U_4 - U_5 = 10 - 9 = 1V$$

které protlačuje podle obr.1.9d tímto rezistorem R_3 hledaný proud I_3 o velikosti

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{1}{20} = 0,05A$$

1.4 Metoda lineární superpozice

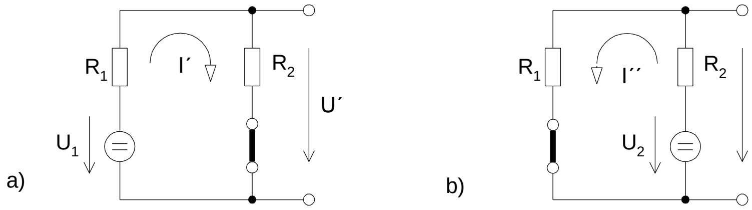
Příklad 1.4.1. Metodou lineární superpozice se má najít napětí U v obvodu, jehož schéma zapojení je na obr.1.10, je-li : $R_1 = 30\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $U_1 = 10V$, $U_2 = 20V$.



Obr.1.10 Schéma zapojení pro metodu superpozice

Protože účinek více zdrojů je dán součtem účinků jednotlivých zdrojů působících samostatně, nechá se podle obr.1.10a nejprve ve obvodu působit pouze zdroj napětí U_1, přičemž zdroj napětí U_2 se nahradí zkratem, neboť vnitřní odpor zdroje napětí je nulový (zatímco vnitřní odpor zdroje proudu je nekonečně velký). Příspěvek od zdroje U_1 k výstupnímu napětí U se označí U' a má (podle obr.1.11a) velikost :

$$U' = R_2.I' = R_2.\frac{U_1}{R_1 + R_2} = 20.\frac{10}{30 + 20} = 4V$$

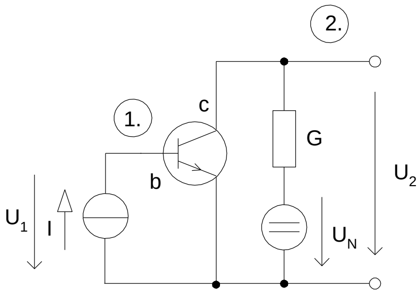


Obr.1.11 Dílčí schémata zapojení pro metodu lineární superpozice

$$
R_1=\frac{U_1}{I_1}=\frac{\Delta_{1:1}}{\Delta}=\frac{\det\begin{array}{c|ccc} & 1: & & \\ \hline 1: & & & \\ & & G_3 & -S \\ & & & G_2+S \end{array}}{\det\begin{array}{|c|c|c|} \hline G_1 & & \\ \hline S & G_3 & -S \\ \hline -S & & G_2+S \\ \hline \end{array}}=\frac{\begin{vmatrix} G_3 & -S \\ 0 & G_2+S \end{vmatrix}.(-1)^{1+1}}{\begin{vmatrix} G_1 & 0 & 0 \\ S & G_3 & -S \\ -S & 0 & G_2+S \end{vmatrix}}=\frac{G_3.(G_2+S)}{G_1.G_3.(G_2+S)}=\frac{1}{G_1}
$$

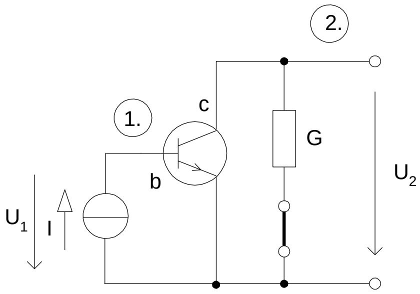
(Přitom ve všech maticích jsou pro vytvoření názoru zvýrazněně označeny indexy pouze vynechávané řádky a sloupce.)

Příklad 4.3.3. Má se vypočítat přenos (napěťové zesílení A_U) obvodu s tranzistorem, který je popsán vodivostními y-parametry, tedy maticí $\begin{array}{c|cc} & b: & c: \\ b: & y_{11} & y_{12} \\ c: & y_{21} & y_{22} \end{array}$, schéma zapojení je na obr.4.9.



Obr.4.9 Schéma zapojení k příkladu 4.3.3

Zdroj napájecího napětí U_N má nulový vnitřní odpor (neboť např. pro $U_N = 20V$ bude $R_I=\frac{du}{di}=\frac{d}{di}U_N=\frac{d}{di}20=0\Omega$), takže se pro zesilovaný proud I chová jako zkrat, a proto lze pro zesilovaný proud I schéma tohoto zesilovače překreslit do tvaru, který je na obr.4.10.



Obr.4.10 Schéma zapojení pro zesilovaný proud

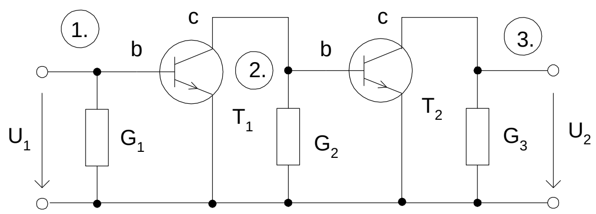
Výsledná matice soustavy je součtem matice sestavené z pasivního prvku G s maticí bipolárního tranzistoru, mající tvar $\begin{array}{c|cc} & b: & c: \\ b: & y_{11} & y_{12} \\ c: & y_{21} & y_{22} \end{array}$

$$\begin{array}{r|c|c|} & 1: & 2: \\ \hline 1: & & \\ \hline 2: & & G \\ \hline \end{array} + \begin{array}{r|c|c|} & 1=b & 2=c \\ \hline 1=b: & y_{11} & y_{12} \\ \hline 2=c: & y_{21} & y_{22} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{r|c|c|} & 1: & 2: \\ \hline 1: & y_{11} & y_{12} \\ \hline 2: & y_{21} & G+y_{22} \\ \hline \end{array}$$

Přenos (napěťové zesílení A_U) je obecně $A_U = \dfrac{U_j}{U_i} = \dfrac{\Delta_{i:j}}{\Delta_{i:i}}$, po dosazení bude:

$$A_U = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\Delta_{1:2}}{\Delta_{1:1}} = \frac{y_{21}.(-1)^{1+2}}{(G+y_{22}).(-1)^{1+1}} = -\frac{y_{21}}{G+y_{22}}$$

Příklad 4.3.4. Má se vypočítat přenos (napěťové zesílení A_U) obvodu obsahujícího dva tranzistory, které jsou popsané vodivostními y-parametry, tedy maticí $\begin{array}{r|c|c|} & b: & c: \\ \hline b: & y_{11} & y_{12} \\ \hline c: & y_{21} & y_{22} \\ \hline \end{array}$ a dále tři rezistory s vodivostmi G_1, G_2, G_3, které jsou zapojeny podle schématu na obr.4.11.



Obr.4.11 Schéma zapojení k příkladu 4.3.4

Protože schéma má tři uzly: 1., 2. a 3., výsledná vodivostní matice bude mít tři řádky a tři sloupky a bude sestavena ze tří dílčích matic, a to z matice pasivních prvků G_1, G_2 a G_3, z matice tranzistoru T_1 a matice tranzistoru T_2, které (majíce dva řádky a dva sloupky) je nutno nejprve zatransformovat do matice o třech řádcích a třech sloupcích, a to přiřazením čísel uzlů k jednotlivým elektrodám tranzistorů takto :
Protože báze (b) prvního tranzistoru T_1 je připojena k prvnímu uzlu (1.), poznamená se tedy k 1. řádku a 1. sloupku matice index báze 1=b. Jelikož kolektor (c) prvního tranzistoru je připojen k uzlu (2.), poznamená se k 2. řádku a 2. sloupku matice index kolektoru 2=c. Protože báze druhého tranzistoru T_2 je připojena do druhého uzlu (2.), poznamená se k 2. řádku a 2. sloupku matice druhého tranzistoru index báze 2=b. Protože kolektor (c) druhého tranzistoru je připojen k uzlu (3.), poznamená se k 3.řádku a 3. sloupku matice druhého tranzistoru index 3=c. Do políček popsaných těmito indexy (tj.: $1=b^{(1)}$, $2=c^{(1)}$, …) se pak vepíší příslušné y-parametry tranzistorů takto:

$$\begin{array}{r|c|c|c|} & 1: & 2 & 3 \\ \hline 1: & G_1 & & \\ \hline 2: & & G_2 & \\ \hline 3: & & & G_3 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{r|c|c|c|} & 1=b^{(1)} & 2=c^{(1)} & \\ \hline 1=b^{(1)}: & y_{11}^{(1)} & y_{12}^{(1)} & \\ \hline 2=c^{(1)}: & y_{21}^{(1)} & y_{22}^{(1)} & \\ \hline & & & \\ \hline \end{array} + \begin{array}{r|c|c|c|} & & 2=b^{(2)} & 3=c^{(2)} \\ \hline & & & \\ \hline 2=b^{(2)}: & & y_{11}^{(2)} & y_{12}^{(2)} \\ \hline 3=c^{(2)}: & & y_{21}^{(2)} & y_{22}^{(2)} \\ \hline \end{array}$$

Pak výsledná vodivostní matice soustavy je:

$$\mathbf{G} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline G_1 + y_{11}^{(1)} & y_{12}^{(1)} & \\ \hline y_{21}^{(1)} & G_2 + y_{22}^{(1)} + y_{11}^{(2)} & y_{12}^{(2)} \\ \hline & y_{21}^{(2)} & G_3 + y_{22}^{(2)} \\ \hline \end{array}$$

Prvek g byl přitom získán z determinantu $\tilde{\Delta}$ nejprve vypuštěním druhého řádku a druhého sloupce, což lze symbolicky zapsat $\tilde{\Delta}_{2:2}$, a poté dalším následným vynecháním prvního řádku a třetího sloupce (čili z determinantu $\Delta_{1:3}$), souhrnně zapsáno $g = \tilde{\Delta}_{2,1:2,3}$.
Pokud by se však z doplňku $\tilde{\Delta}_{2:2} = \Delta$ měl vypočítat prvek i pak bude

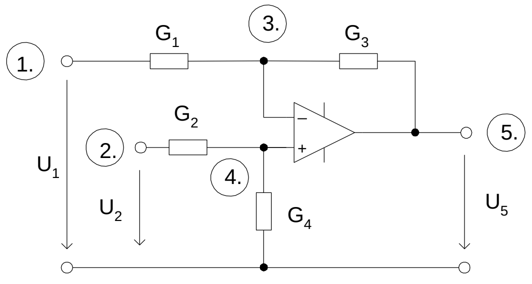
$$\tilde{\Delta}_{2:2} = \Delta = \begin{vmatrix} a & c \\ g & i \end{vmatrix} = a.i - g.c = a.i + g.c.(-1) = a.\Delta_{1:1} + g.c.(-1)$$

kde $\Delta_{1:1} = i$.
Prvek i byl získán z determinantu $\tilde{\Delta}$ nejprve vypuštěním druhého řádku a druhého sloupce, což lze symbolicky zapsat $\tilde{\Delta}_{2:2}$, a poté dalším následným vynecháním prvního řádku a prvního sloupce (čili z determinantu $\Delta_{1:1}$). Popsané operace ze zapsat opět souhrnně, a to $i = \tilde{\Delta}_{2,1:2,1}$.
Řada vynechávaných indexů $2,1:2,1$ tvoří nyní sestupnou posloupnost.
Je patrno, že znaménko prvku i tzn. vícenásobného algebraického doplňku $i = \tilde{\Delta}_{2,1:2,1}$ je kladné (+1, zatímco znaménko prvku g, tedy vícenásobného algebraického doplňku $g = \tilde{\Delta}_{2,1:2,3}$ je záporné (-1). Je tomu tak proto, že pro $i = \tilde{\Delta}_{2,1:2,1}$ tvoří vynechávané indexy sestupnou posloupnost, zatímco pro prvek g je pro dosažení sestupné posloupnosti vynechávaných indexů třeba provést jednu záměnu (z $2,1:2,3$ na $2,1:3,2$).
Znaménko vícenásobného algebraického doplňku je tedy dáno vztahem

$$(-1)^{\alpha}$$

kde α je počet záměn dvojic indexů tak, aby vznikla jejich sestupná (anebo vzestupná) posloupnost.

Příklad 4.8.2. V obvodu jehož schéma zapojení je na obr.4.27 se má najít velikost výstupního napětí metodou vícenásobných algebraických doplňků s využitím redukce počtu proměnných ideálním operačním zesilovačem.

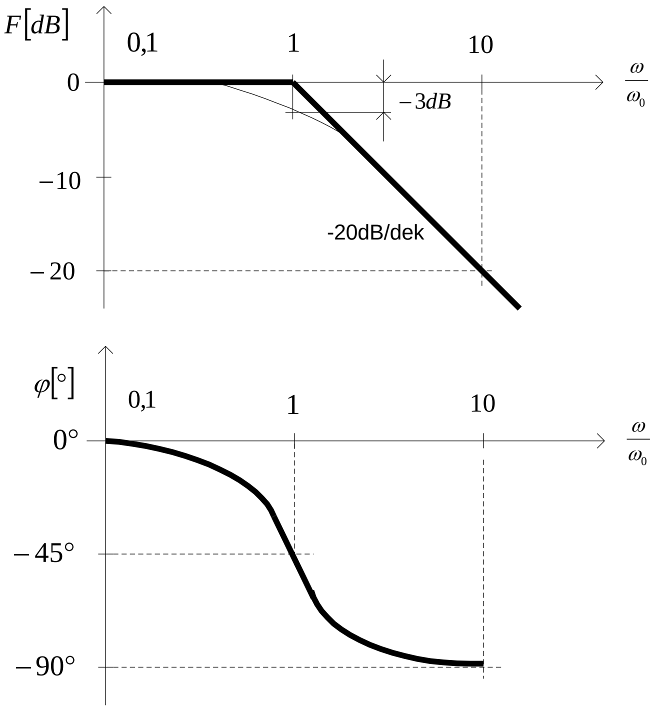


Obr.4.27 Schéma zapojení k příkladu 4.8.1

Podle metody lineární superpozice z předchozí kapitoly 4.7 je hledané napětí U_5 dáno příspěvkem od zdroje napětí U_1 při nulovém napětí U_2, tedy při uzemněném uzlu 2. Přitom uzemnění uzlu se ve vodivostní matici projeví tak, že se z této matice vypustí řádek a sloupek s indexem tohoto uzemněného uzlu, jak je patrno z obr.4.28, když na obr.4.28a je matice „plovoucího“ rezistoru s vodivostí G, a na obr.4.28b pak matice téhož rezistoru G, ale

$$F_{[dB]} = 20.\log|F(j\omega)| = 20.\log\left|\frac{1}{j\dfrac{\omega}{\omega_O}}\right| = 20.\log\frac{1}{\dfrac{\omega}{\omega_o}} = 20.\log\left(\frac{\omega}{\omega_O}\right)^{-1} = -20.\log\frac{\omega}{\omega_O}$$

čili charakteristikou je přímka se strmostí -20 dB/dekádu (tzn. desetinásobek) kmitočtu. Příslušné grafické znázornění uvedených matematických vztahů je nakresleno na obr.10.2.



Obr.10.2 Argumentová a modulová charakteristika

Mezní kmitočet RCčlánku $\omega = \omega_0$ se dosadí do vztahu pro přenos $F(j\omega) = \dfrac{1}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_O}}$:

$$F(j\omega) = \frac{1}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_O}} = \frac{1}{1 + j\dfrac{\omega_O}{\omega_O}} = \frac{1}{1 + j1} = \frac{1}{1 + j} \text{ a dále } \frac{1}{1+j} = \frac{1}{1+j}.\frac{1-j}{1-j} = \frac{1-j}{1+1} = \frac{1}{2} - j\frac{1}{2}$$

odtud modul přenosu v decibelech $F_{[dB]} = 20.\log|F(j\omega)|$ pro $\omega = \omega_0$ je

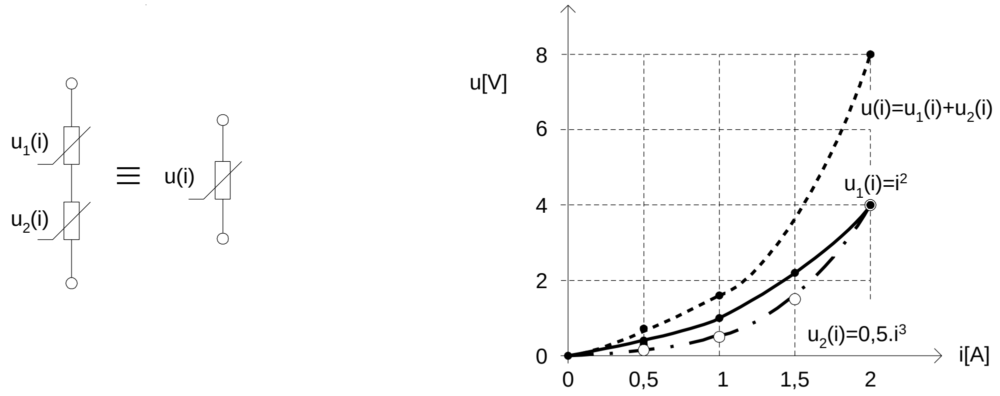
$$F_{[dB]} = 20.\log|F(j\omega)| = 20.\log\left|\frac{1}{1+j}\right| = 20.\log\frac{1}{\sqrt{1^2 + 1^2}} = 20.\log\frac{1}{\sqrt{2}} = 20.\log 0{,}707 =$$
$$= 20.(-0{,}15) = -3dB$$

a argument φ pro $\omega = \omega_0$ je

$$\varphi = arctg\frac{\mathrm{Im}\{F(j\omega)\}}{\mathrm{Re}\{F(j\omega)\}} = arctg\frac{-\dfrac{1}{2}}{\dfrac{1}{2}} = arctg(-1) = -45°$$

Z charakteristik na obr.10.2 plyne, že filtrem procházejí frekvence $\omega \langle\langle \omega_O$ s nulovým útlumem, zatímco frekvence $\omega \rangle\rangle \omega_O$ jsou filtrem zeslabovány o 20dB na každou dekádu kmitočtu (tj. na jeho desateronásobné zvýšení). Jde tedy o filtr typu dolní propust, propouštějící kmitočty na dolním okraji frekvencí.

$i = 1A$ je $u_1(i) = i^2 = 1^2 = 1V$ a $u_2(i) = 0{,}5.i^3 = 0{,}5.1^3 = 0{,}5V$ takže příslušný součet bude $u(i) = u_1(i) + u_2(i) = 1 + 0{,}5 = 1{,}5V$. Grafická konstrukce je na obr.12.2.



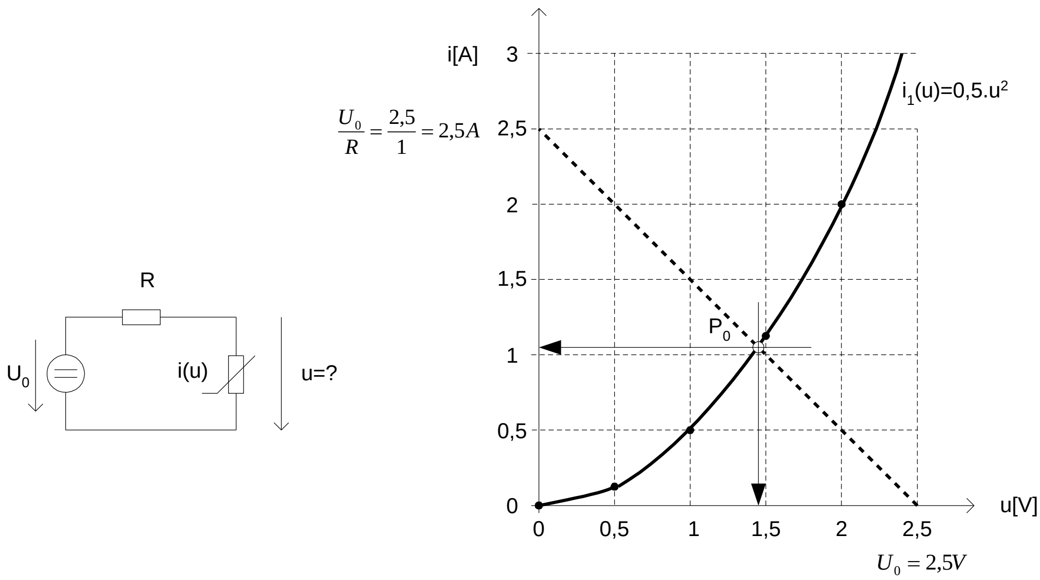
Obr.12.2 Schéma zapojení a charakteristiky k příkladu 12.1.2

Charakteristika nelineárního prvku $u_1(i) = i^2$ je plnou čarou, charakteristika prvku $u_2(i) = 0{,}5.i^3$ čerchovaně a výsledná charakteristika $u(i)$ je čárkovaně, její body jsou dány tabulkou 12.2.

Tab.12.2 Body pro konstrukci charakteristiky

$i[A]$	0	0,5	1	1,5	2
$u_1(i) = i^2$	0	0,25	1	2,25	4
$u_2(u) = 0{,}5.i^3$	0	0,06	0,5	1,67	4
$u(i) = \Sigma u$	0	0,31	1,5	3,92	8

Příklad 12.1.3. Má se určit napětí u na nelineárním prvku popsaném charakteristikou $i(u) = 0{,}5.u^2$, který je zapojen v sérii s lineárním rezistorem s odporem $R = 1\Omega$ a obvod je napájen ze zdroje napětí $U_0 = 2{,}5V$ podle schématu zapojení na obr.12.3.



Obr.12.3 Schéma zapojení a charakteristiky k příkladu 12.1.3