

Лабораторная работа 1 СВЕРТКА ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ

Цели лабораторной работы: последовательно, шаг за шагом, рассмотреть процесс свёртки в дискретной системе. Использовать полученные знания для вывода формулы свёртки.

Эксперименты

Эксперимент 1. Настройка дискретной системы

В этом эксперименте необходимо собрать дискретную систему, соответствующую рисунку 1.

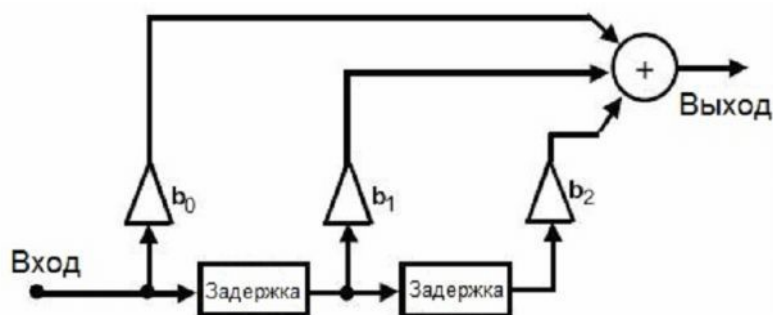


Рисунок 1. Структурная схема исследуемой системы

1. Соберите модель, как показано на рисунке 2.

Настройки должны быть следующие:

Генератор импульсов (*Digital Out*): частота тактовых импульсов – 1 кГц, скважность импульсов (*Duty Cycle*): 0,5 (50%);

Генератор последовательностей (*Sequence Generator*): переключатели в положении Верх:Верх;

Осциллограф: разверстка: 10 мс, триггер нарастающего фронта первого сигнала, уровень переключения 1 В.

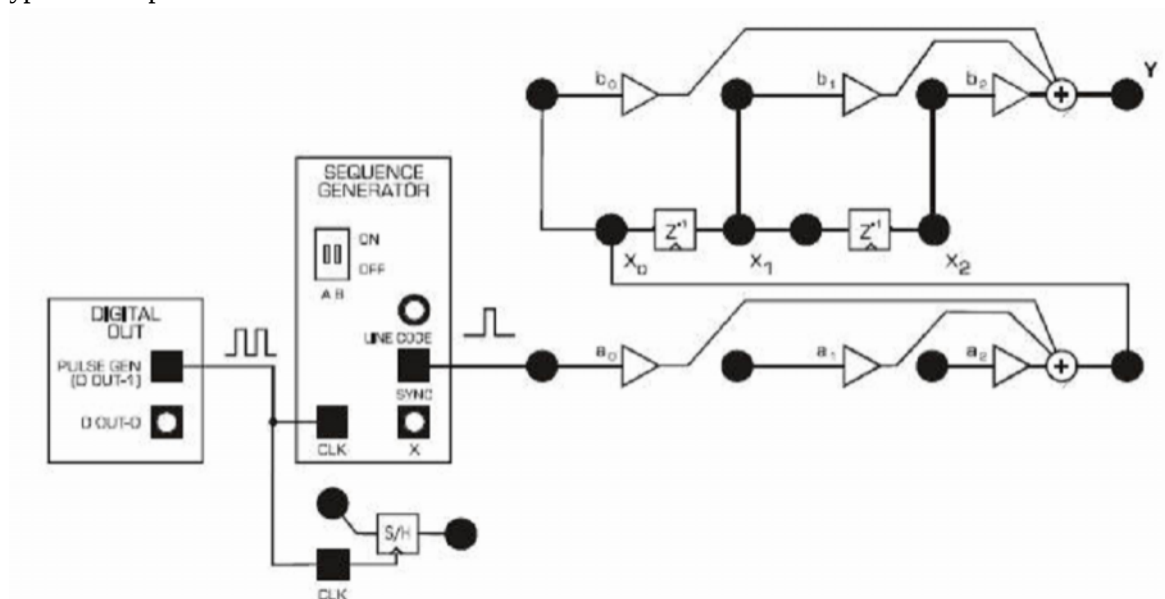


Рисунок 2. Схема соединений для рисунка 1.

2. Требуемый сигнал генерируется на выходе SYNC генератора последовательностей как сигнал с амплитудой 5 В. Требуется уменьшить амплитуду с помощью усилителя a_0 . Пользуясь осциллографом проверьте, что на выходе a_0 у вас

имеется периодическая последовательность одиночных импульсов с амплитудой 1В на 31 импульс сигнала с выхода *генератора импульсов*. Убедитесь, что ширина импульса 1мс. Точно настройте значение a_0 , чтобы добиться амплитуды сигнала с выхода этого усилителя в 1 В.

Обратите внимание, что входные импульсы синхронизируются по тому же опорному сигналу, что и блоки задержки. Поэтому, сигнал может быть подан непосредственно на блок задержки без дополнительной обработки.

Эксперимент 2. Импульсная характеристика дискретной системы

Перед тем, как мы начнем исследование системы, должны быть настроены коэффициенты усилителей. Для первого варианта зададим их значения такими : $b_0=0.3$, $b_1=0.5$, $b_2=-0.2$ (см. рисунок 2). Эти значения были подобраны специально для этого эксперимента.

Настройте каждый усилитель и проверьте правильность настройки с помощью осциллографа.

1. Опишите процедуру проверки настройки усилителей.

2. Выведите на осциллограф входной сигнал линии задержки (т.е. входной сигнал первого блока z^{-1}) и сигнал с сумматора. Измерьте и запишите амплитуду каждой последовательности импульсов на входе и выходе исследуемой дискретной системы.

Мы подошли к изучению реакции системы на единичный импульс. Мы можем определить реакцию на единичный импульс $h(n)$ как реакцию на входной импульс единичной амплитуды.

Опираясь на проведенные измерения, покажите, что значения выходных импульсов в данном примере $h(0) = b_0$, $h(1) = b_1$, $h(2) = b_2$.

Сделайте вывод: с какой дискретной системой вы работаете – нерекурсивной или рекурсивной?

Присутствие задержки сигнала или процесса передачи энергии – обычное дело в реальных системах, будь то электрические или механические системы. Например, такая ситуация возникает из-за инерции в механических системах. Аналогично, в электрических системах мы можем наблюдать накопления энергии в реактивных элементах, таких как индуктивности и ёмкости.

Эксперимент 3. Исследование свойства линейности дискретной системы

1. Настройте переключатели генератора последовательностей в положения Верх:Низ, чтобы выбрать выходную последовательность импульсов двойной ширины. Оставив настройки усилителей прежними, исследуйте выходной сигнал. Обратите внимание, что он содержит четыре ненулевых импульса на один входной импульс. Зарисуйте импульсы: тактовые, входной, с выхода каждого усилителя b и выходные. Измерьте и запишите амплитуды каждого импульса.

2. Убедитесь, что выходной сигнал является суммой двух смещенных реакций на импульс, полученных в п.2 эксперимента 2. Для этого изобразите указанные реакции друг под другом и просуммируйте их.

Эксперимент 4. Реакция системы на входной выпрямленный синусоидальный сигнал

В этом эксперименте мы сделаем входной сигнал более интересным, чем в эксперименте 3: последовательность из четырех импульсов разной амплитуды. Эту последовательность можно получить с выхода ANALOG OUT DAC-0. Затем мы подадим этот сигнал на блок выборки и хранения (S/H) для дискретизации (рисунок 3). Обращаем Ваше внимание, что генератор импульсов и генератор сигналов DAC (ЦАП) синхронизируются по одному и тому же сигналу.

Обратите также внимание на то, что сигнал стал дискретным, но не стал цифровым сигналом. Теперь сигнал существует в виде последовательных дискретных отсчетов оригинального сигнала.

Соберите схему на рисунке 4. Настройки должны быть следующими: Генератор: частота – 800 Гц, коэффициент заполнения (Duty Cycle): 50% (0,5); Осциллограф: разверстка: 10 мс, триггер нарастающего фронта, синусоидальный выход, уровень переключения 1 В.

Убедитесь, что аналоговый сигнал на выходе DAC-0 имеет частоту 100 Гц, амплитуду 2В перед подачей на выпрямитель.

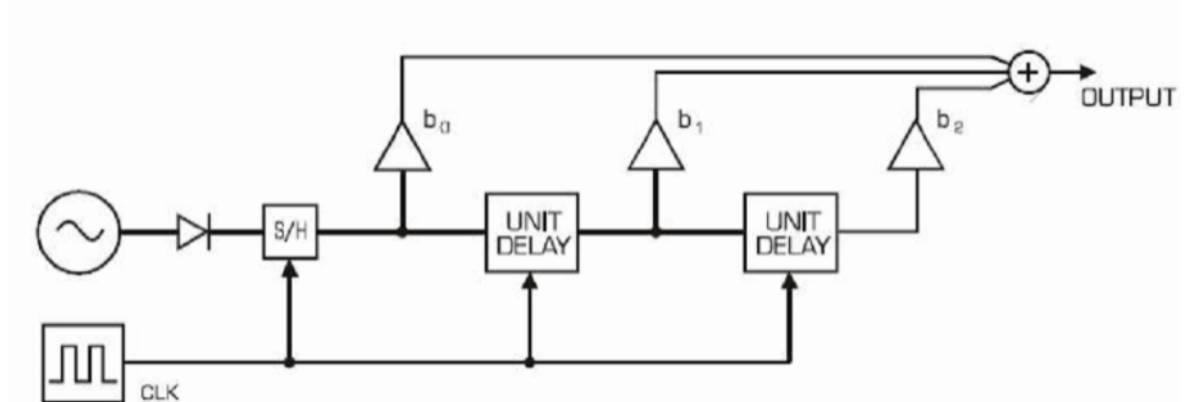


Рисунок 3. Структурная схема дискретной системы

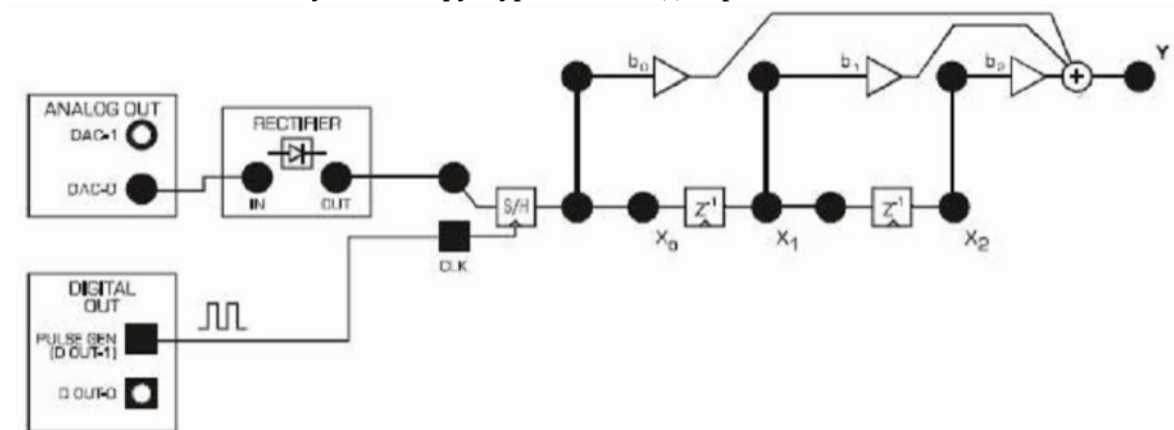


Рисунок 4. Схема SIGEx для рисунка 3.

1. Установите значения для коэффициентов b как в предыдущем эксперименте, т.е. $b_0=0.3$, $b_1=0.5$, $b_2=-0.2$, и выведите на осциллограф входной (т.е. выход блока S/H) и выходной сигналы системы. Зарисуйте их на графике совместно с тактовыми импульсами CLK.

Убедитесь, что на каждую полуволну приходится 8 отсчетов, как и ожидалось, исходя из частоты дискретизирования 800 Гц и частоты входной синусоиды 100 Гц.

Обратите внимание, что имеются четыре ненулевых импульса для входного сигнала на входе линии задержки и шесть импульсов на выходе сумматора. В ходе работы мы поймем причину этого.

Отследим амплитуду выходного сигнала относительно входного. Мы можем использовать метод, аналогичный эксперименту 3, но у нас есть интересная альтернатива. Мы рассмотрим вклады в сигналы, прошедшие через усилители b_0 , b_1 и b_2 , в выходной сигнал по отдельности. Их примеры можно увидеть на рисунке 5, б.

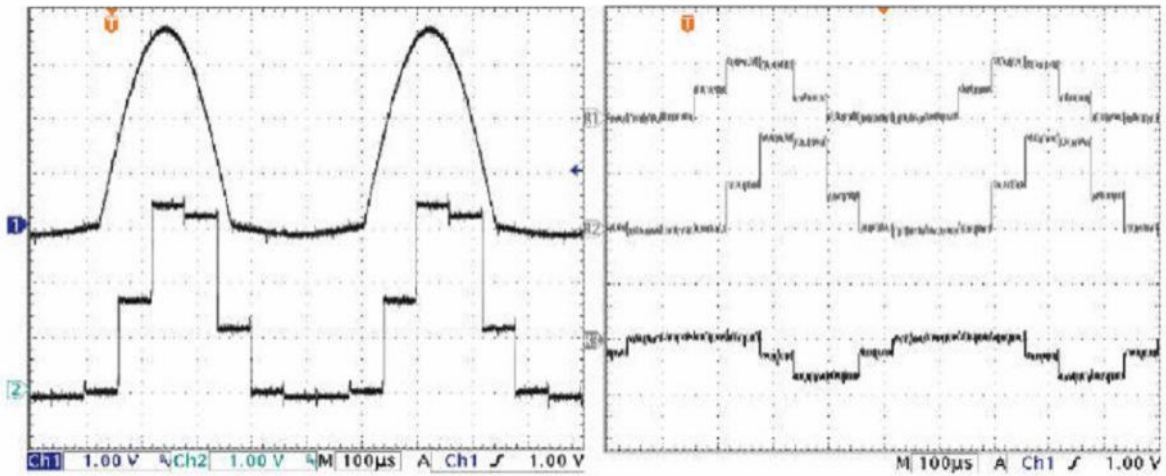


Рисунок 5, а. Входной сигнал и выходной сигнал дискретной системы.

Рисунок 5, б. Сигналы с выходов усилителей b_0 , b_1 и b_2 .

2. Начнем с канала b_2 . Временно отключим сигналы с выходов b_0 и b_1 . Изучите и зарисуйте тактовый сигнал CLK, входной дискретный и выходной сигнал дискретной системы.

3. Повторите те же самые действия для каналов b_0 и b_1 . Поскольку входной сигнал уже зарисован, нужно зарисовывать только выходные сигналы.

4. Для каждого момента времени сложите сигналы с выходов усилителей b и зарисуйте результат. Убедитесь, что он совпадает с выходным сигналом при всех подключенных к сумматору каналах.

Вывод: мы только что пропустили через дискретную систему последовательность дискретных значений (наш дискретизированный входной сигнал), и получили сумму дискретных сигналов на выходе. Каждый из отдельных сигналов – это сдвинутый по времени и масштабированный входной сигнал. Ещё один способ описания системы – суперпозиция отдельных составляющих сигнала со своими весовыми коэффициентами.

Теперь нам надо описать это процесс математически.

Как наиболее очевидный способ начать описание, это записать отдельные формулы для шести ненулевых выходных отсчетов. Назовем их $y(1)$, $y(2)$, ..., $y(6)$.

5. Отметьте их на своем рисунке для выходного сигнала, совмещенного с входным дискретным сигналом.

Входная последовательность имеет восемь отсчетов (четыре из них – нулевые). Промаркируйте их как $x(1)$, $x(2)$, ..., $x(8)$. Заметим, что $x(1)=x(2)=x(7)=x(8)=0$.

6. Отметьте их на своем рисунке для входного сигнала.

Цифровая индексация удобна в качестве помощника при рассмотрении общей картины.

Далее, с помощью цифровой индексации мы можем объединить несколько формул в одну. Из структурной схемы (рисунок 3) следует:

$$y(3)=b_0x(3)+b_1x(2)+b_2x(1)$$

$$y(4)=b_0x(4)+b_1x(3)+b_2x(2)$$

$$y(5)=b_0x(5)+b_1x(4)+b_2x(3)$$

$$y(6)=b_0x(6)+b_1x(5)+b_2x(4)$$

7. Запишите формулу для $y(2)$ и $y(1)$?

А формула для общего случая уже готова появиться. С помощью символьного индексирования мы можем записать эту формулу в виде одной:

$$y(n)=b_0x(n)+b_1x(n-1)+b_2x(n-2),$$

где n означает номер дискретной последовательности.

В эксперименте 2 мы выяснили, что импульсная характеристика $h(k)$ для системы

$$h(0) = b_0, h(1) = b_1, h(2) = b_2.$$

Теперь мы можем выразить формулу для $y(n)$ как

$$y(n) = h(0)x(n) + h(1)x(n-1) + h(2)x(n-2), \text{ т.е.}$$

$$y(n) = \sum_k h(k)x(n-k).$$

Эта формула известна как формула свёртки. Она позволяет определить реакцию системы на любое входное воздействие при известной импульсной характеристике системы.

В проделанном эксперименте мы получили результат как суперпозицию отдельных реакций системы. В эксперименте 3 мы также использовали суперпозицию. Однако сейчас мы не использовали разбиение выходного сигнала. В эксперименте 2 метод оказался проще, поскольку выходной сигнал состоял только из двух последовательностей импульсов.

8. Повторите пункт 1 эксперимент 4 с новыми характеристиками системы. Пусть каждый коэффициент усиления будет равен 0.333, т.е. $b_0 = b_1 = b_2 = 0.333$. Подтвердите полученные результаты с использованием формулы дискретной свертки.