

1. Параллельный сумматор

1.1. Подготовка

Для работы выбраны резисторы $R_1 = 5,1 \text{ кОм}$, $R_2 = 10 \text{ кОм}$, тогда $R = \frac{3}{2}R_1 || R_2 = 5,066 \approx 5,1 \text{ кОм}$. В этом случае $\alpha = 1,96$, $\beta = 4,04$.

1.2. Вычисления

Соберём следующую схему, где на E_1 подадим синусоидальное напряжение амплитудой 2 В, а на E_2 постоянно напряжение амплитудой 5 В.

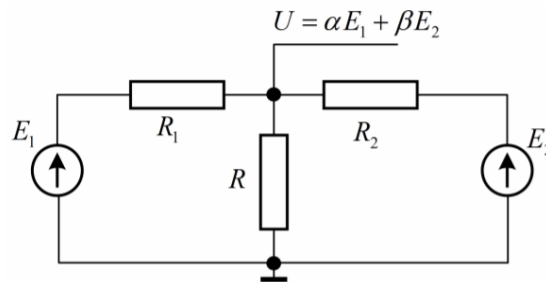


Рис. 1: Параллельный сумматор

В этом случае осциллограф показываем постоянную составляющую напряжения U $U_{const} = 0,575 \text{ В}$, амплитуда переменной составляющей равна $U_{vol} = 0,117 \text{ В}$.

Подавая сигналы на первый и второй входы сумматора поочерёдно при коротком замыкании на свободном входе, измерим коэффициенты α и β .

В случае замыкания накоротко источника E_1 имеем $U_2 = 1,004$, для E_2 имеем $U_1 = 2,056 \text{ В}$ (в качестве напряжения источника используется $E = 5 \text{ В}$). Тогда $\alpha = \frac{U_1}{E} = 0,411$, когда $\beta = \frac{U_2}{E} = 0,201$. Получили значения, почти совпадающие с теоритическими. При этом $\frac{\alpha}{\beta} = 2,044 \approx 2$.

Найдём сопротивление схемы (см. Рис. 2) R^* . Для этого используем метод двух нагрузок. Разорвав цепи в месте источников постоянного тока пусть напряжение 5 В на полученную схему. При этом напряжение на выходе $U_{01} = 1,177 \text{ В}$. В случае ещё одной параллельно соединённой нагрузки $R_{add} = 3,9 \text{ кОм}$, имеем $U_{02} = 0,777 \text{ В}$.

Тогда

$$U_{01} = R^* \cdot I, \quad U_{02} = \frac{R_{add} R^*}{R_{add} + R^*} \cdot I = \frac{U_{01} R_{add}}{R_{add} + R^*}$$

Отсюда $R^* = 1,99 \text{ кОм}$.

Теоретическое же значение сопротивления равно $R^* = R_1 || R_2 || R = 2,03 \text{ кОм}$.

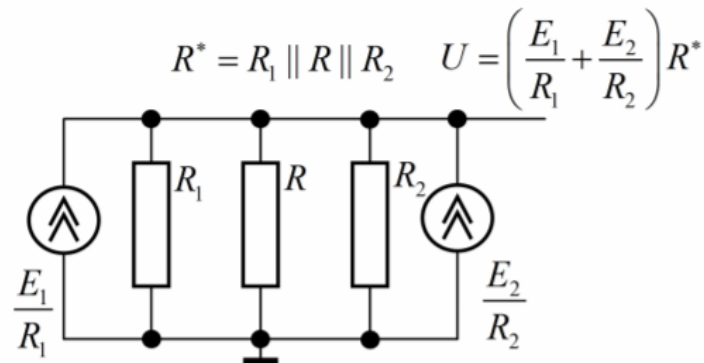


Рис. 2: Эквивалентная схема

2. Н-параметры

2.1. Проверка основной формулы

Если $U_2 = 0$, то коэффициент h_{11} очевиден: $h_{11} = R_1 + R_2 || R_3$. Аналогично $h_{21} = \frac{R_3}{R_2 + R_3}$ — из закона Ома.

Если $I_1 = 0$, то $h_{12} = \frac{U_1}{U_2} = -\frac{R_3}{R_2 + R_3}$, $h_{22} = \frac{I_2}{U_2} = \frac{1}{R_2 + R_3}$ — получается из предыдущих результатов.

2.2. Снятие данных

Посчитаем экспериментальные значения этих параметров с помощью схемы из программы *Micro-Cap*.

$$h_{11} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{2,2 \text{ В}}{1 \text{ мА}} = 2,2 \text{ кОм}$$

$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{0,6 \text{ мА}}{1 \text{ мА}} = 0,6$$

$$h_{22} = \frac{I_2}{U_2} = \frac{0,2 \text{ мА}}{1 \text{ В}} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1}$$

$$h_{12} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{0,6 \text{ В}}{1 \text{ В}} = 0,6$$

Учитывая, что сопротивления резисторов равны $R_1 = 1 \text{ кОм}$, $R_2 = 2 \text{ кОм}$, $R_3 = 3 \text{ кОм}$, легко убедиться, что теоретические значения совпадают.

3. Звезда и треугольник

3.1. Проверка основной формулы

Уравнение $U_1 = (R_1 + R_3)I_1 + R_3I_2$ следует из закона Ома для контура. Аналогично $U_2 = (R_2 + R_3)I_2 + R_3I_1$.

3.2. Снятие данных

Пересчитаем параметры звезды в параметры треугольника:

$$R_{13} = 5,5 \text{ кОм}, R_{12} = 11/3 \text{ кОм}, R_{23} = 11 \text{ кОм}$$

Вычислим параметры X_{ij} из схемы в программе *Micro – Cap*.

$$X_{11} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{4 \text{ В}}{1 \text{ мА}} = 4 \text{ кОм}$$

$$X_{12} = \frac{U_2}{I_1} = \frac{3 \text{ В}}{1 \text{ мА}} = 3 \text{ кОм}$$

$$X_{21} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{3 \text{ В}}{1 \text{ мА}} = 3 \text{ кОм}$$

$$X_{22} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{5 \text{ В}}{1 \text{ мА}} = 5 \text{ кОм}$$

4. Лестничные структуры

4.1. Исследование лестничной структуры

Рассмотрим лестничную структуру с параметрами $\alpha = 2$, $\gamma = 1/2$, $\omega = 2 \text{ кОм}$.

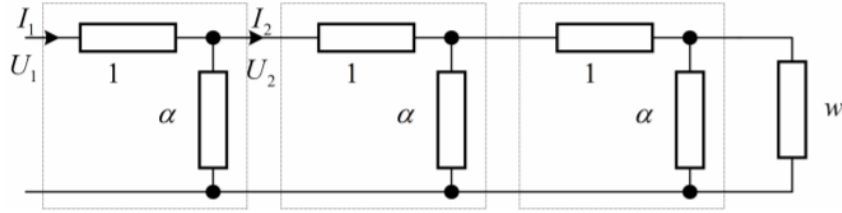


Рис. 3: Лестничная структура

Для напряжений и сил тока для рассматриваемой конфигурации имеем:

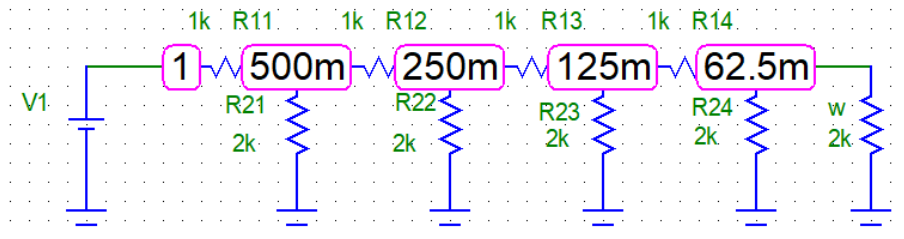


Рис. 4: Напряжения лестничной структуры (1 вариант)

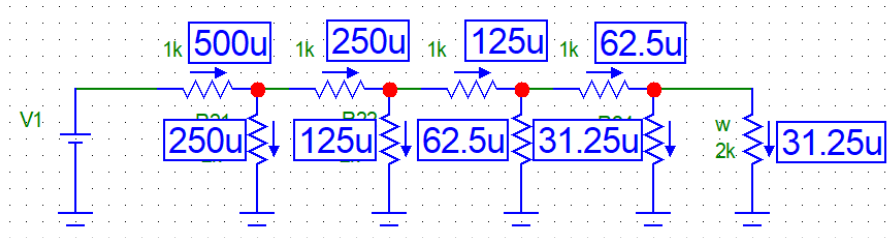


Рис. 5: Силы тока лестничной структуры (1 вариант)

Далее пусть $\alpha = 6$, $\gamma = 2/3$, сопротивления $R_{2j} = 6$ кОм.

Далее пусть $\alpha = 12$, $\gamma = 3/4$, сопротивления $R_{2j} = 12$ кОм.

Пусть $\alpha = 1$, $\gamma = 0.38$, сопротивления $R_{2j} = 1$ кОм.

4.2. Исследование ЦАП

Исследуем схему АЦП, показанную на рисунке.

Исследуем зависимость выходящего напряжения OUT в зависимости от двоичного кода ($X1, X2, X3, X4$).

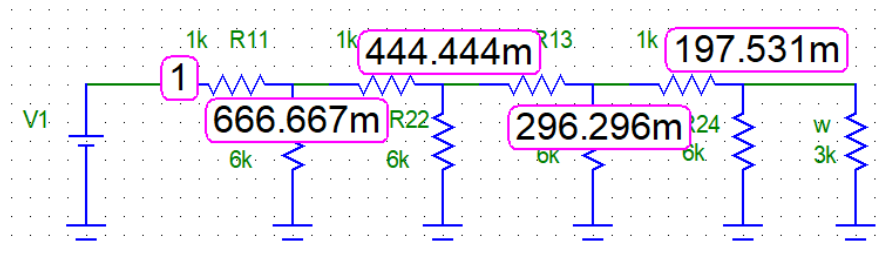


Рис. 6: Напряжения лестничной структуры (2 вариант)

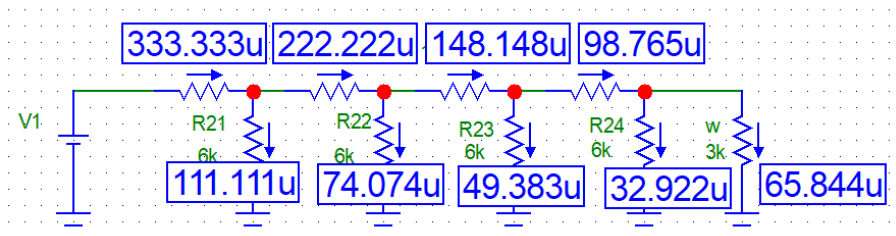


Рис. 7: Силы тока лестничной структуры (2 вариант)

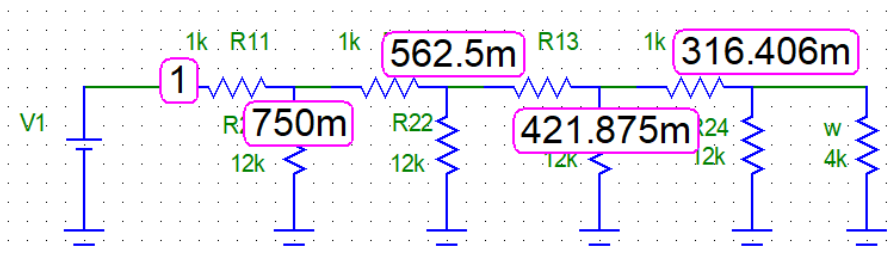


Рис. 8: Напряжения лестничной структуры (3 вариант)

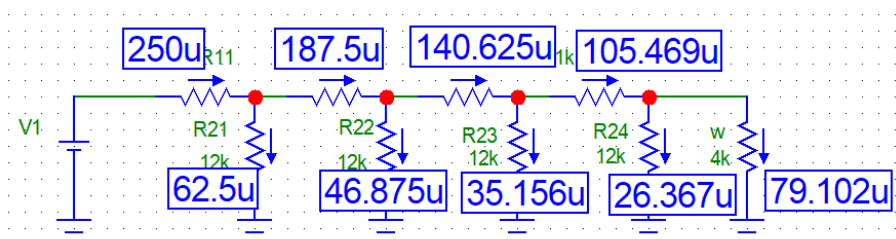


Рис. 9: Силы тока лестничной структуры (3 вариант)

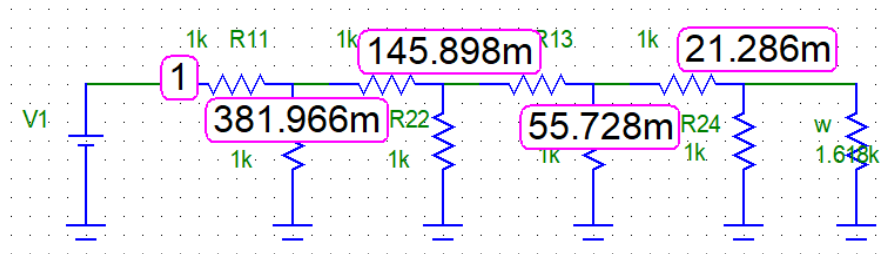


Рис. 10: Напряжения лестничной структуры (4 вариант)

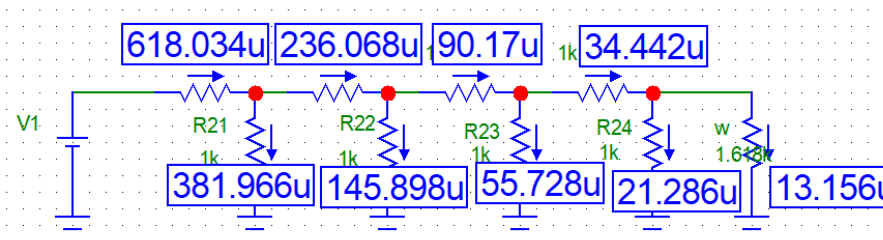


Рис. 11: Силы тока лестничной структуры (4 вариант)

Число	OUT, В
0001	1
0010	2
0011	3
0101	5
0111	7
1011	11
1110	14

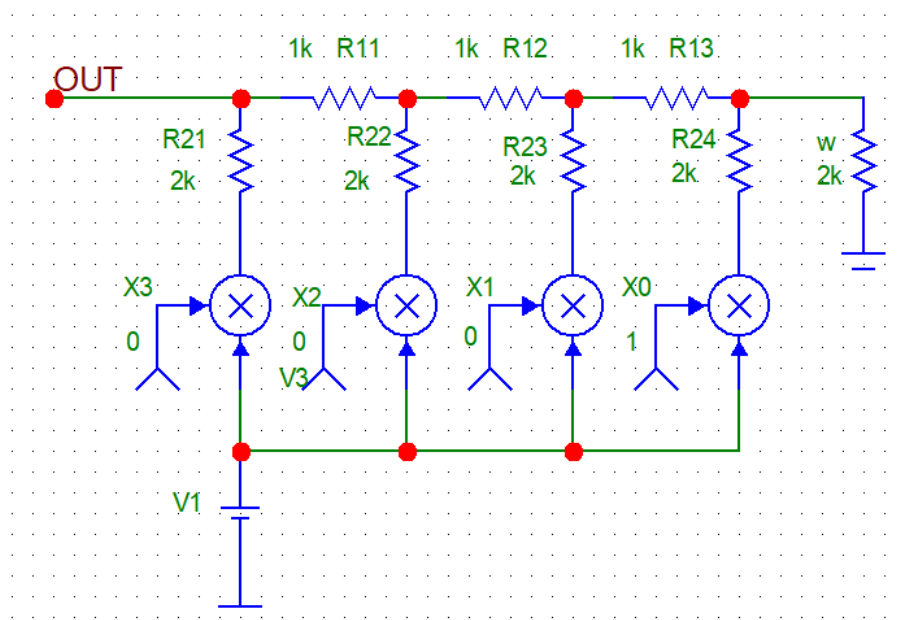


Рис. 12: Схема АЦП