



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ  
Теория на електронните схеми

КУРСОВ ПРОЕКТ

Изработил: Диан Милчев Илиев

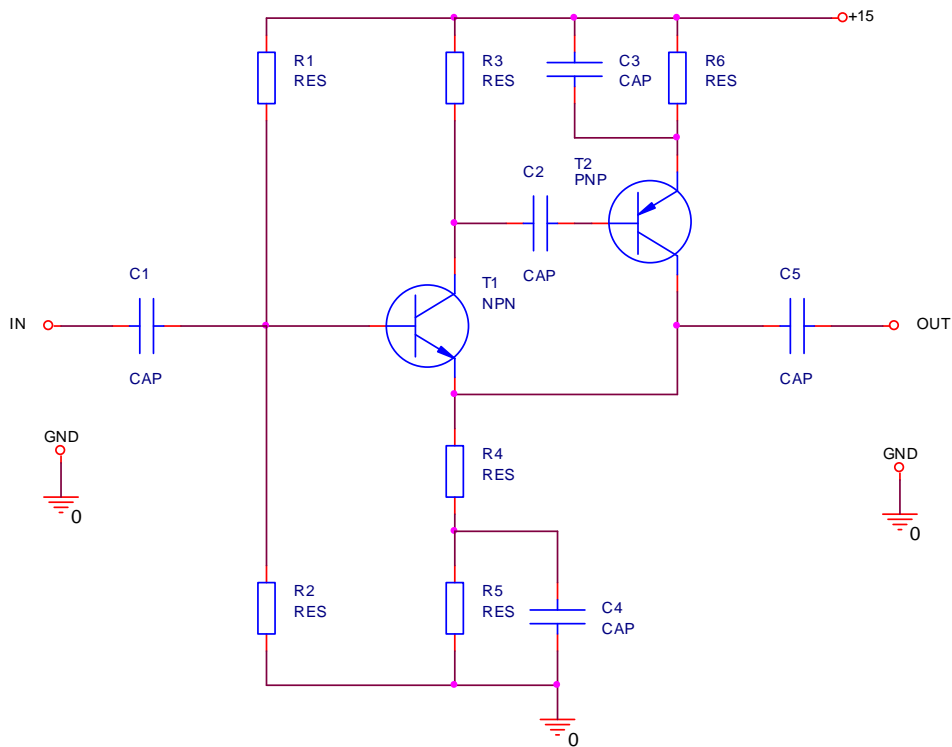
ФЕТТ      фак.№ 101207035      гр.№ 46

8.05.2009  
София

Ръководител:  
доц. Е. Шойкова

# 1. Задача: Анализ на зададена схема по метода с възловите потенциали.

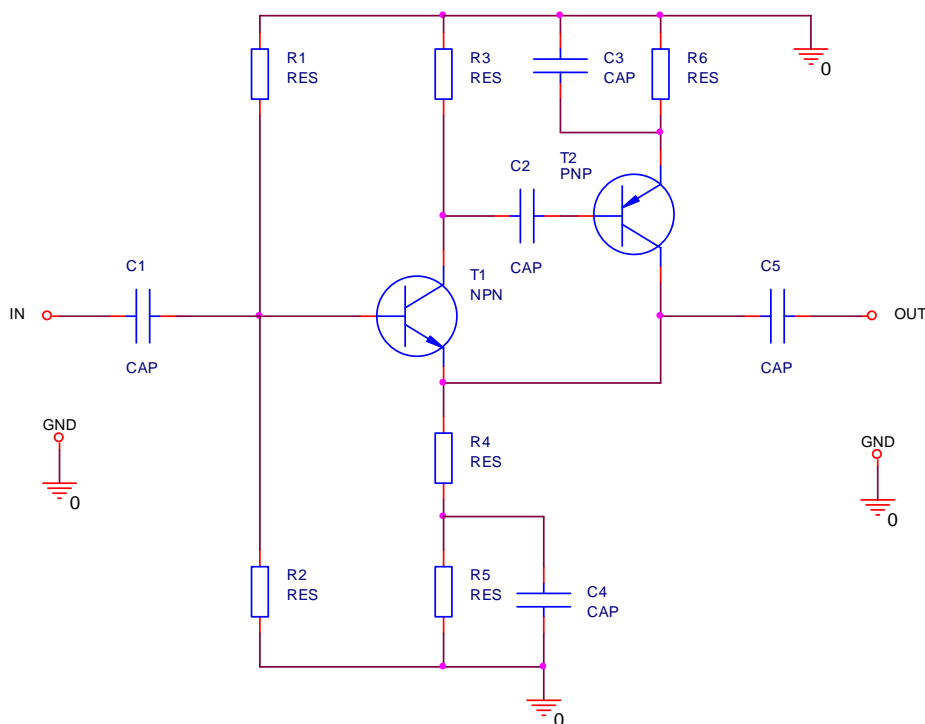
Схема:



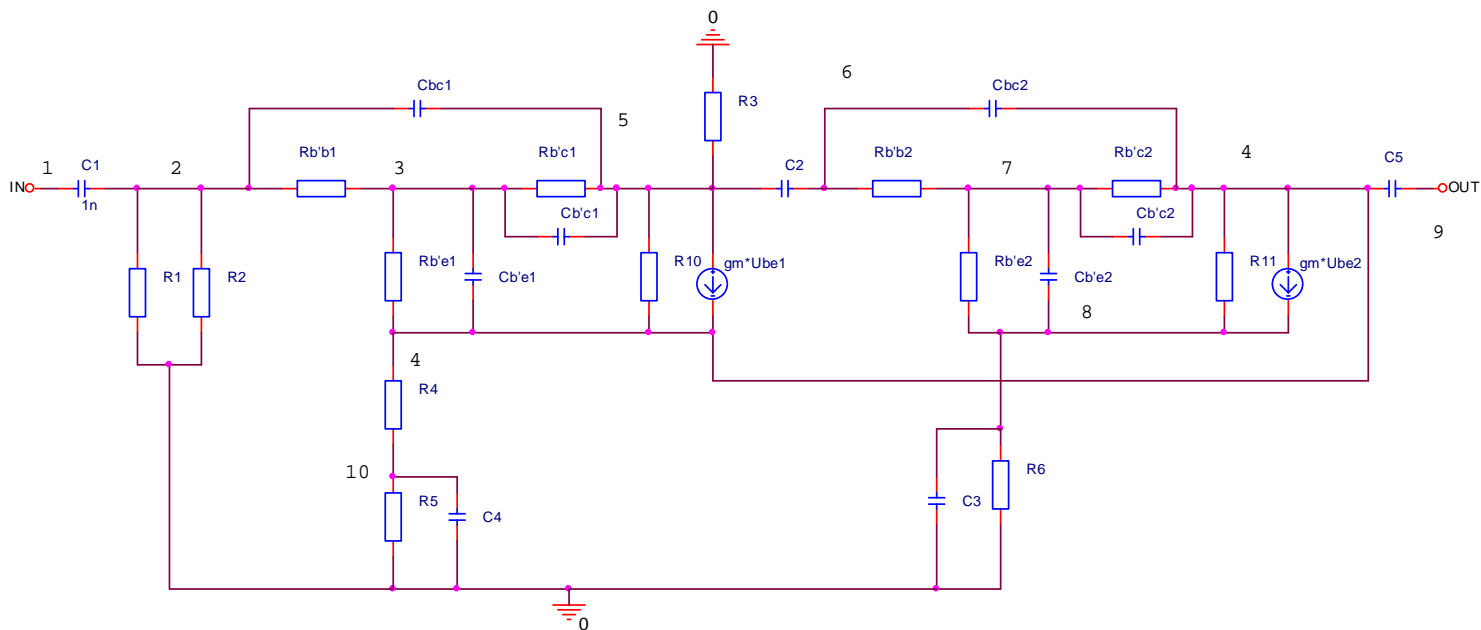
Анализ по метода с възлови потенциали за високи честоти:

Създава се комплексна матрица с модел на Джаколето

- Постояннотоковото захранване се свързва на късо към шаси.
- Входната и изходната верига се отстраняват и се заменят с празен ход
- Пасивните елементи се заменят с подходящи модели за високи честоти



- Биполярният транзистор се заменя с модел на Джаколето



A1	$-p.C1$	0	0	0	0	0	0	0	0
$-p.C1$	A2	$-1/R_{b'b1}$	0	$-p.C_{BC1}$	0	0	0	0	0
0	$-1/R_{b'b1}$	A3	$(-1/R_{b'e1}) + p.C_{b'e1}$	$(-1/R_{b'c1}) + p.C_{b'c1}$	0	0	0	0	0
0	0	$(-1/R_{b'e1}) + p.C_{b'e1} - gm1$	A4	$-1/R_{ce}$	$-p.C_{BC2}$	$(-1/R_{b'c2}) + p.C_{b'c2} + gm2$	$-1/R_{ce2} - gm2$	$-p.C5$	$-1/R4$
0	$-p.C_{BC1}$	$(-1/R_{b'c1}) + p.C_{b'c1} + gm1$	$(-1/R_{ce}) - gm1$	A5	$-p.C2$	0	0	0	0
0	0	0	$-p.C_{BC2}$	$-p.C2$	A6	$-1/R_{b'b1}$	0	0	0
0	0	0	$(-1/R_{b'c2}) + p.C_{b'c2}$	0	$-1/R_{b'b1}$	A7	$(-1/R_{b'e2}) + p.C_{b'e2}$	0	0
0	0	0	$-1/R_{ce2}$	0	0	$(-1/R_{b'e2}) + p.C_{b'e2} - gm2$	A8	0	0
0	0	0	$-p.C5$	0	0	0	0	A9	0
0	0	0	$-1/R4$	0	0	0	0	0	A10

$$A1 = p \cdot C_1$$

$$A2 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{B'B1}} + p \cdot C_{BC1}$$

$$A3 = \frac{1}{R_{B'B1}} + \frac{1}{R_{B'E1}} + \frac{1}{R_{B'C1}} + p \cdot C_{BE1} + p \cdot C_{B'C1}$$

$$A4 = \frac{1}{R_{B'E1}} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{CE1}} + \frac{1}{R_{B'C2}} + \frac{1}{R_{CE2}} + p \cdot C_{B'E1} + p \cdot C_{BC2} + p \cdot C_{B'C2} + p \cdot C_5$$

$$A5 = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{CE1}} + \frac{1}{R_{B'C1}} + p \cdot C_{B'C1} + p \cdot C_{BC1} + p \cdot C_2$$

$$A6 = \frac{1}{R_{B'B2}} + p \cdot C_{BC2} + p \cdot C_2$$

$$A7 = \frac{1}{R_{B'B2}} + \frac{1}{R_{B'E2}} + \frac{1}{R_{B'C2}} + p \cdot C_{B'E2} + p \cdot C_{B'C2}$$

$$A8 = \frac{1}{R_{B'E2}} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_{CE2}} + p \cdot C_{BE2} + p \cdot C_3$$

$$A9 = p \cdot C_5$$

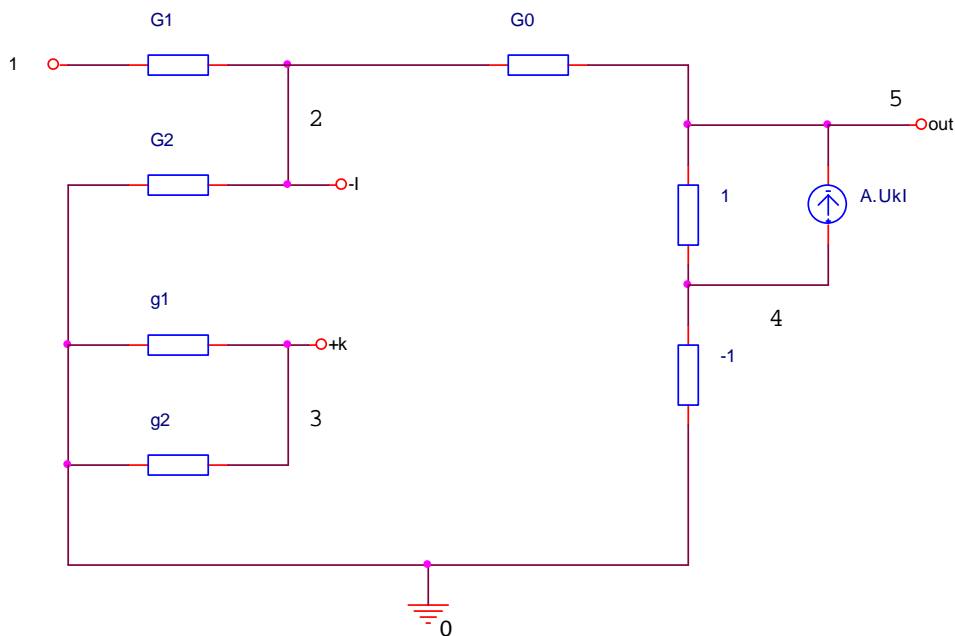
$$A10 = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + p \cdot C_4$$

## 2. Анализ на схема по метода с възловите напрежения

За анализ на разглеждаме схемата и заменяме ОУ с неговия макромодел.

Анализът започва с разглеждане само на един от инвертиращите входове и приемаме, че има само един входен сигнал. Другите входове свързваме към маса.

Схемата има следния вид



За базисен възел е избран масата ( възел 0 ). Останалите възли са номерирани от 1 до 5. Съставя се матрица с размерност 5x5 имаща следния вид :

	1	2*	3*	4	5
1	G1	-G1	0	0	0
2	-G1	G0+G1+G2	0	0	-G0
3	0	0	g1+g2	0	0
4*	0	0-A	0+A	0	-1
5*	0	-G0+A	0-A	-1	G0+1

Получената матрица е симетрична спрямо главния диагонал. Влиянието на ЗИТУН е отбелязано с червен цвят.

$$K_u = U_{изх} / U_{вх} = \Delta_{ab} / \Delta_{aa} = \Delta_{15} / \Delta_{11}$$

Премахваме 4-та колона и 5-ти ред :

1                      2                      3                      5≡4

(-1)

1	G1	-G1	0	0
2	-G1	G0+G1+G2	0	-G0
3	0	0	g1+g2	0
4	0	A	A	-1

1                      2                      3

$\Delta_{15} =$

2	-G1	G0+G1+G2	0
3	0	0	g1+g2
4	0	A	A

$$\Delta_{15} = -G1(g1+g2)A$$

2                      3                      5≡4

$\Delta_{11} =$

2	G0+G1+G2	0	-G0
3	0	g1+g2	0
4	A	A	-1

$$\Delta_{11} = G0(g1+g2)A + (g1+g2)(G0+G1+G2)$$

Заместваме с намерените адюнгирани количества :

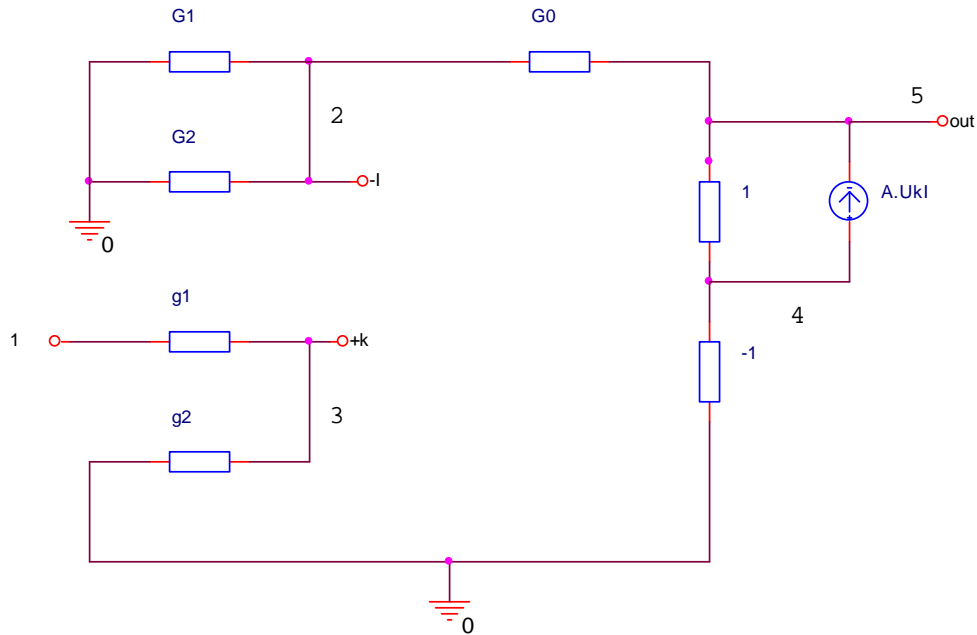
$$K_u = -\frac{G1(g1+g2)A}{G0(g1+g2)A + (g1+g2)(G0+G1+G2)} ; K_u = -\frac{G1A}{G0A + (G0+G1+G2)} ;$$

$$K_u = -\frac{G_1}{G_0 + \frac{(G_0 + G_1 + G_2)}{A}} ; A \rightarrow \infty \text{ (идеален ОУ) } \frac{(G_0 + G_1 + G_2)}{A} \rightarrow 0$$

$$U_{out1} = -\frac{G_1}{G_0} \times U_{in1} ; U_{out2} = -\frac{G_1}{G_0} \times U_{in2} \rightarrow \boxed{U_{out} = \sum_{i=1}^n \left(-\frac{G_i}{G_0}\right) U_{ini}}$$

( в конкретния случай  $i=2$  )

Аналогично за инвертиращия вход :



За базисен възел е избран масата ( възел 0 ). Останалите възли са номерирани от 1 до 5. Съставя се матрица с размерност 5x5 имаща следния вид :

	1	2*	3*	4	5
1	G1	0	-g1	0	0
2	0	G0+G1+G2	0	0	-G0
3	-g1	0	g1+g2	0	0
4*	0	0-A	0+A	0	-1
5*	0	-G0+A	0-A	-1	G0+1

Получената матрица е симетрична спрямо главния диагонал. Влиянието на ЗИТУН е отбелязано с червен цвят.

$$K_u = U_{изх} / U_{вх} = \Delta_{ab} / \Delta_{aa} = \Delta_{15} / \Delta_{11}.$$

Премахваме 4-та колона и 5-ти ред :

	1	2	3	5=4
1	G1	0	-g1	0
2	0	G0+G1+G2	0	-G0
3	-g1	0	g1+g2	0
4	0	A	A	-1

(-1)

1                  2                  3

$$\Delta_{15} =$$

2	0	G0+G1+G2	0
3	-g1	0	g1+g2
4	0	A	A

$$\Delta_{15} = g_1(G_0 + G_1 + G_2)A$$

2                  3                  5=4

$$\Delta_{11} =$$

2	G0+G1+G2	0	-G0
3	0	g1+g2	0
4	A	A	-1



$$\Delta_{11} = G_0(g_1 + g_2)A + (g_1 + g_2)(G_0 + G_1 + G_2)$$

Заместваме с намерените адюнгирани количества :

$$K_u = \frac{g_1(G_0 + G_1 + G_2)A}{G_0(g_1 + g_2)A + (g_1 + g_2)(G_0 + G_1 + G_2)} = \frac{g_1(G_0 + G_1 + G_2)}{G_0(g_1 + g_2)};$$

$$U_{out1} = \frac{g_1(G_0 + G_1 + G_2)}{G_0(g_1 + g_2)} ; U_{out2} = \frac{g_2(G_0 + G_1 + G_2)}{G_0(g_1 + g_2)}$$

Полагаме :  $G_0 + G_1 + G_2 = G'$

$$g_1 + g_2 = g'$$

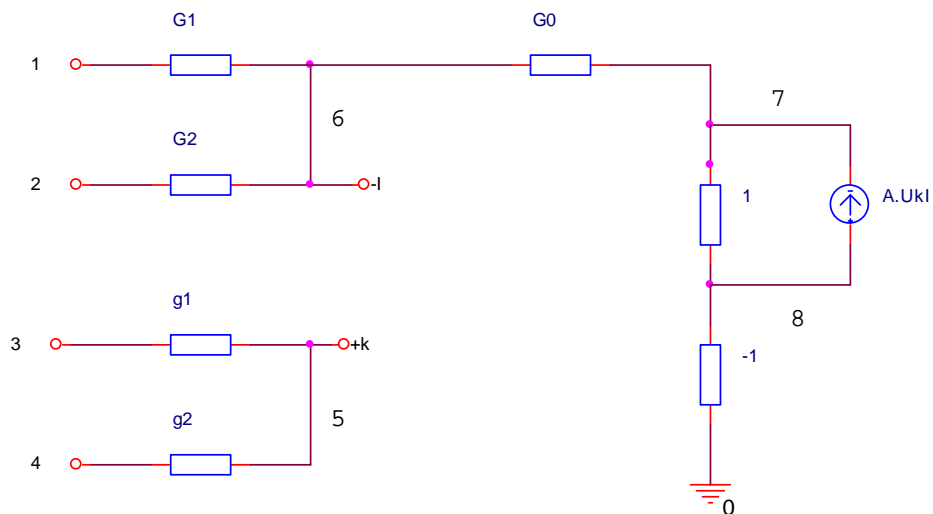
$$\rightarrow \boxed{U_{out} = \frac{G'}{g'} \sum_{j=1}^m \left( \frac{G_j}{G_0} \right) U_{inj}}$$

Следователно за функцията на изходното напрежение при сигнали и от двата входа на ОУ се получава :

$$\boxed{U_{out} = U_{noninv} * U_{inv} = \sum_{i=1}^n \left( -\frac{G_i}{G_0} \right) U_{ini} + \frac{G'}{g'} \sum_{j=1}^m \left( \frac{G_j}{G_0} \right) U_{inj}}$$

Анализ на чувствителността на  $Y_{12}$  :

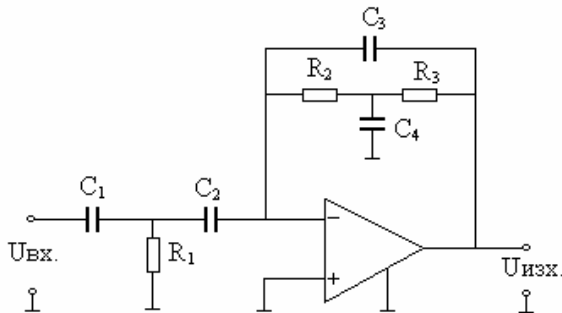
За целта чертаем схемата като премахваме входните и изходните възли и определяме броят на клоните :



### 3. Синтез на активен филтър

Чрез многополюсника  $N_b$ , в обратната връзка се осъществяват полюсите на  $T_{(p)}$ , А чрез многополюсника  $N_a$  – нулите на  $T_{(p)}$ . Следователно многополюсника  $N_b$  винаги трябва да бъде замостено Т звено, което реализира комплексно спрегнати нули. Инвентирането на предавателната му функция от ОУ, води до реализирането на комплексно спрегнати полюси на общата предавателна функция.

Схемата придобива вида:

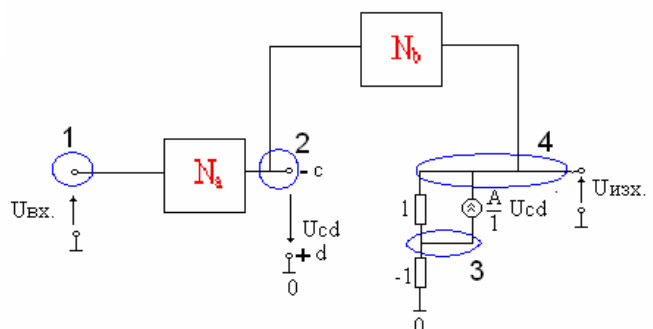
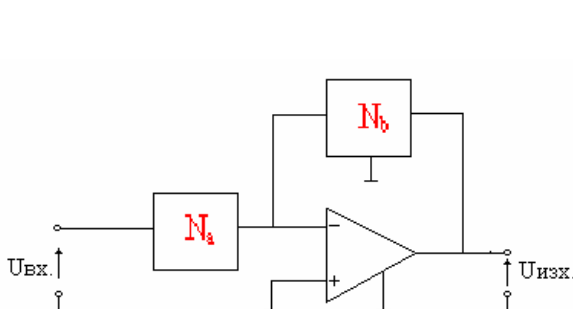
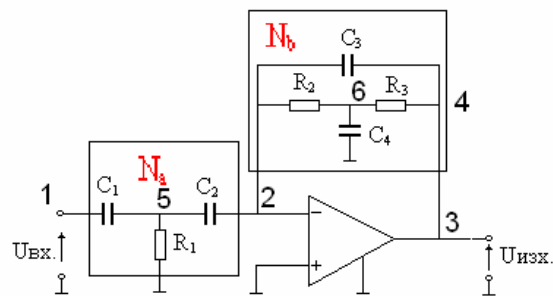
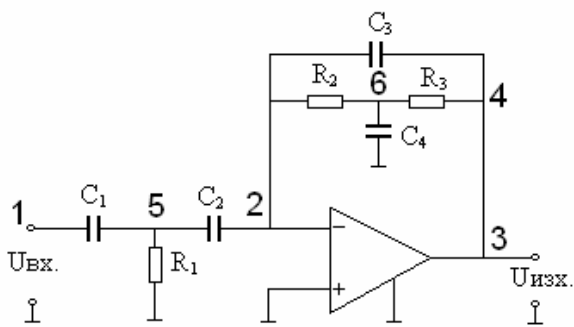


#### Определяне на предавателната характеристика по напрежение

Използва се метода на многополюсните подсхеми, което позволява чрез представяне на части от схемата като подсхеми да се намали размерът на матрицата и да се улесни пресмятането на нейните параметри

1. Избират се посоки на напреженията.

2. Номерират се възлите и се отделят двете многополюсни подсхеми  $N_a$  и  $N_b$ . Възлите 5 и 6 са вътрешни за двете подсхеми.



	1	2	3	4
1	$Y_{11}^{Na}$	$Y_{12}^{Na}$	0	0
2	$Y_{21}^{Na}$	$Y_{22}^{Na} + Y_{22}^{Nb}$	0	$Y_{24}^{Nb}$
3	0	0-A	0	-1
4	0	$Y_{42}^{Nb} + A$	-1	$Y_{44}^{Nb} + 1$

$$K_u = \frac{U_{uzx}}{U_{ex.}} = \frac{\Delta ab}{\Delta aa + \Delta aa, bb Y_T}; Y_T = 0 \quad K_u \Rightarrow \frac{\Delta ab}{\Delta aa}$$

$$a=1, b=4 \Rightarrow K_u = \frac{\Delta 14}{\Delta 11}$$

$$\Delta 14 = (-1)^{1+4}$$

	1	2	3
2	$Y_{21}^{Na}$	$Y_{22}^{Na} + Y_{22}^{Nb}$	0
3	0	0-A	0
4	0	$Y_{42}^{Nb} + A$	-1

$$= (-1) \times (A \cdot Y_{21}^{Na}) - A \cdot Y_{21}^{Na}$$

$$\Delta 11 = (-1)^{1+1}$$

	2	3	4
2	$Y_{22}^{Na} + Y_{22}^{Nb}$	0	$Y_{24}^{Nb}$
3	0-A	0	-1
4	$Y_{42}^{Nb} + A$	-1	$Y_{44}^{Nb} + 1$

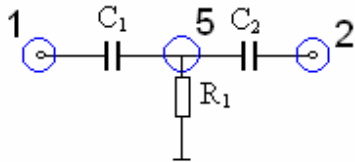
$$= A \cdot Y_{24}^{Nb} - Y_{22}^{Na} - Y_{22}^{Nb}$$

$$K_u = \frac{\Delta 14}{\Delta 11} = \frac{A \cdot Y_{21}^{Na}}{A \cdot Y_{24}^{Nb} - (Y_{22}^{Na} + Y_{22}^{Nb})} : A = \frac{Y_{21}^{Na}}{Y_{24}^{Nb}} ; A \rightarrow \infty$$

Редуциране на възел 5:

$N_a$  - Т-образно високочестотно звено

$p=5 \quad i=2 \quad j=2$



$$[Y]^{N_a} =$$

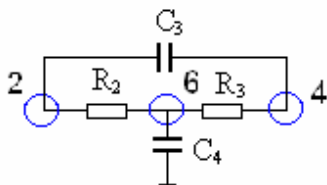
		1	2	5
(3x3)	1	$C_1 \cdot p$	0	$-C_1 \cdot p$
	2	0	$C_2 \cdot p$	$-C_2 \cdot p$
	5	$-C_1 \cdot p$	$-C_2 \cdot p$	$\frac{1}{R_1} + C_1 \cdot p + C_2$

$$Y_{21}^{N_a} = Y_{21} - \frac{Y_{25} Y_{51}}{Y_{55}} = -\frac{(-C_2 \cdot p)(C_1 \cdot p)}{\frac{1}{R_1} + C_1 \cdot p + C_2 \cdot p} = -\frac{C_1 C_2 \cdot p^2}{\frac{1}{R_1} + (C_1 + C_2) \cdot p}$$

Редуциране на възел 6:

$N_b$  - Замостено Т-образно звено

$p=6 \quad i=2 \quad j=4$



$$[Y]^{Nb} = \begin{array}{c|ccc} & 2 & 4 & 6 \\ \hline 2 & \frac{1}{R_1} + C_3 \cdot p & -C_3 \cdot p & -\frac{1}{R_2} \\ \hline 3 & -C_3 \cdot p & \frac{1}{R_3} + C_3 \cdot p & -\frac{1}{R_3} \\ \hline 6 & -\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + C_4 \cdot p \\ \hline \end{array}$$

$$Y_{24}^{Nb} = Y_{24} - \frac{Y_{26} Y_{64}}{Y_{66}} = -C_3 \cdot p - \frac{\left(-\frac{1}{R_2}\right)\left(-\frac{1}{R_3}\right)}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + C_4 \cdot p} = -\frac{C_3 C_4 p^2 + C_3 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) p + \frac{1}{R_2 R_3}}{C_4 p + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$

Окончательно пределателната функция е :

$$K_u = -\frac{Y_{21}^{Na}}{Y_{24}^{Nb}} = -\frac{\frac{C_1 C_2 \cdot p^2}{(C_1 + C_2) \cdot p + \frac{1}{R_1}}}{\frac{C_3 C_4 p^2 + C_3 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) p + \frac{1}{R_2 R_3}}{C_4 p + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}}$$

Ако  $C_1 + C_2 = C_4$  и  $\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1}$ , то :

$$K_u = -\frac{Y_{21}^{Na}}{Y_{24}^{Nb}} = -\frac{C_1 C_2 p^2}{C_3 C_4 p^2 + C_3 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) p + \frac{1}{R_2 R_3}}$$