

Лабораторная работа 24.

Безынерционные линейные цепи

Балдин Виктор

17 сентября 2024 г.

1 Делитель напряжения

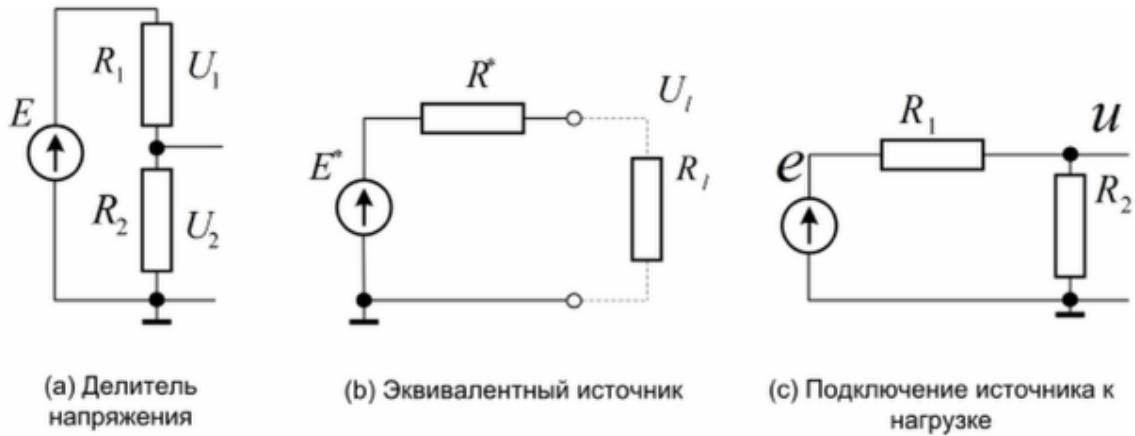


Рис. 1: Делитель напряжения

Напряжение E^* , до которого мы понижаем исходное делителем по этой схеме:

$$E^* = E \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

Отсюда

$$R_2 = R_1 \frac{E^*}{E - E^*}$$

В работе $E = 10$ В, $E^* = 2$ В, $R_1 = 12$ кОм $\Rightarrow R_2 = 3$ кОм. Соберем схему на макетной плате и измерим напряжение на делителе. Получили $E^* = 1.94$ В.

Измерим сопротивление делителя методом двух нагрузок. В качестве второй нагрузки возьмем $R_l = 1$ кОм. $U_l = 0.55$ В.

$$\frac{E^* - U_l}{R^*} = \frac{U_l}{R_l} \quad (2)$$

Отсюда $R^* = 2.40$ кОм.

Для переменного тока $e_A = 1.0$ В, $U_A = 180.5$ мВ.

$$k = \frac{U_A}{e_A} = 0.18$$

2 Параллельный сумматор

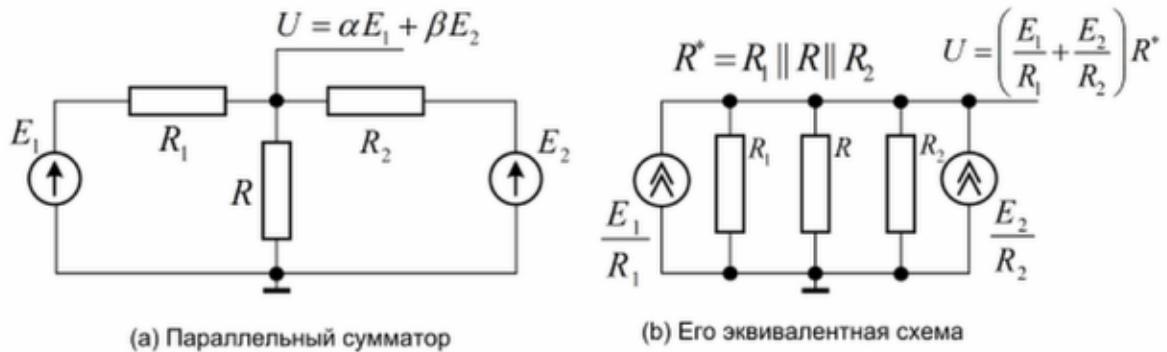


Рис. 2: Параллельный сумматор

Некоторые формулы:

$$\alpha = \frac{R \| R_2}{R_1 + R \| R_2}$$

$$\beta = \frac{R \| R_1}{R_2 + R \| R_1}$$

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\alpha + \beta = \frac{1}{1 + \frac{1}{R_1 \| R_2}}$$

Нам задали весовые коэффициенты $\alpha = 0.4$, $\beta = 0.2 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 2$, $\frac{R}{R_1 \| R_2} = \frac{3}{2}$.

Возьмем $R_1 = 1$ кОм, $R_2 = 2$ кОм, $R = 1$ кОм. Подадим в качестве E_1 переменное синусоидальное напряжение с генератора с амплитудой 2 В, в качестве E_2 – постоянное 5 В. По очереди включаем оба источника и смотрим сигнал осциллографом.

Получили $\alpha E_1 = 0.774$ В, $\beta E_2 = 0.980$ В $\Rightarrow \alpha = 0.387$, $\beta = 0.196$.

По методу двух нагрузок: $R_l = 2$ кОм. Подключим $E_1 = E_2 = 5$ В. $E^* = 3.1011$ В. $U_l = 2.4122$. Отсюда по формуле $2 R^* = 0.57$ кОм.

Результат близок к теоретической оценке $R^* = R_1 \| R_2 \| R = 0.5$ кОм.

3 H -параметры

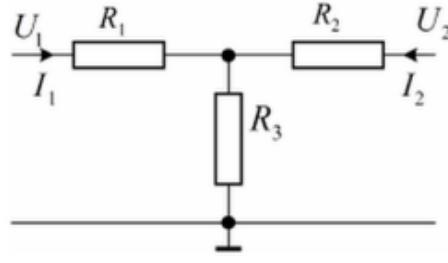


Рис. 3: Т-образная схема

Проверим формулы для H - параметров T -образной схемы:

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ U_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1 + R_3 \| R_2 & \frac{R_3}{R_3 + R_2} \\ -\frac{R_3}{R_3 + R_2} & \frac{R_1}{R_3 + R_2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ U_2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Открываем в Micro-Cap файл `hpar.cir`. Запускаем измерения. Снимок экрана на рис. 5. По результатам измерений:

$$h_{11} = \frac{U_1}{I_1} = 2.2 \text{ кОм}, \quad h_{12} = \frac{U_1}{U_2} = 0.6$$

$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1} = -0.6, \quad h_{22} = \frac{I_2}{U_2} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}$$

Формула 3 подтвердилась.

4 X -параметры

Проверим формулы для X -параметров:

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1 + R_3 & R_3 \\ R_3 & R_2 + R_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Откроем файл `xpar.cir`. Пересчитаем представленные там параметры звезды в параметры треугольника:

$$R_{13} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2} = 5.5 \text{ кОм}$$

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3} = 3.67 \text{ кОм}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} = 11 \text{ кОм}$$

Результаты:

$$X_{11} = \frac{U_1}{I_1} = 4 \text{ кОм}, \quad X_{12} = \frac{U_1}{I_2} = 3 \text{ кОм}$$

$$X_{21} = \frac{U_2}{I_1} = 3 \text{ кОм}, \quad X_{22} = \frac{U_2}{I_2} = 5 \text{ кОм}$$

Результаты подтверждают формулу.

5 Лестничные структуры

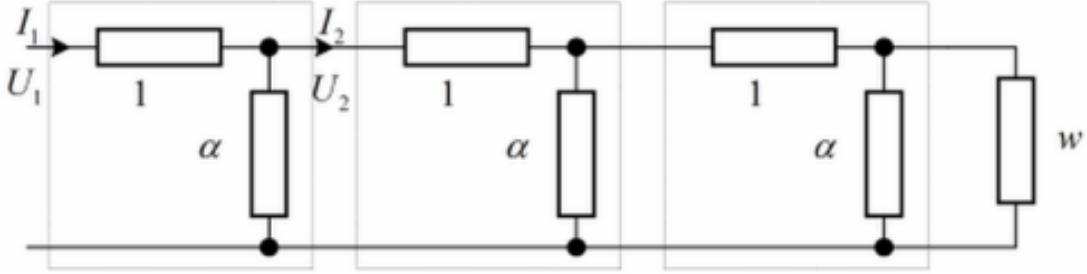


Рис. 4: Лестничная структура

Передаточная матрица лестничной структуры с резисторами $R_1 = 1$ и $R_2 = \alpha$:

$$\begin{pmatrix} U_2 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -\frac{1}{\alpha} & \frac{1+\alpha}{\alpha} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 \\ I_1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Откроем файл `apar.cir`. Результаты измерений при $\alpha = 2, 6, 12, 1$ и $\gamma = \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}+1}$ приведены на снимках экрана в конце отчета.

Откроем файл `dac.cir` со схемой 4-разрядного ЦАП, который преобразует двоичный код в напряжение по формуле

$$OUT = X_3 2^3 + X_2 2^2 + X_1 2^1 + X_0 \quad (6)$$

Проведя измерения в Micro-Cap 16 раз для всех двоичных кодов, получим зависимость $OUT(X_3, X_2, X_1, X_0)$:

(X_3, X_2, X_1, X_0)	OUT
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15

6 Вывод

В ходе работы были подтверждены при помощи компьютерной симуляции теоретические формулы, выведенные для H -, X - и A - параметров распространенных электрических схем.

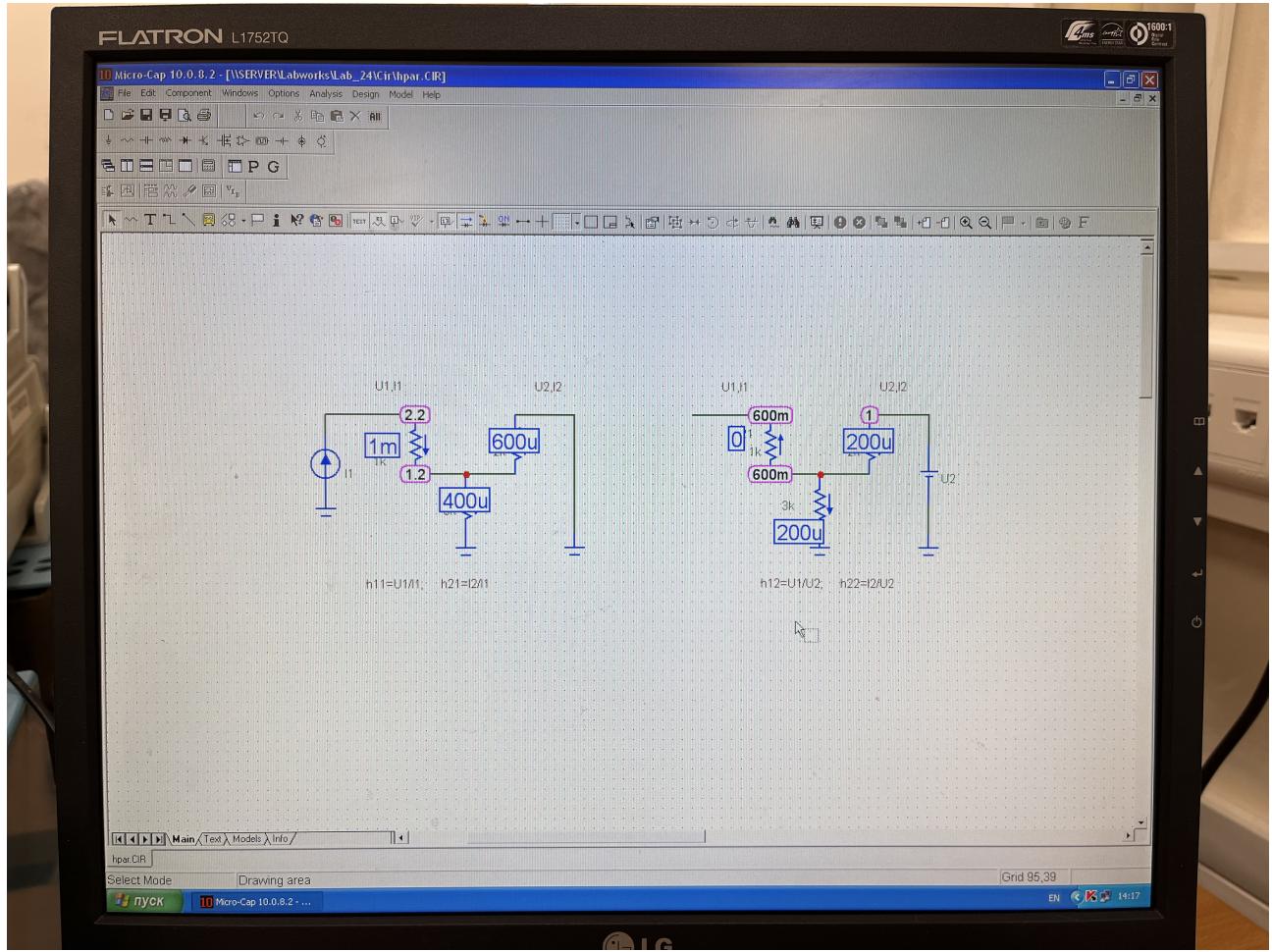


Рис. 5: Снимок экрана при измерении H - параметров

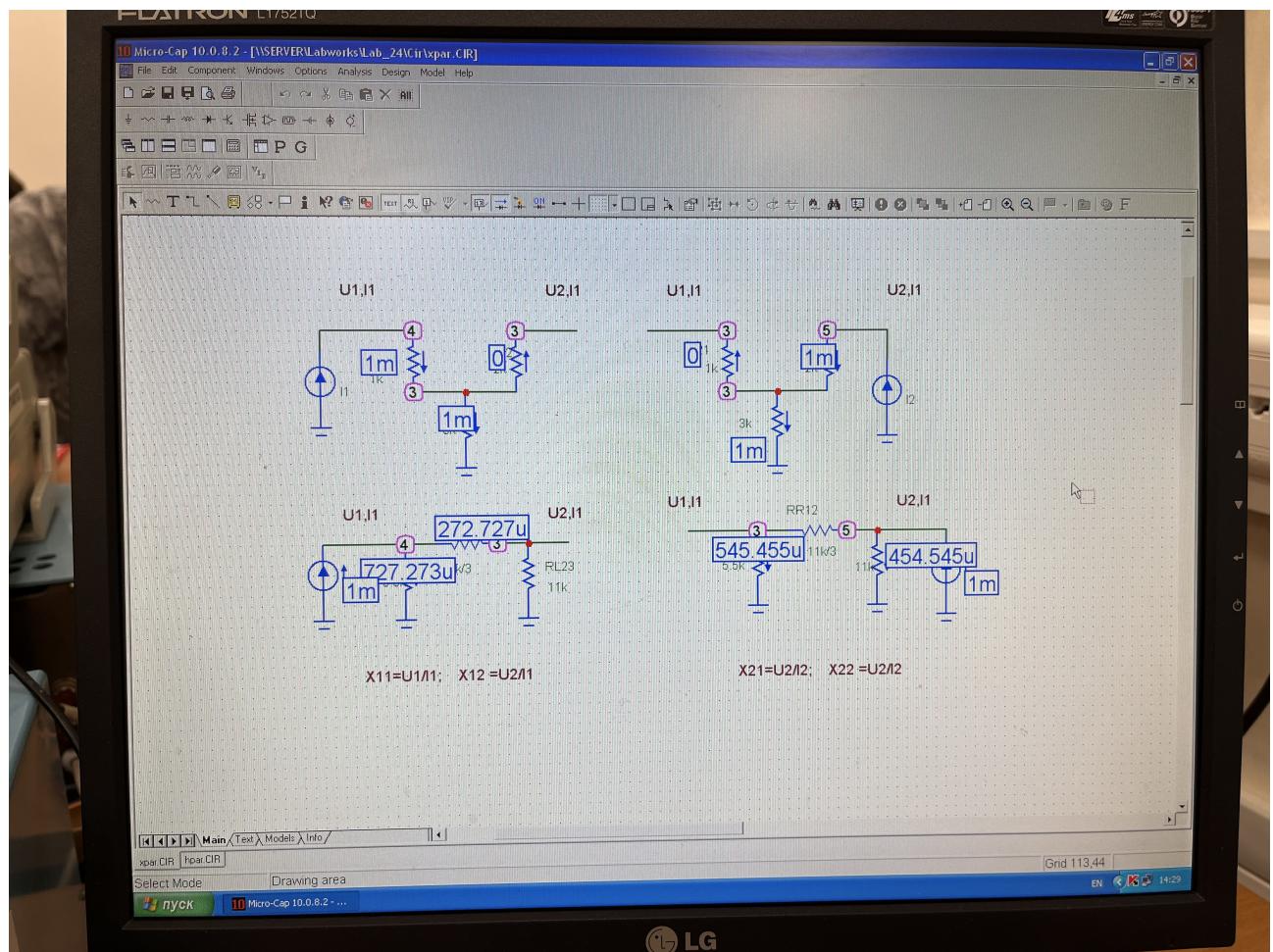


Рис. 6: Снимок экрана при измерении X -параметров

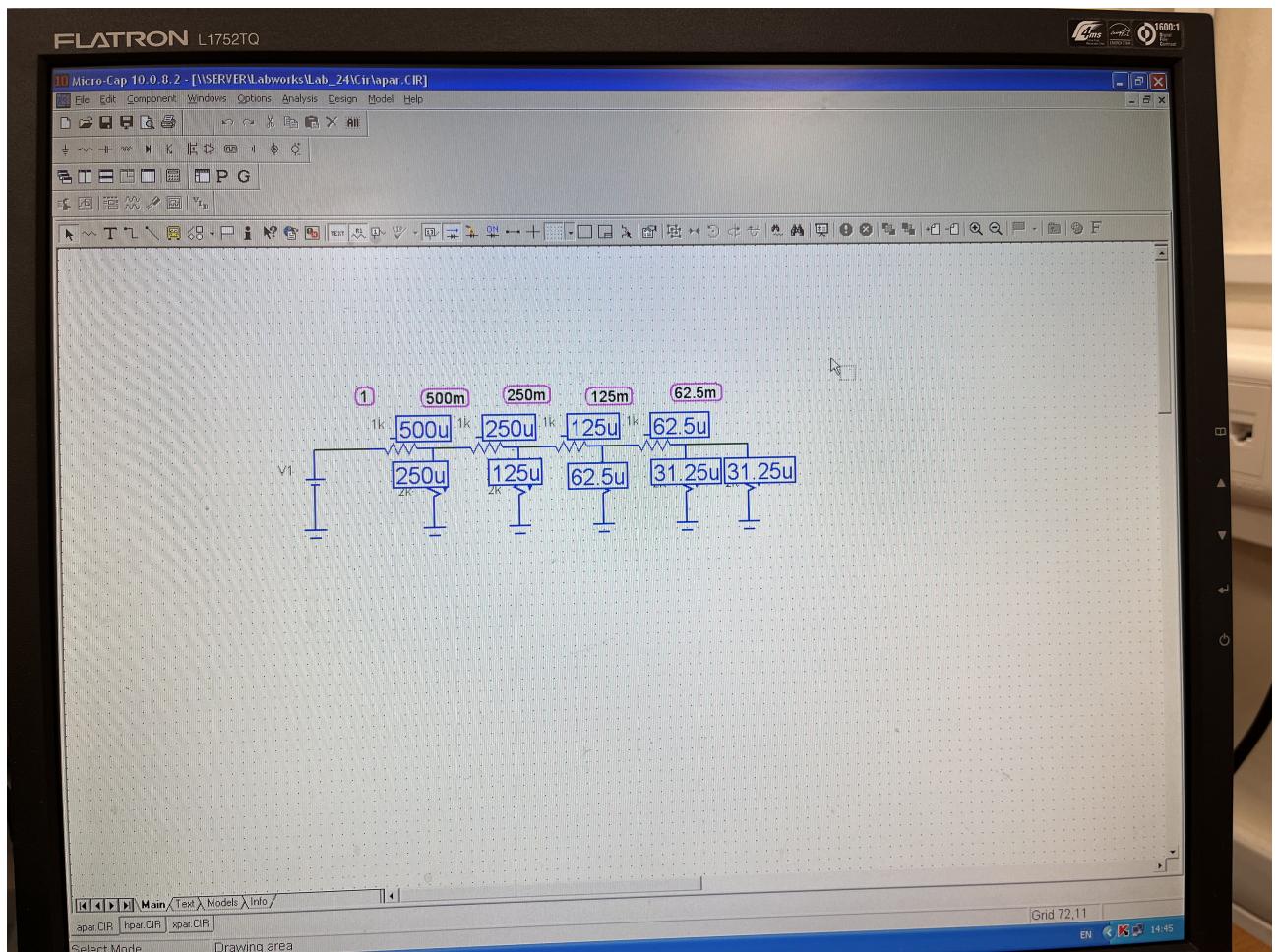


Рис. 7: Снимок экрана при измерении A -параметров для $\alpha = 2$, $\gamma = \frac{1}{2}$

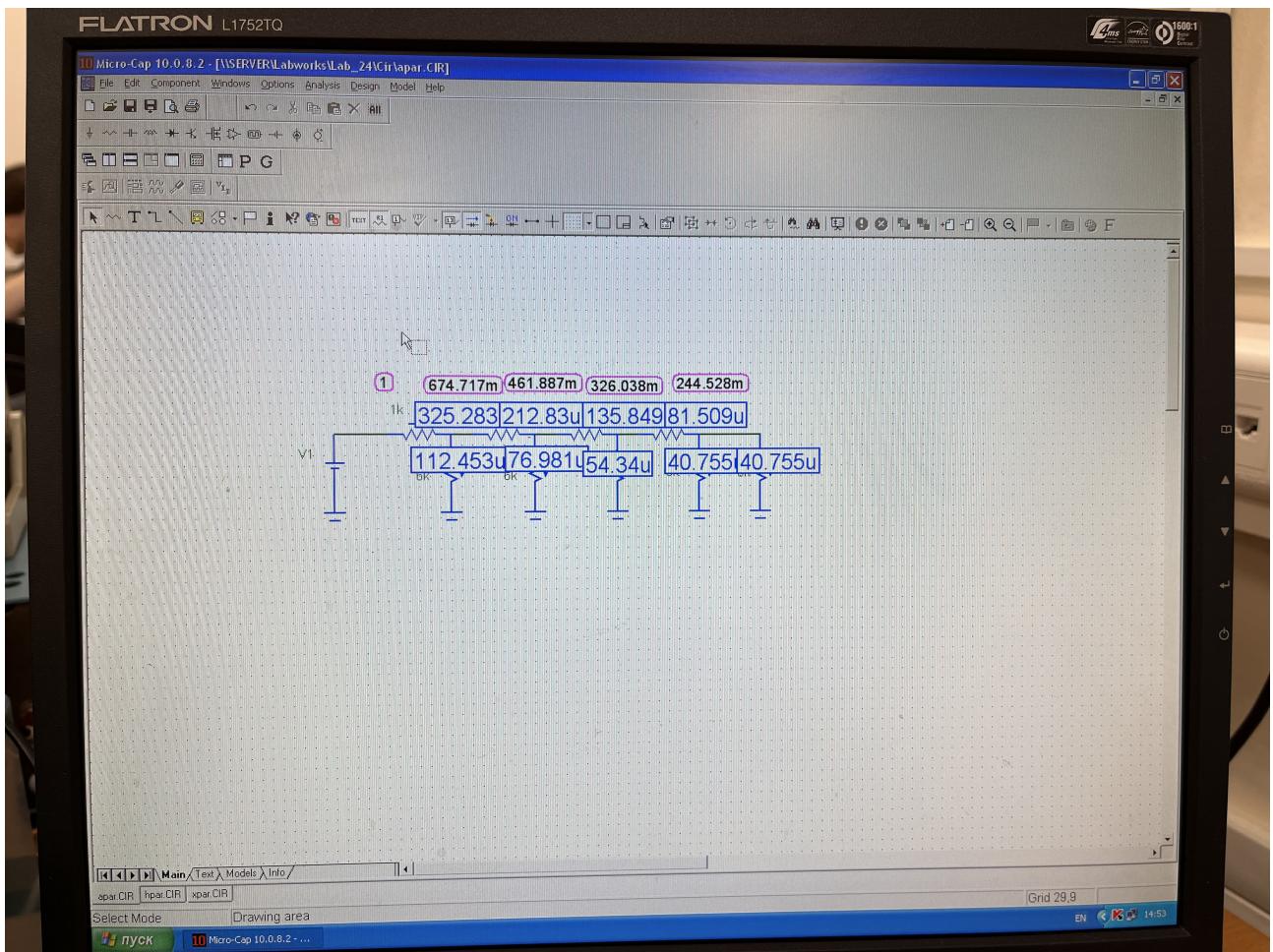


Рис. 8: Снимок экрана при измерении A -параметров для $\alpha = 6$, $\gamma = \frac{2}{3}$

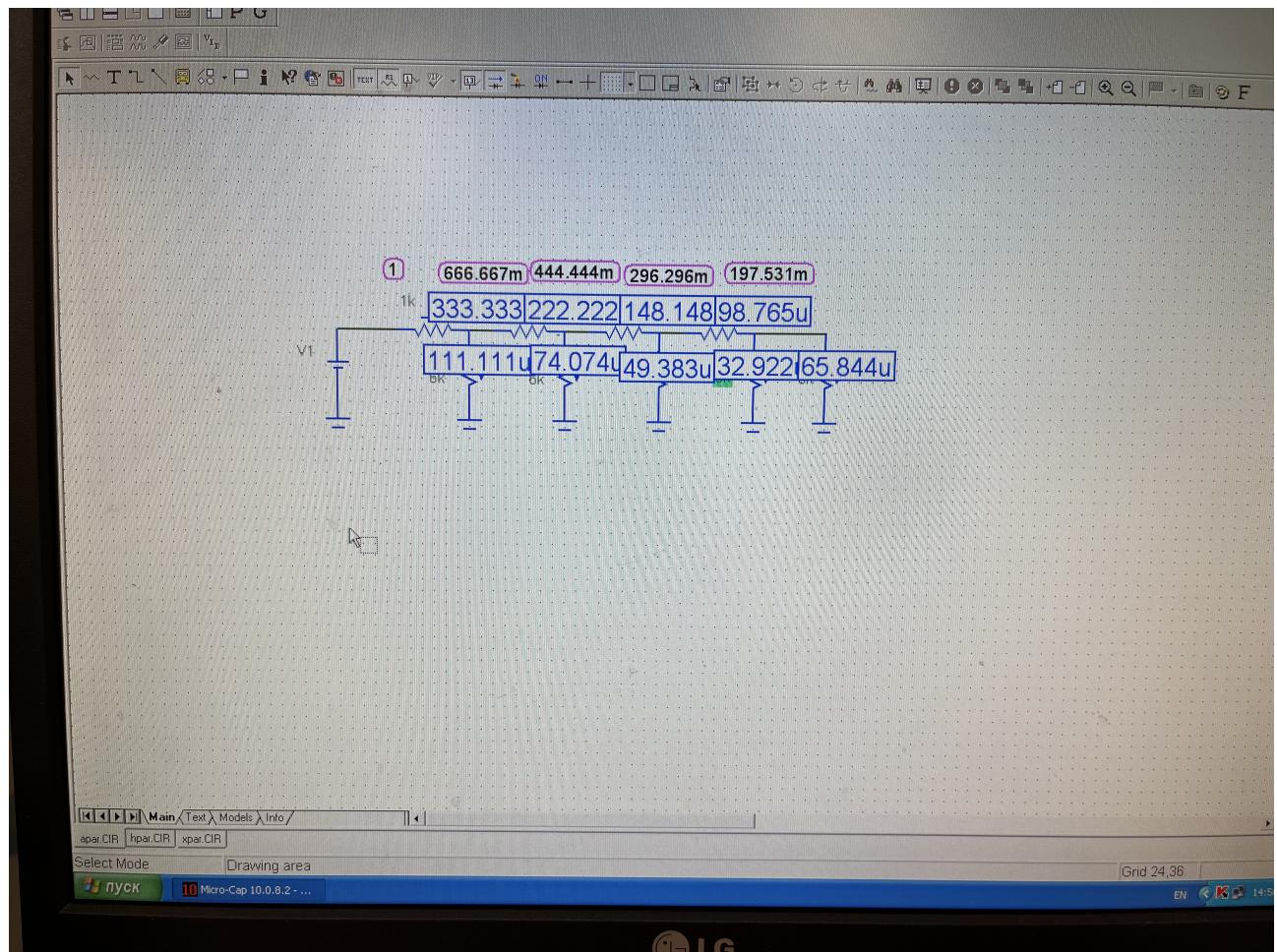


Рис. 9: Снимок экрана при измерении A -параметров для $\alpha = 12$, $\gamma = \frac{3}{4}$

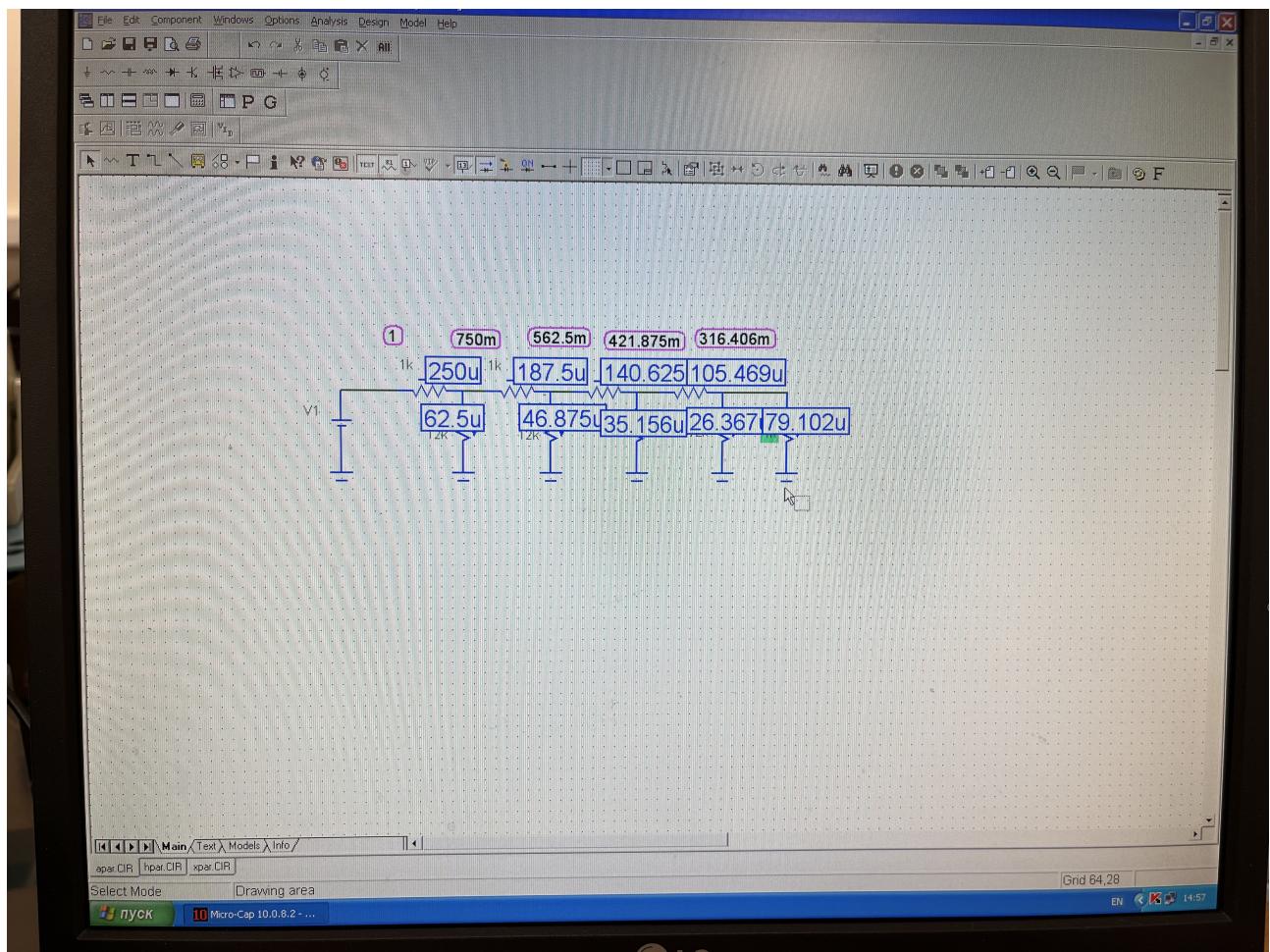


Рис. 10: Снимок экрана при измерении A -параметров для $\alpha = 1$, $\gamma = \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}+1}$

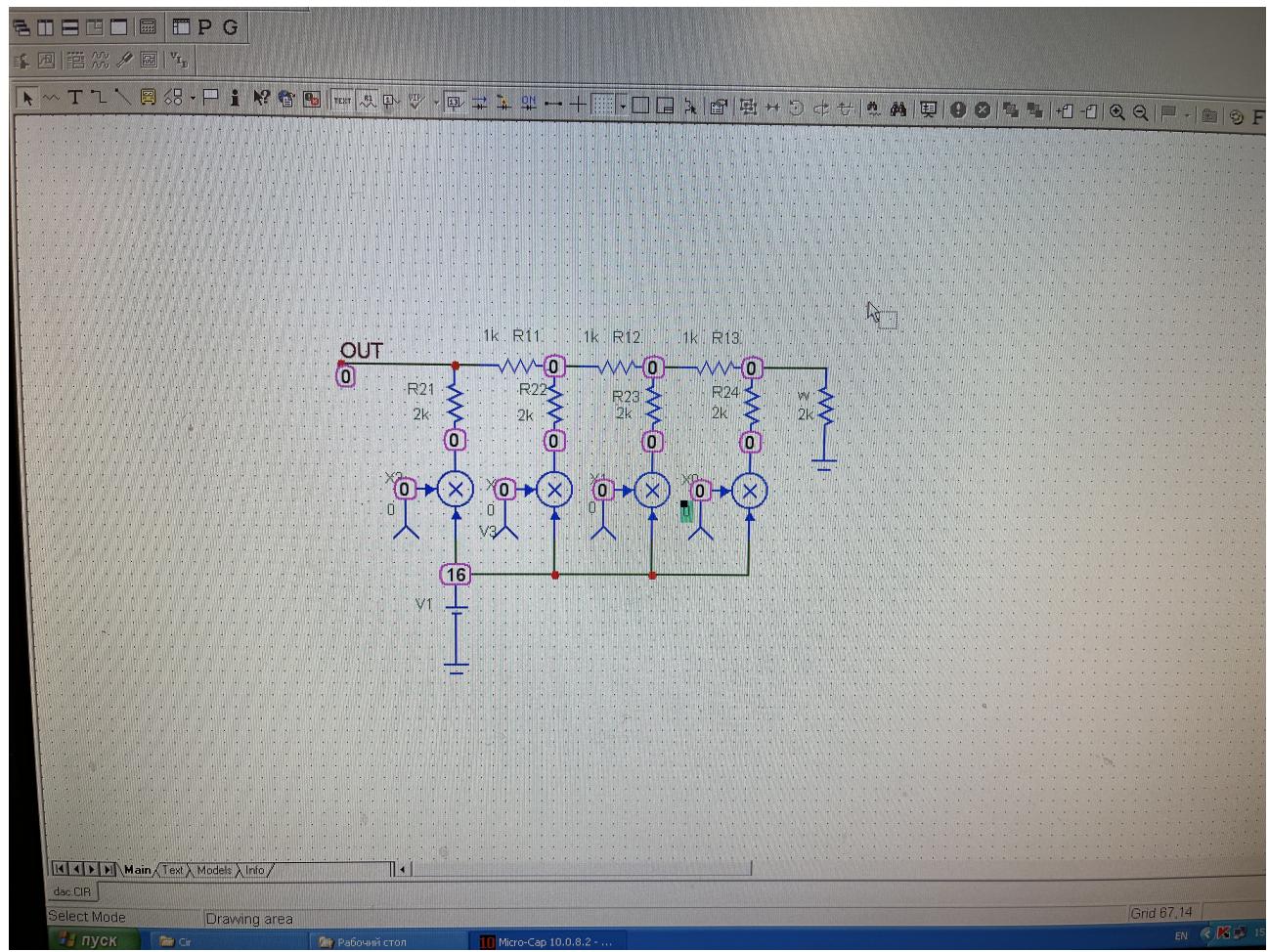


Рис. 11: Снимок экрана для ЦАП

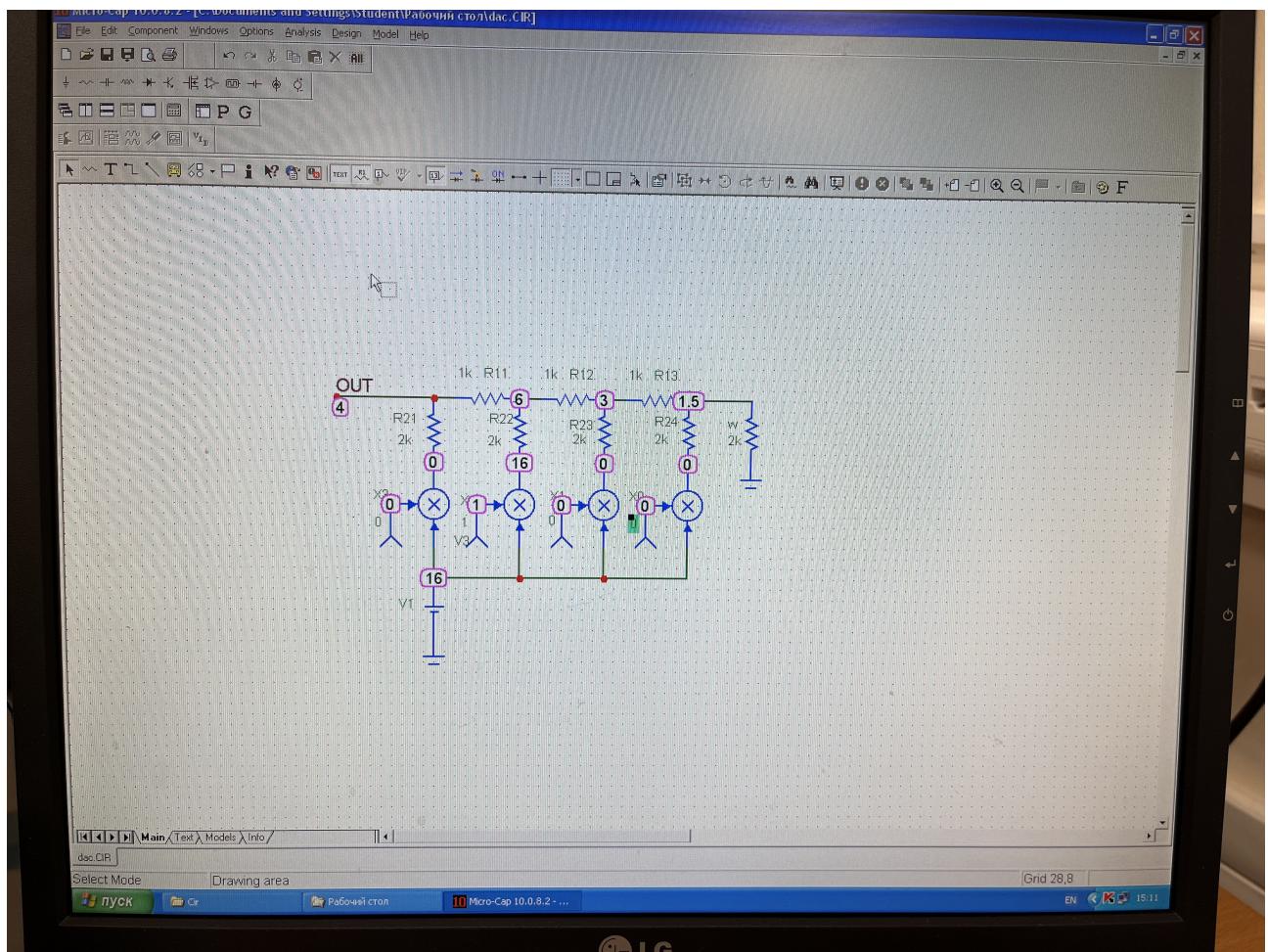


Рис. 12: Снимок экрана для ЦАП