

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Институт Радиотехники и Электроники им. В.А. Котельникова

Отчёт
по лабораторной работе №1
«Моделирование процессов дискретизации и восстановления аналогового
сигнала»
по курсу «цифровая обработка сигналов»

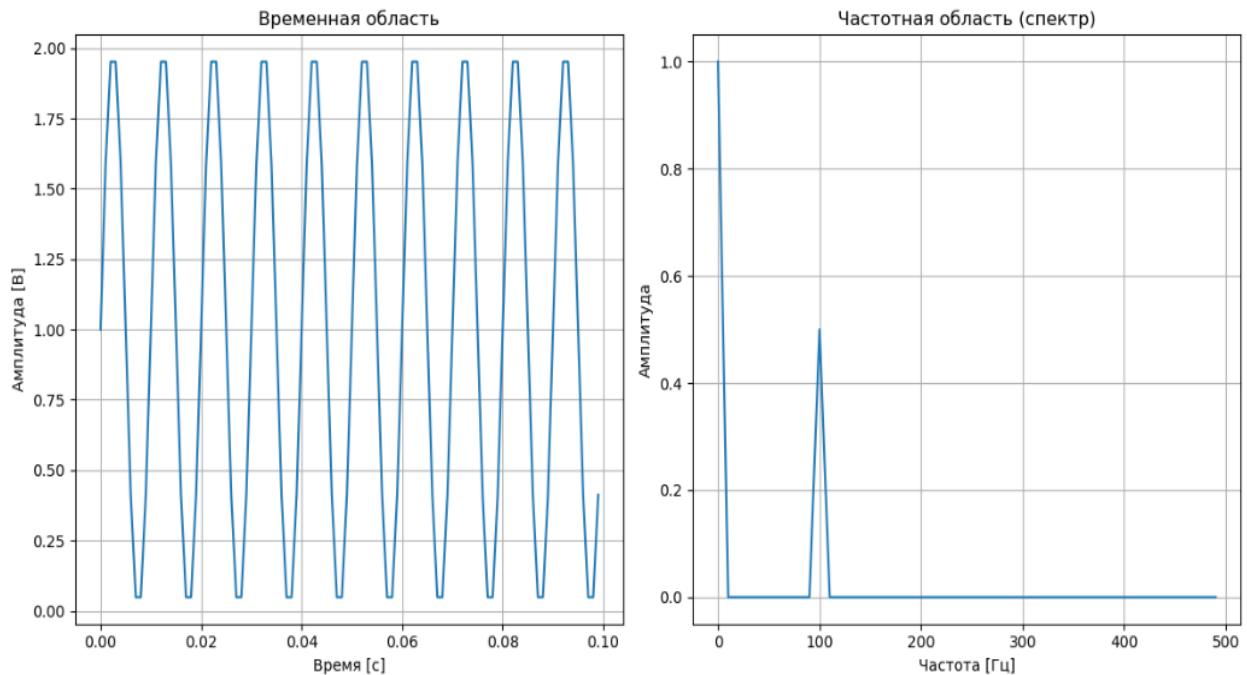
Группа:	ЭР-11-21
Бригада:	5
Выполнили:	Тимохин С.А. Выскиль С.М.
Проверил:	Торопчин Д.С.
Дата:	24.09.24

Москва 2024

Домашняя подготовка

1. Построение спектров дискретных сигналов, полученных путем дискретизации с частотой $f_d = 1000\text{Гц}$ следующих аналоговых сигналов.

а) $s_1(t) = U_0 + U_m * \sin(2 * \pi * f * t)$, где $U_0 = 1\text{В}$, $U_m = 1\text{В}$, $f = 100\text{Гц}$

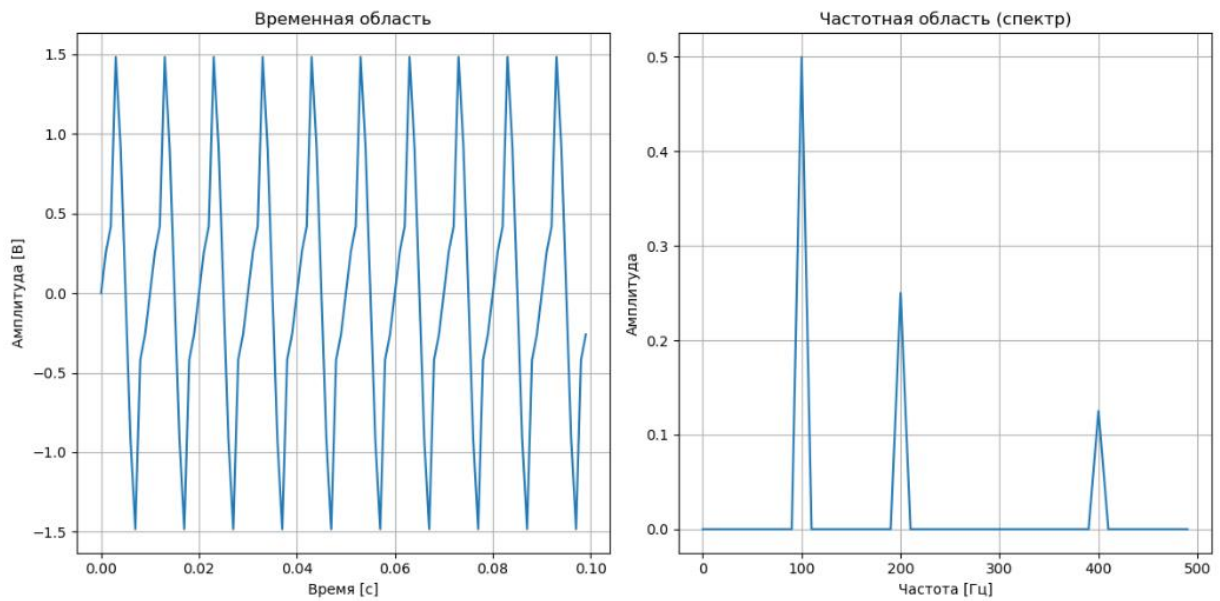


б) $s_2(t) = U_{m1} * \sin(2 * \pi * f_1 * t) + U_{m2}$

$* \sin(2 * \pi * f_2 * t + \pi) + U_{m3} * \sin(2 * \pi * f_3 * t),$

где $f_1 = 100\text{Гц}$, $f_2 = 200\text{Гц}$, $f_3 = 400\text{Гц}$, $U_{m1} = 1\text{В}$, $U_{m2} = 0.5\text{В}$,

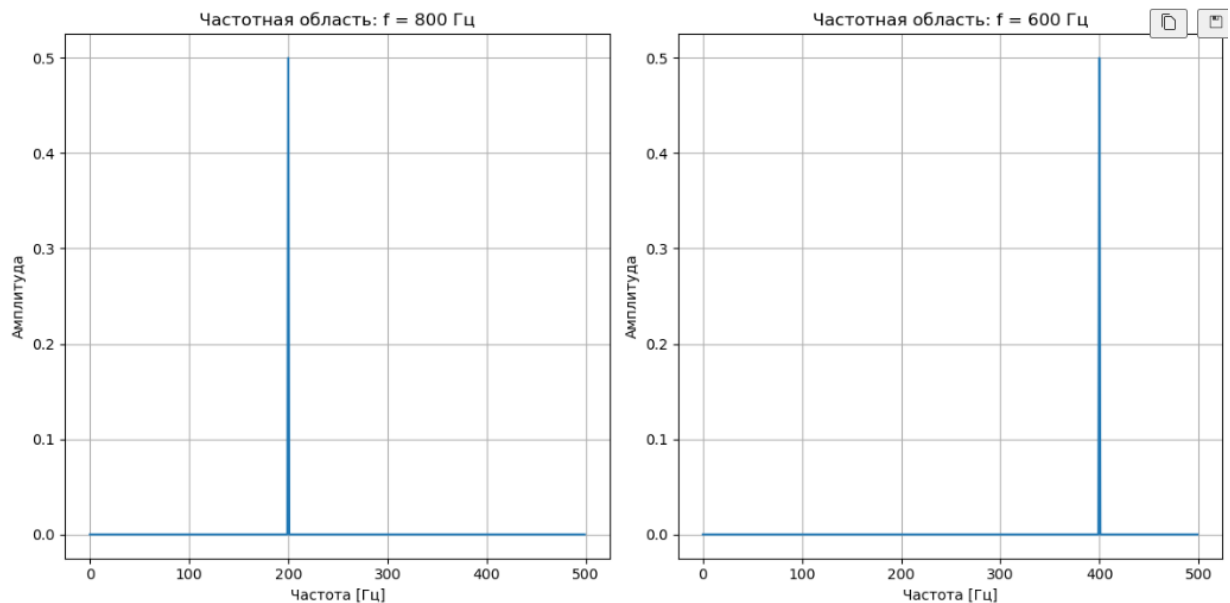
$U_{m3} = 0.25\text{В}$



2. Полагая, что частота дискретизации $f_d = 1000 \text{ Гц}$, изобразите спектр дискретного сигнала для следующих случаев:

а) Частота входного колебания $f_1 = 800 \text{ Гц}$

б) Частота входного колебания $f_3 = 600 \text{ Гц}$



Интервал Найквиста - это диапазон частот, в пределах которого можно точно восстанавливать сигнал после его дискретизации, без потерь информации и искажений. Этот интервал ограничен половиной частоты дискретизации.

Максимальная частота спектра в пределах интервала Найквиста равняется 500Гц.

3. Определение номиналов элементов R1 и C1 сглаживающего фильтра, частота среза которого равна максимальной частоте спектра в пределах интервала Найквиста.

Рекомендуется задать сопротивление резистора равным 10 ... 100 кОм, а емкость конденсатора рассчитать, исходя из частоты среза.

$$f_c = \frac{1}{2 * \pi * R1 * C1}$$

Для $R1 = 10\text{кОм}$ и $f_c = 500\text{ Гц}$

$$C1 = \frac{1}{2 * \pi * R1 * f_c} = 31\text{нФ}$$

Выполнение работы

1. Сборка схемы по рис. 1.14

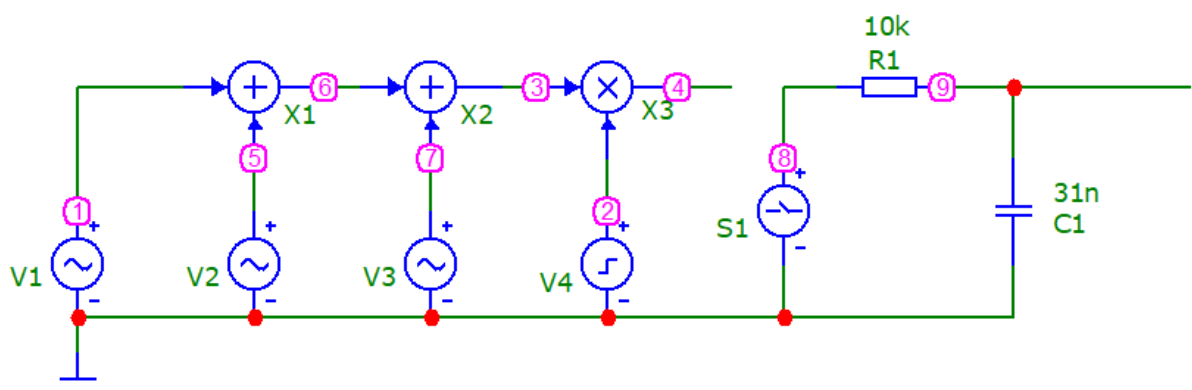


Рисунок 1 – Исследуемая схема

2. Исследование спектра дискретной синусоиды при различных соотношениях между частотой сигнала и частотой дискретизации.

Длительности дискретизирующего импульса составляет 1 мкс.

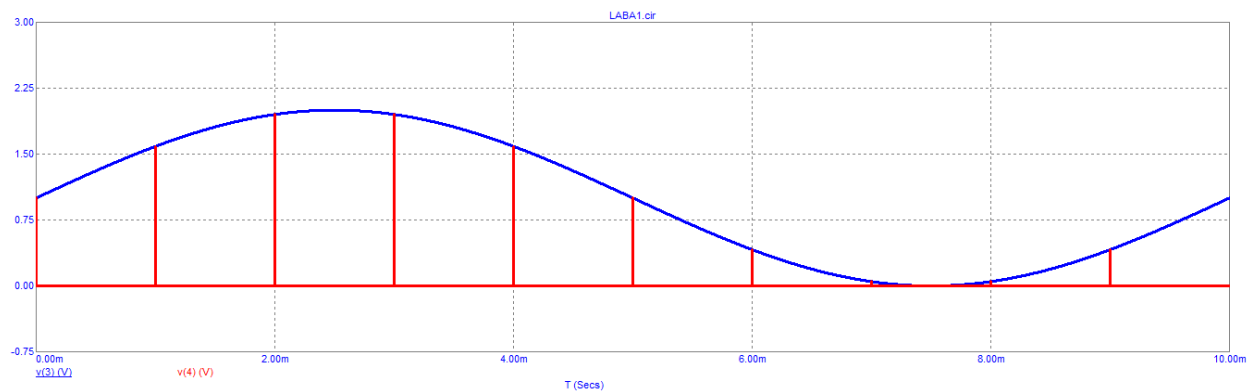


Рисунок 2 - Эюры колебаний: на выходе сумматора – $V(3)$ и на выходе дискретизатора – $V(4)$.

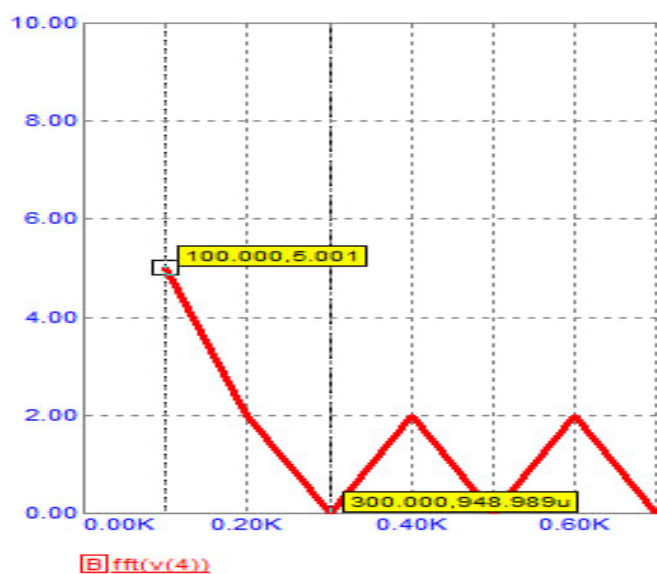


Рисунок 3 - Спектр колебаний в узле 4 – $\text{fft}(V(4))$

Частота первого нуля 300 Гц

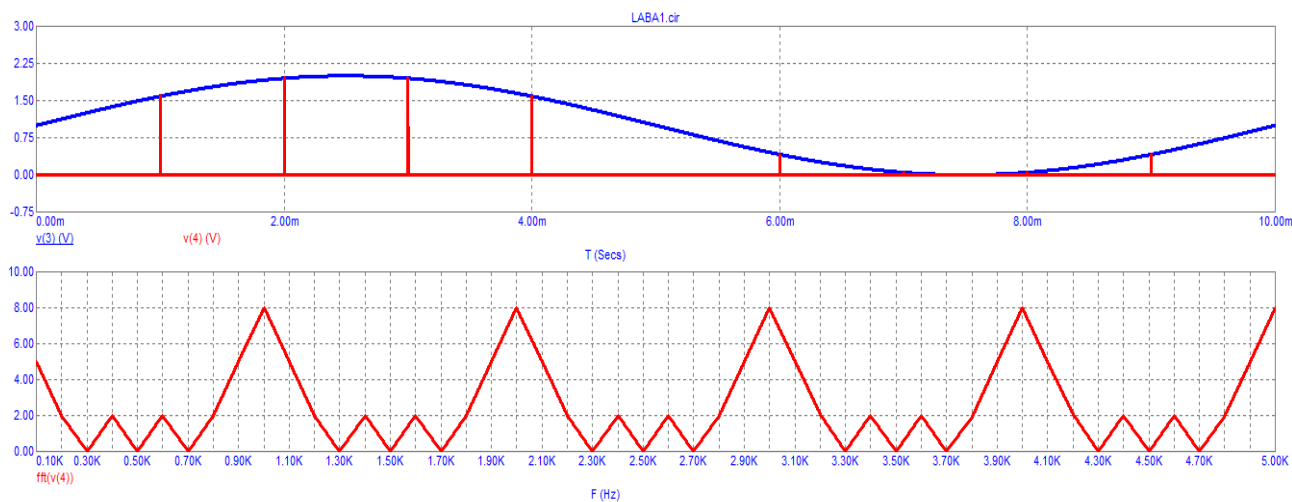


Рисунок 4 - Спектр, максимальное значение частоты которого равно 5 кГц

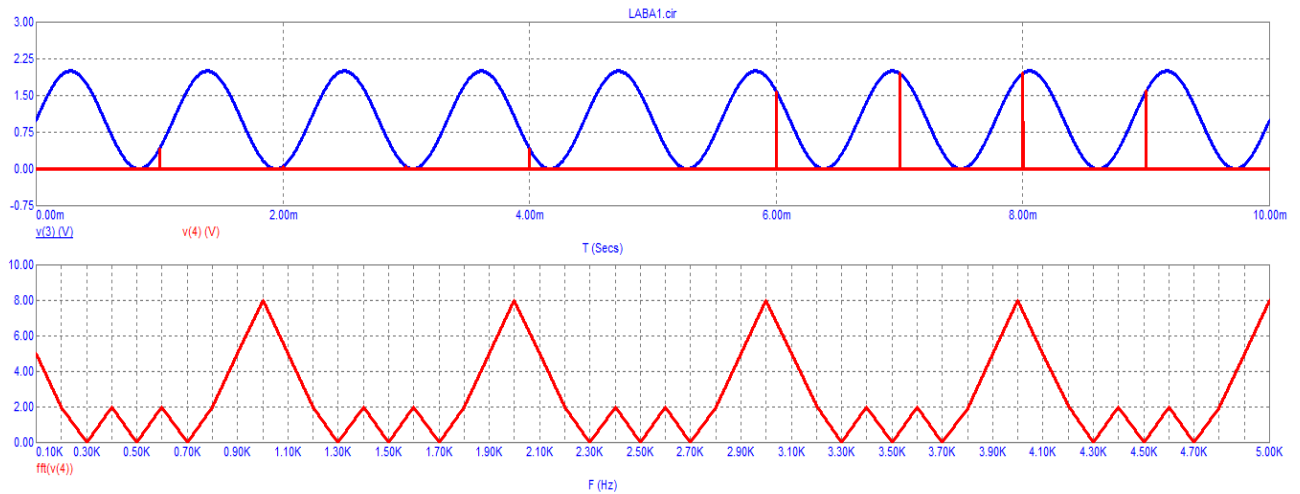


Рисунок 5 – частота первого источника 900 Гц

Вывод: т.к. сигнал теперь имеет большую частоту, а частота дискретизирующего импульса осталась прежней, то теряется большое количество информации исходного сигнала. Дискретизирующий импульс не успевает дискретизировать.

3. Моделирование работы цап и сглаживающего фильтра

Моделирование осуществляется при следующих параметрах синусоидальных источников сигнала:

- для источника V1: амплитуда $U_{m1} = 1$ В, $f_1 = 100$ Гц, $DC = 1$ В;
- для источника V2: $U_{m2} = 0,5$ В; $f_2 = 200$ Гц, $DC = 0$, фаза колебаний 180
- для источника V3: $U_{m3} = 0,25$ В; $f_3 = 400$ Гц, $DC = 0$.

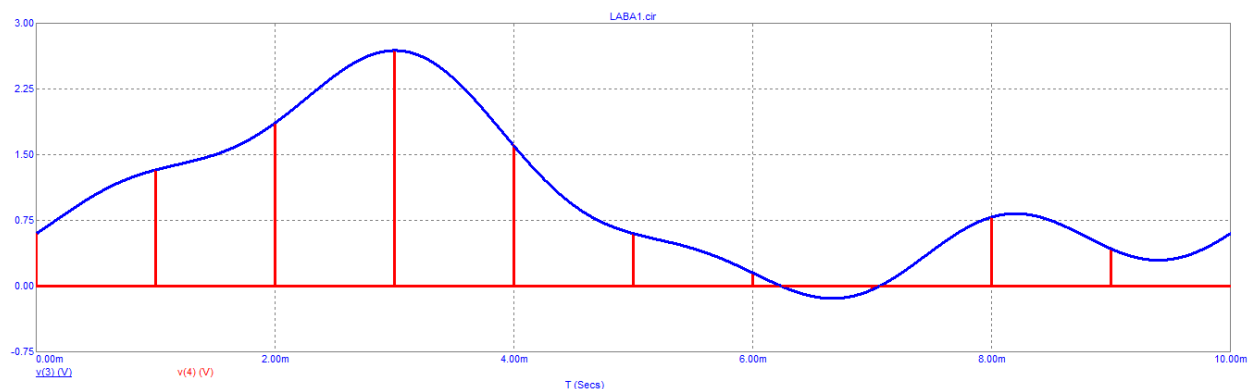


Рисунок 6 - Эпюры колебаний: на выходе сумматора – $V(3)$ и на выходе дискретизатора – $V(4)$.

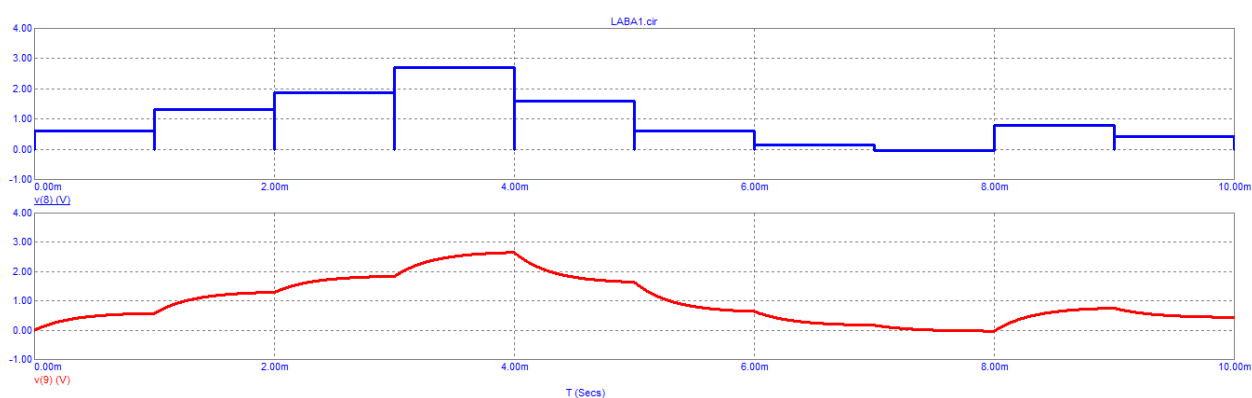


Рисунок 7 - Эпюры колебаний: на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра – $V(9)$.

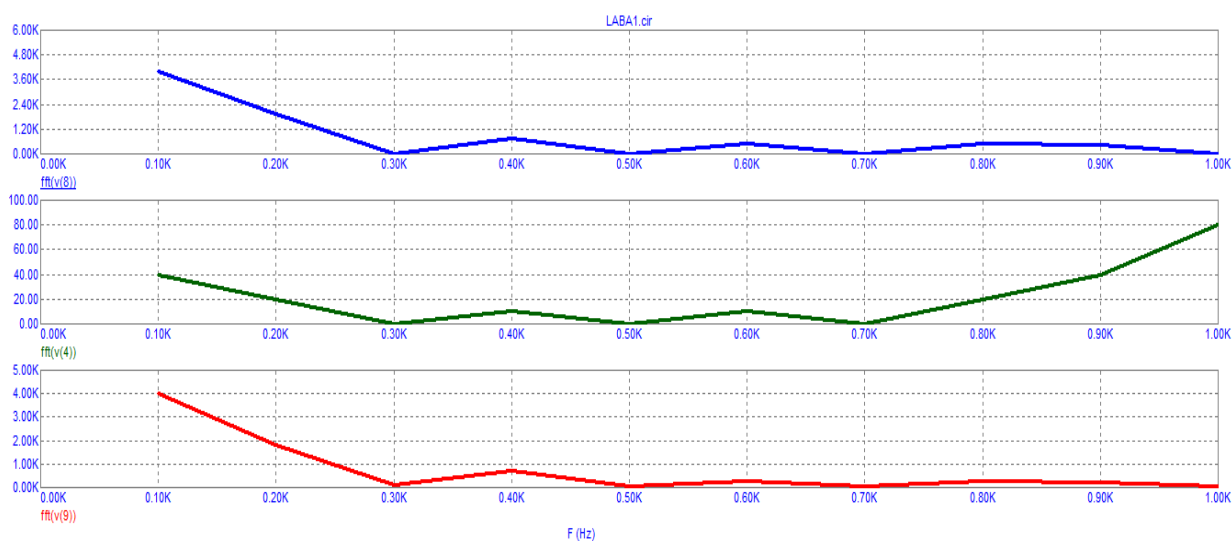


Рисунок 8 - Спектры колебаний в узлах 4, 8 и 9 – $fft(V(4))$, $fft(V(8))$ и $fft(V(9))$

Установим новое значение $C1$ так, чтобы постоянная времени RC-цепи увеличилась в 10 раз.

0.378 пФ - ёмкость, при которой постоянная времени цепи увеличивается в 10 раз

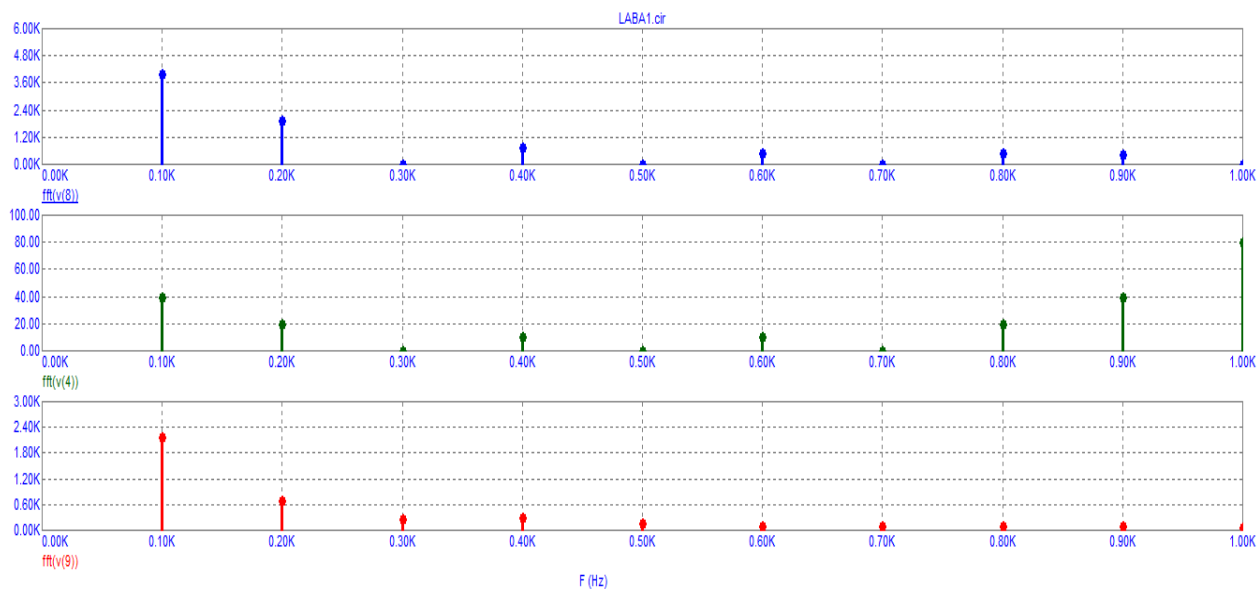


Рисунок 9 - Спектры колебаний в узлах 4, 8 и 9 – $fft(V(4))$, $fft(V(8))$ и $fft(V(9))$ при $C1 = 0.378$ пФ

4. Моделирование эффекта наложения колебаний

1-й эксперимент.

Преобразование колебания с частотой 800 Гц.

Частота колебаний второго источника $f2 = 200$ Гц.

а) $U_{m1} = 1$ В, $U_{m2} = 0$, $U_{m3} = 0$

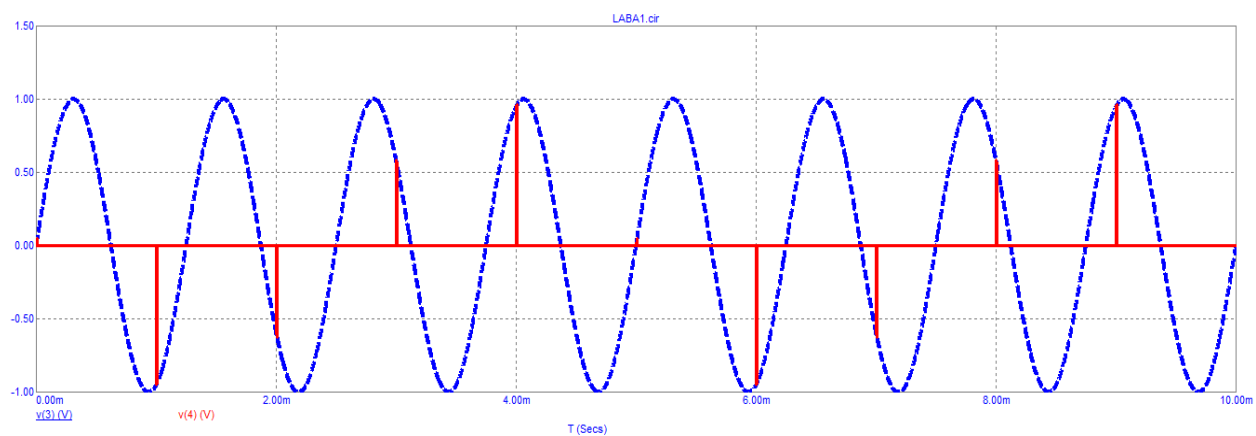


Рисунок 10 - Эпюры колебаний на выходе сумматора $V(3)$ и дискретизатора $V(4)$

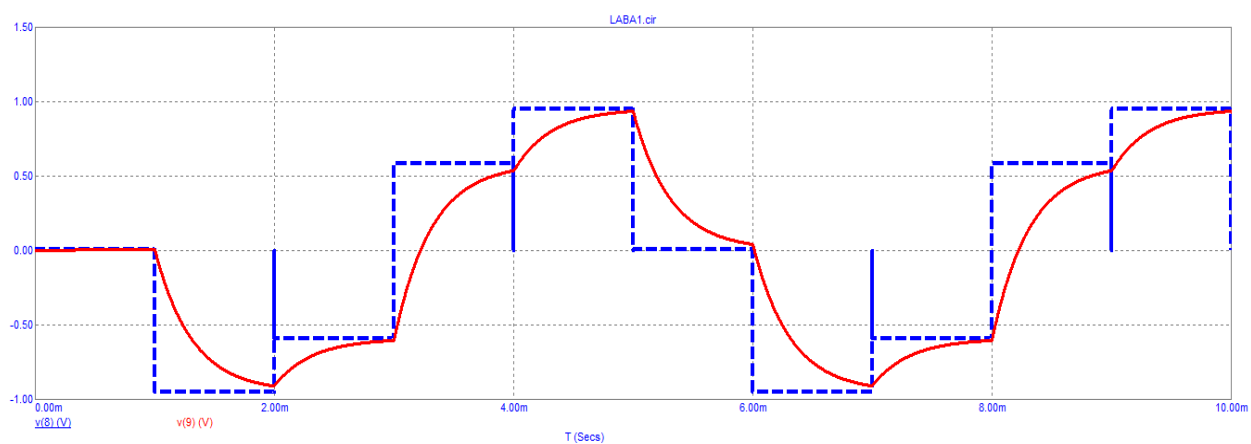


Рисунок 11 - Эпюры колебаний на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра – $V(9)$.

б) $U_{m1} = 0$, $U_{m2} = 1$ В, $U_{m3} = 0$

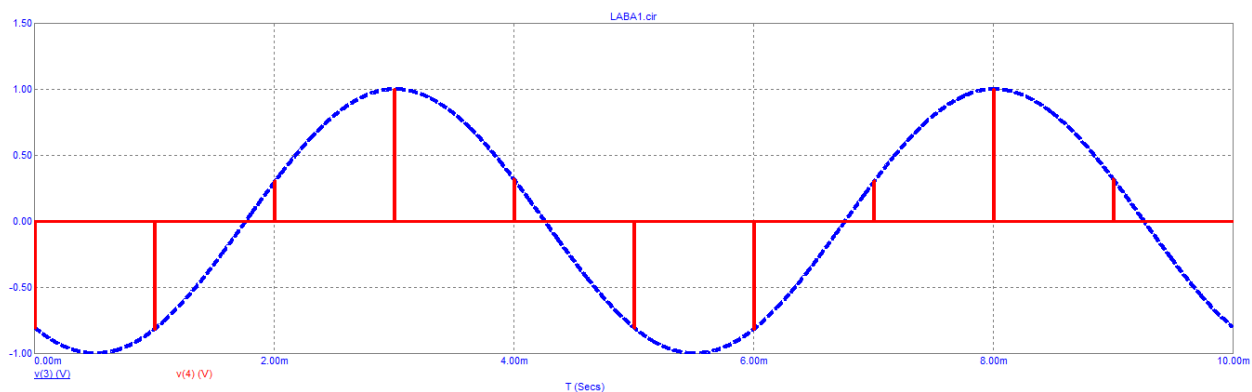


Рисунок 12 - Этюры колебаний на выходе сумматора $V(3)$ и дискретизатора $V(4)$

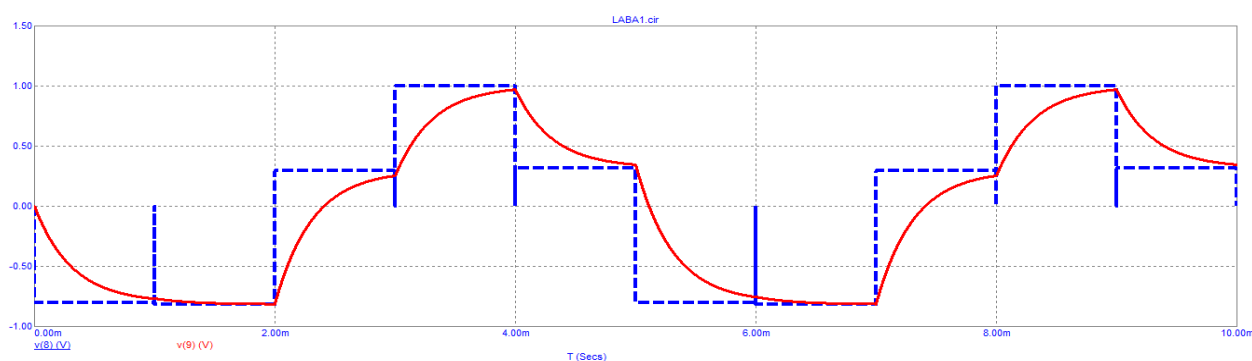


Рисунок 13 - Этюры колебаний на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра – $V(9)$.

2-й эксперимент.

Преобразование колебания с частотой 600 Гц. Частота колебаний второго источника $f_2 = 400$ Гц.

Включаются поочередно второй и третий синусоидальные источники:

а) $U_{m1} = 0$, $U_{m2} = 0$, $U_{m3} = 1$ В

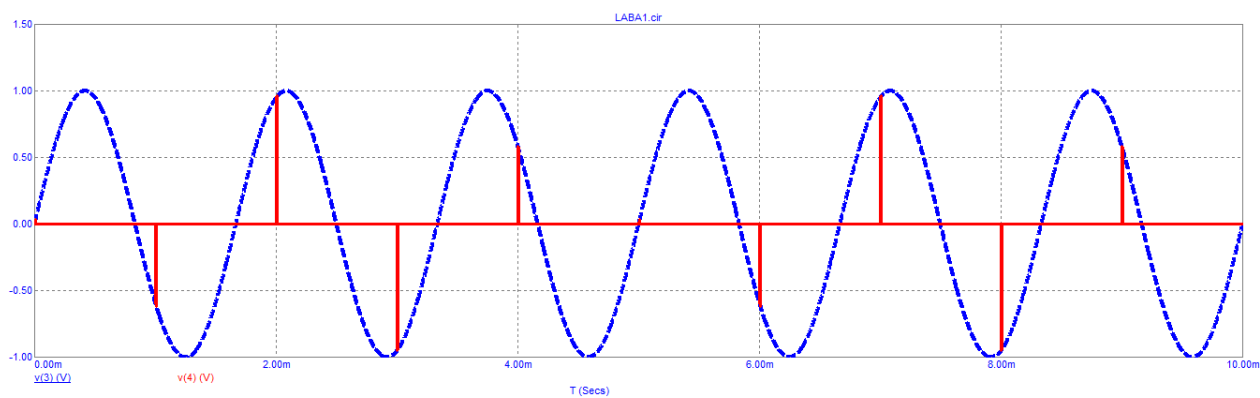


Рисунок 14 - Эпюры колебаний на выходе сумматора $V(3)$ и дискретизатора $V(4)$

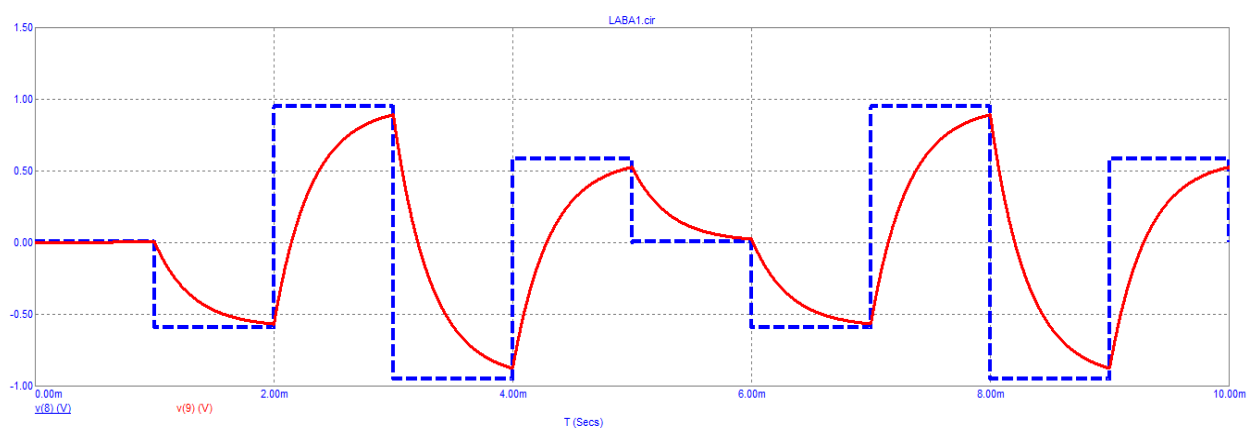


Рисунок 15 - Эпюры колебаний на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра – $V(9)$.

6) $U_{m1} = 0$, $U_{m2} = 1B$, $U_{m3} = 0$

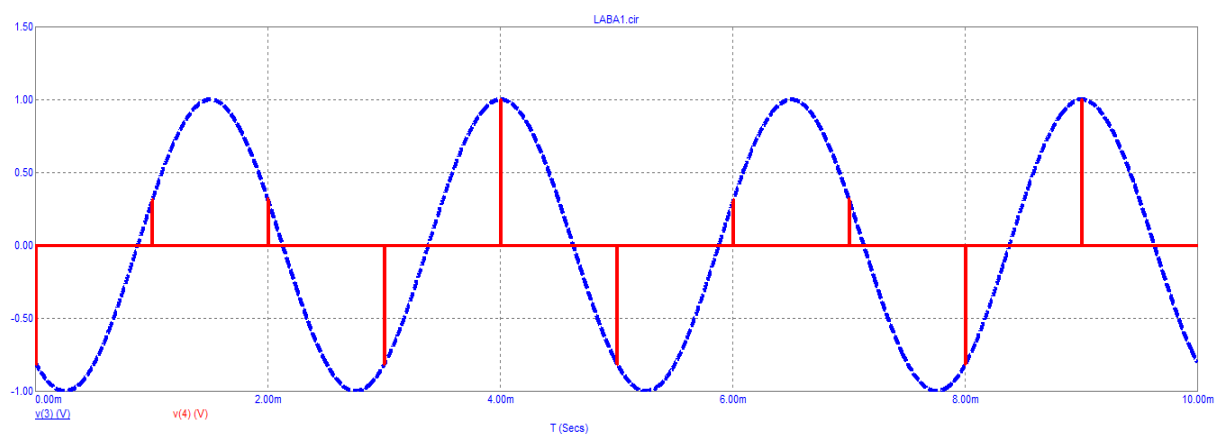


Рисунок 16 - Эпюры колебаний на выходе сумматора $V(3)$ и дискретизатора $V(4)$

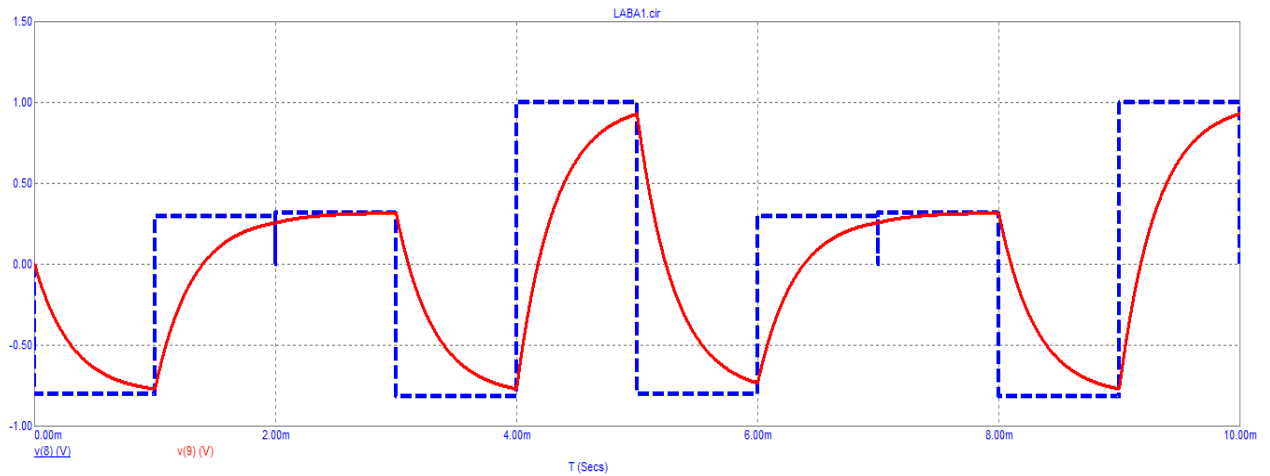


Рисунок 17 - Эпюры колебаний на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра – $V(9)$.

3-й эксперимент.

Включите первый и второй синусоидальные источники, частота колебаний второго источника $f_2 = 200$ Гц. Постройте графики 1 и 2 для случаев:

а) фаза колебания источника V_2 равна 180градусов

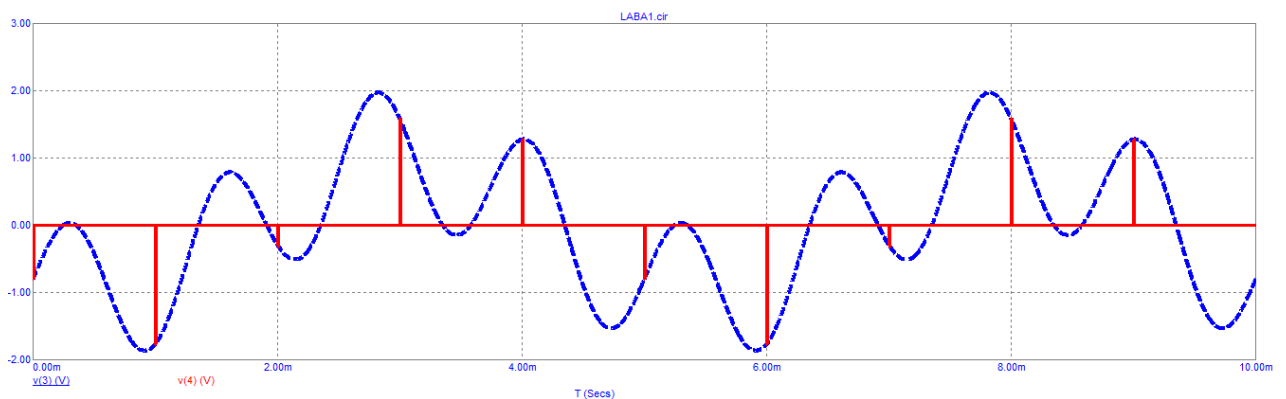


Рисунок 18 - Эпюры колебаний на выходе сумматора $V(3)$ и дискретизатора $V(4)$

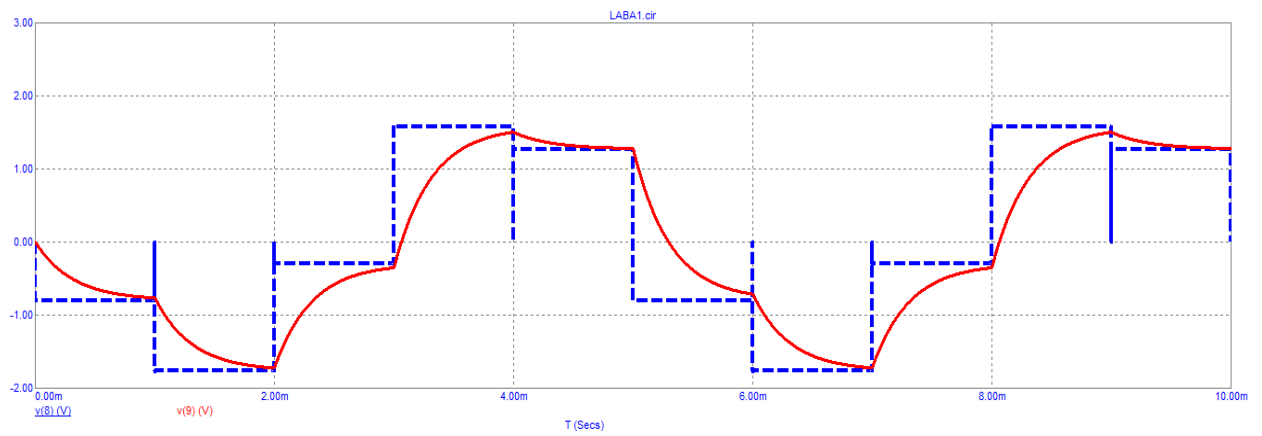


Рисунок 19 - Этюры колебаний на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра $V(9)$.

б) фаза колебания источника V2 равна 0 градусов

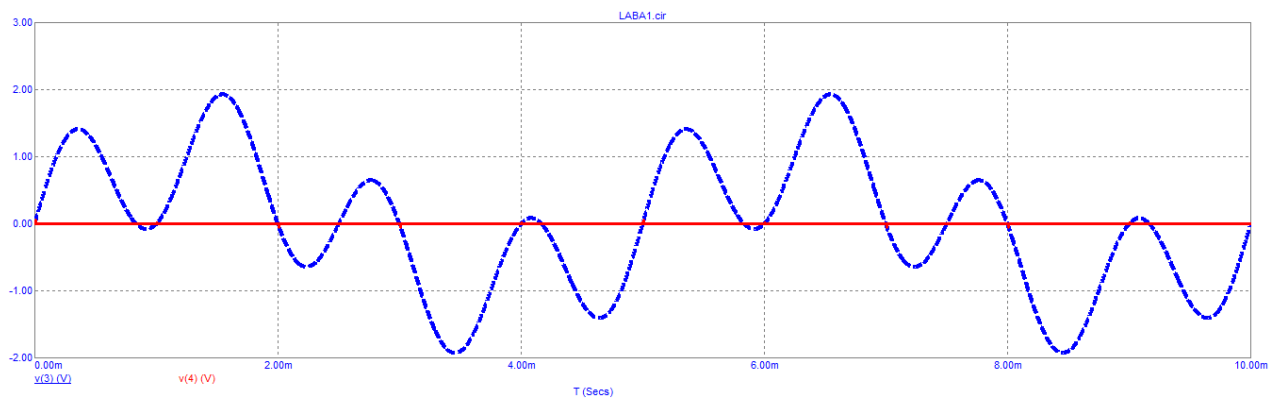


Рисунок 20 - Этюры колебаний на выходе сумматора $V(3)$ и дискретизатора $V(4)$

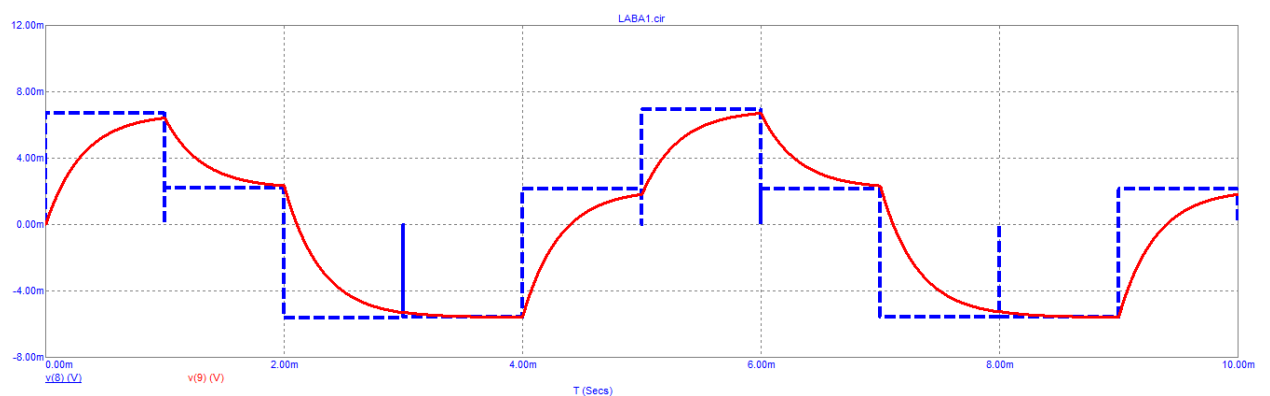


Рисунок 21 - Этюры колебаний на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра $V(9)$.

4-й эксперимент.

Включите второй и третий синусоидальные источники, частота колебаний второго источника $f_2 = 400$ Гц. Постройте графики 1 и 2 для случаев:

а) фаза колебания источника V2 равна 180 градусов

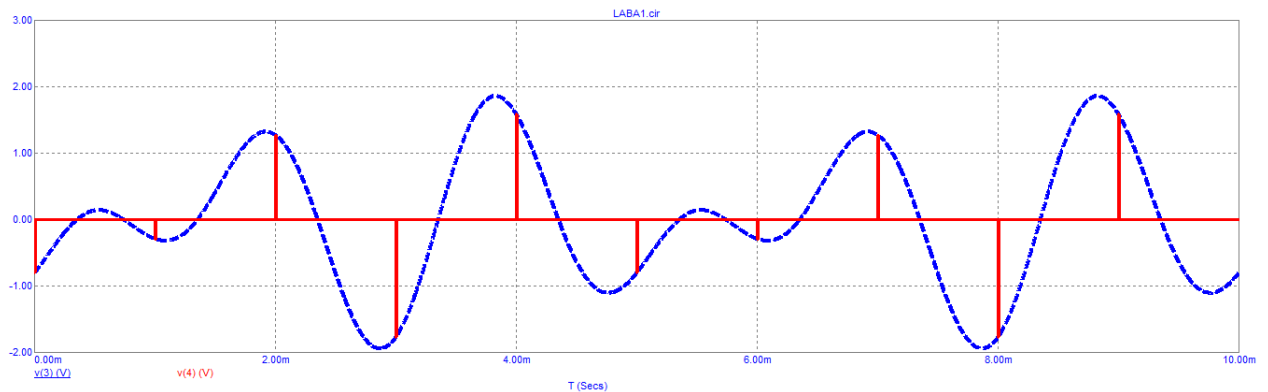


Рисунок 22 - Эпюры колебаний на выходе сумматора $V(3)$ и дискретизатора $V(4)$

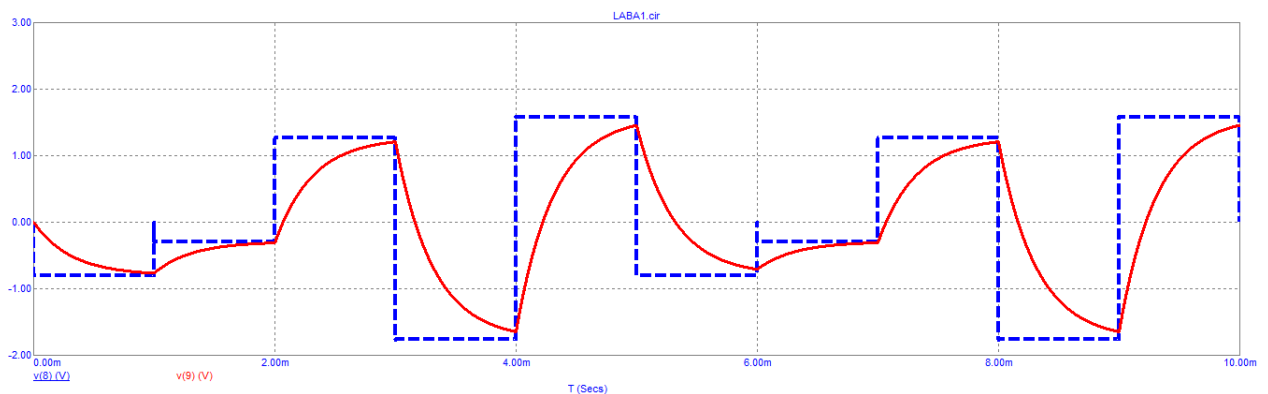


Рисунок 23 - Эпюры колебаний на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра – $V(9)$.

б) фаза колебания источника V2 равна 0 гр

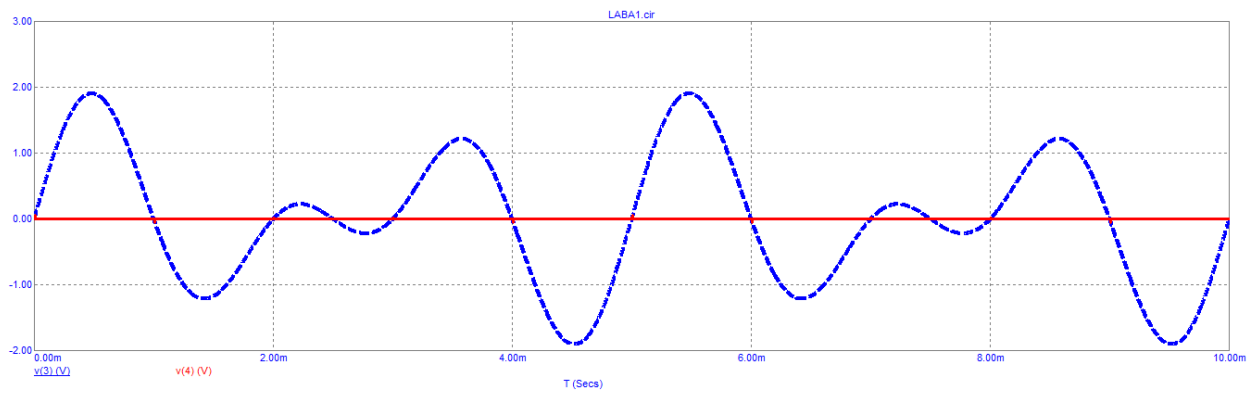


Рисунок 24 - Эпюры колебаний на выходе сумматора $V(3)$ и дискретизатора $V(4)$

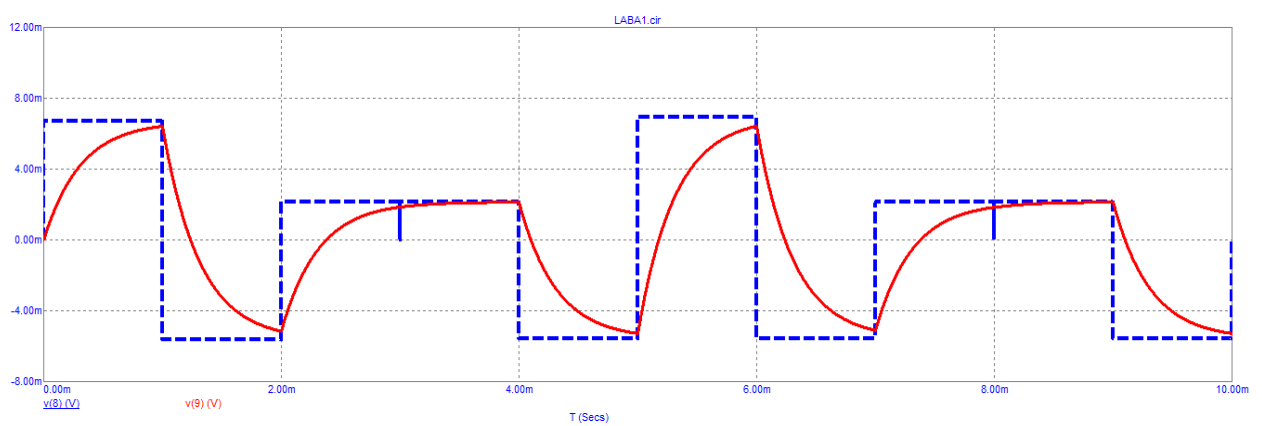


Рисунок 25 - Эпюры колебаний на выходе ЦАП – $V(8)$ и на выходе фильтра – $V(9)$.

Вывод: Мы приобрели навыки компьютерного моделирования и исследовали процессы дискретизации аналоговых сигналов и цифро-аналоговое преобразование.