



УДК 519.876.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЧАСТОТУ

Астапов М.С.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В качестве среды моделирования будем использовать NI Multisim 14.0. Multisim – это современная программа схемотехнического моделирования, позволяющая производить построение математических моделей аналоговых и цифровых устройств. Библиотеки Multisim содержат большое количество современных электронных компонентов и устройств. В данной статье описано моделирование преобразователя напряжения в частоту, необходимого для построения АЦП с промежуточным преобразованием.

Ключевые слова: информационные технологии, АЦП с промежуточным преобразованием, Multisim, моделирование, моделирование преобразователя напряжения в частоту.

SIMULATION OF VOLTAGE CONVERTER IN FREQUENCY

Astapov M.S.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

We will use NI Multisim 14.0 as a modeling environment. Multisim is a modern circuit simulation program that allows the construction of mathematical models of analog and digital devices. Multisim library libraries contain a large number of modern electronic components and devices. This article describes the modeling of a voltage-to-frequency converter necessary for constructing an ADC with an intermediate conversion.

Keywords: information technology, ADC with intermediate conversion, Multisim, modeling, modeling voltage-to-frequency converter.

При построении АЦП с промежуточным преобразованием напряжения в частоту основным элементом преобразователя является преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ). Наибольшей линейностью обладают ПНЧ с поочередным интегрированием. Упрощенная схема такого ПНЧ приведена на рисунке 1.

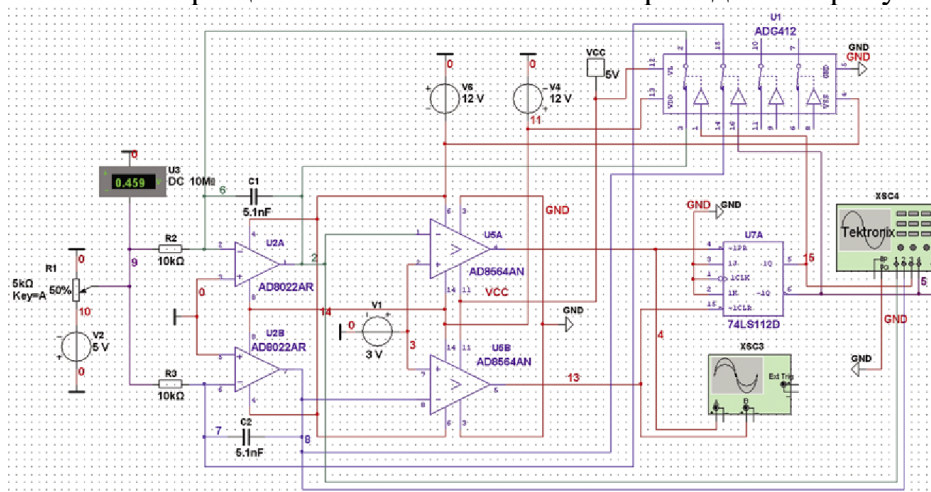


Рис. 1 - Упрощенная схема ПНЧ

Схема содержит два инвертирующих интегратора, выполненных на ОУ U2A и U2B типа AD8022AR и элементах C1, C2, R2 и R3. На входы интеграторов



подается отрицательное напряжение, формируемое с помощью потенциометра R1. На выходе интеграторов напряжение изменяется от нуля до напряжения, равного напряжению источника V1. Сигналы, снимаемые с выходов интеграторов, сравниваются с постоянным напряжением U3 (напряжение в коде 3), формируемым источником напряжения V1. Как только напряжение на выходе интегратора превышает U3, срабатывает компаратор и на его выходе устанавливается уровень логического "0". Компараторы переключают RS-триггер U7A, который, в свою очередь, управляет аналоговыми ключами (ИМС U1). Один ключ шунтирует конденсатор C1, а второй – C2. Так как ключи управляются противофазными сигналами, конденсаторы заряжаются поочередно (рис. 2). Например, заряжается конденсатор C1, а конденсатор C2 в это время закорочен замкнутым ключом. После срабатывания компаратора U5A (рис. 3) RS-триггер устанавливается в "1" и ключи переключаются. Конденсатор C1 быстро разряжается, а C2 начинает заряжаться.



Рис. 2 – Диаграммы сигналов на выходах интеграторов и триггера

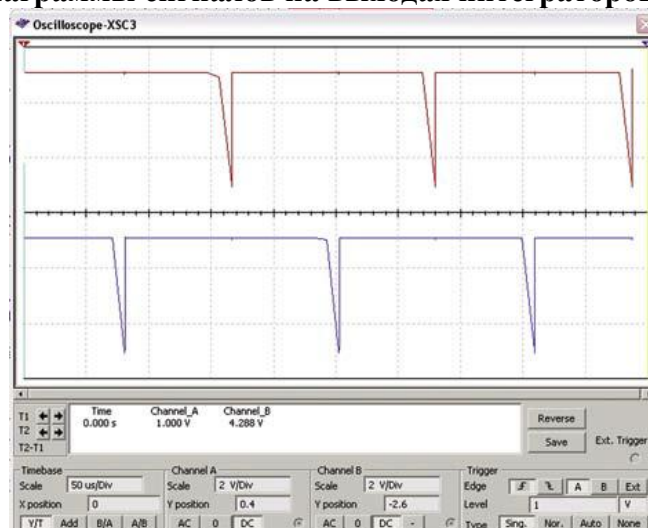


Рис. 3 - Временные диаграммы сигналов на выходах компараторов

Контроль сигналов в различных точках схемы можно осуществлять с помощью четырехканального осциллографа Tektronix TDS2024, который позволяет не только наблюдать форму сигнала, но и измерять частоту, исследовать спектр, измерять минимальное, максимальное и среднеквадратическое значения напряжения, размах сигнала от пика до пика, время спада и нарастания, производить математические операции с измеряемыми сигналами. Кроме того, осциллограф



позволяет сохранить результаты измерений, распечатать на принтере наблюдаемые на экране осциллографа результаты, осуществить автоматическую или ручную установку параметров. На рисунке 4 показан увеличенный фрагмент передней панели осциллографа, на котором видно значение частоты сигнала, измеренной в первом канале. Выбор номера канала, в котором производится измерение заданного параметра, осуществляется верхней кнопкой, расположенной справа от экрана дисплея.



Рис. 4 - Увеличенный фрагмент передней панели осциллографа TDS2024

Для проверки ПНЧ в динамическом режиме подключим ко входу преобразователя функциональный генератор. Учитывая то, что входное напряжение ПНЧ должно находиться в отрицательной области, зададим отрицательное смещение на выходе генератора равным 2 В, а амплитуду модулирующего сигнала установим равной 2 В от пика до пика. На рисунке 5 приведены осциллограммы напряжений на выходе функционального генератора и на выходе RS-триггера. Как видно из рисунка, на выходе ПНЧ формируется частотно-модулированный сигнал, т.е. преобразователь является частотным модулятором, что следует и из его названия.

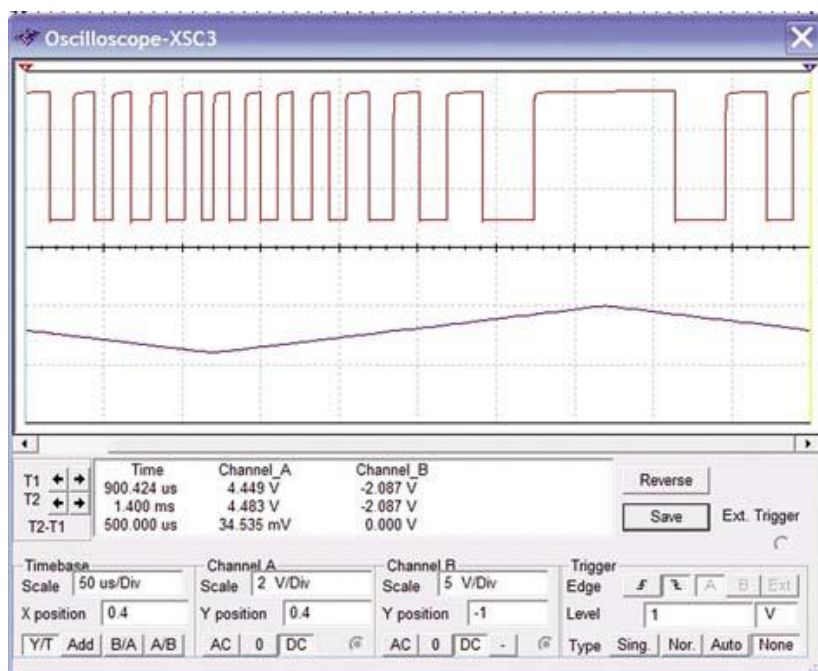


Рис. 5 - Сигналы на входе и на выходе ПНЧ.

Минимальному входному напряжению на входе ПНЧ соответствует максимальная частота выходного сигнала, а максимальному – минимальная. Это объяс-



няется тем, что на вход интеграторов необходимо подавать отрицательное напряжение. Чем больше отрицательное напряжение, тем больше ток заряда конденсаторов, тем меньше время зарядки конденсатора до порогового уровня срабатывания компаратора и тем выше частота выходного сигнала. Для демодуляции ЧМ-сигнала можно воспользоваться простейшим преобразователем ЧМ в ЧИМ с удвоением частоты, временные диаграммы работы которого приведены на рисунке 6. На элементах "исключающее ИЛИ" (U1A), R1 и C1 выполнен удвоитель частоты, формирующий короткие импульсы из фронтов и спадов входного сигнала.

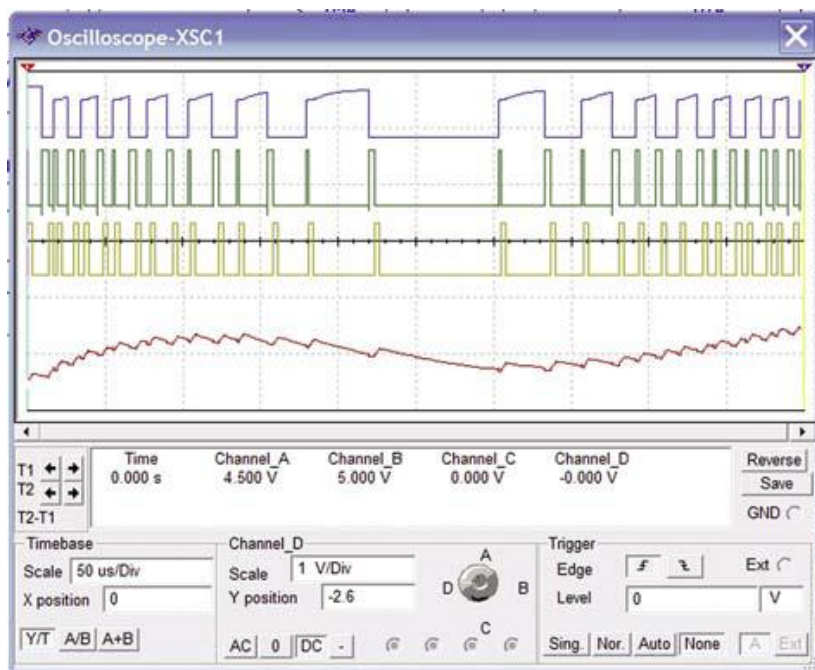


Рис. 6 - Диаграммы сигналов в различных точках частотного детектора

На рисунке 6 входной сигнал показан синим цветом, а выходной сигнал умножителя частоты – зеленым. Преобразование ЧМ в ЧИМ осуществляется с помощью одновибратора (ОВ) U2A, выполненного на ИМС SN74123N. Осциллограмма сигнала на выходе ОВ показана желто-зеленым цветом. Формирование демодулированного сигнала (диаграмма красного цвета на рис. 5) осуществляется с помощью ФНЧ, выполненного на элементах R5, C3. Так как крутизна спада АЧХ такого фильтра составляет всего 6 дБ на октаву, на осциллограмме видны "остатки" сигнала несущей частоты.

© М.С. Астапов, 2019