

УДК 621.373.5

ЛАБОРАТОРНЫЙ ГЕНЕРАТОР ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ**Мускатиньев Александр Валентинович**

канд. тех. наук

Щукин Владимир Геннадиевич

аспирант

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Предлагается схема лабораторного генератора испытательных сигналов, построенная по принципу прямого цифрового синтеза. Применение микроконтроллера АТmega16 позволило упростить структуру генератора.

Ключевые слова: прямой цифровой синтез; частота; синусоидальный сигнал; импульсный сигнал; сигнал пилообразной формы.

LABORATORY GENERATOR OF TEST SIGNALS**Muskatinyev Alexander Valentinovich**

candidate of technical sciences

Schukin Vladimir Gennadiyevich

post-graduate student

Mordovian state university of N.P. Ogaryov, Saransk

Abstract. The scheme of the laboratory generator of the test signals, constructed by a principle of direct digital synthesis, is offered. Use of the ATmega16 microcontroller allowed simplifying generator structure.

Key words: direct digital synthesis; frequency; sinusoidal signal; impulse signal; signal of a sawtooth form.

Постановка задачи. Для модернизации существующей лабораторной базы и постановки новых учебных комплексов возникла необходимость в разработке генератора испытательных сигналов стандартной формы (синусоидальной, прямой и обратной пилообразной, треугольной, прямоугольной). Основными требованиями к генератору являются: диапазон генерируемых частот (10-20000) Гц, шаг перестройки частоты сигнала (10 Гц), регулировка амплитуды сигналов, повторяемость образцов, компактность конструкции и приемлемая стоимость разработки. Современный рынок насыщен профессиональными функциональными генераторами. Например, генераторы таких фирм, как Agilent, Tabor, Protek, R&S, Tektronix. Имея высокие метрологические параметры и широкие возможности, данные устройства обладают и высокой стоимостью. Доступных генераторов, с минимально необходимым набором сигналов и регулировок, крайне мало.

Метод решения. Для реализации генератора выбран метод прямого цифрового синтеза сигналов [1]. Цифровые методы позволяют достичь максимальной стабильности и точности выходного сигнала, гораздо проще генерировать ступенчатые и прямоугольные импульсы, но имеют сложности с генерацией плавно изменяющихся функций, например, синуса или «пилы», вследствие дискретизации сигнала. Однако разумный выбор диапазона генерируемых частот и частоты дискретизации позволяет избежать этого недостатка.

Структурная схема генератора приведена на рис. 1. Выбор параметров сигнала осуществляется пользователем с помощью блока регулировок R, который передает в микроконтроллер MCU данные о форме и частоте сигнала. Для генерации стандартных сигналов удобнее использовать совмещенный метод цифрового синтеза, при котором функции сигналов синусоидальной и пилообразной формы будут задаваться в виде формул в коде программы. После завершения таких пользовательских операций как выбор формы и частоты сигнала производится

расчет 256 значений функций сигнала по соответствующей формуле. В результате будет сформирована таблица формы, выборка значений из которой осуществляется с определенной скоростью, в зависимости от заданной частоты. Выбранные коды таблицы передаются на адресные входы быстродействующего цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) для формирования аналогового сигнала. Напряжение с выхода ЦАП усиливается, а затем через мультиплексор MUX передается на выходной усилитель. Импульсный сигнал (меандр) формируется непосредственно микроконтроллером и поступает на мультиплексор для передачи на выход устройства. Коммутация входов мультиплексора осуществляется сигналом микроконтроллера с выхода порта. Пиковый детектор (ПД) служит для запоминания амплитуды выходного сигнала. Полученное значение напряжения с пикового детектора преобразуется в цифровой код встроенным аналого-цифровым преобразователем микроконтроллера и выдается на ЖК-дисплей генератора, который дополнительно индицирует заданную форму генерируемого сигнала и его частоту.

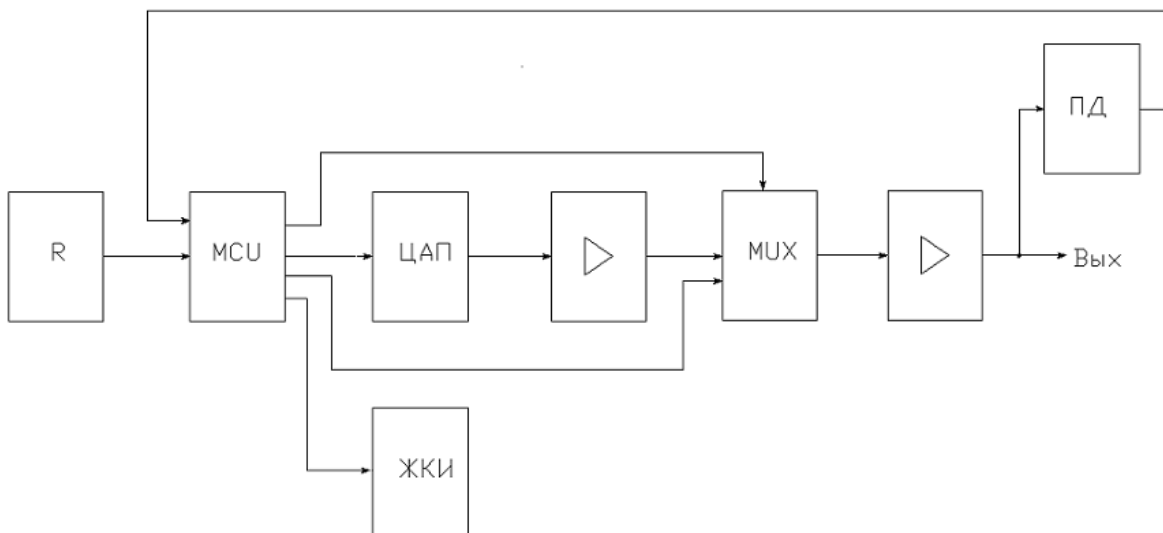


Рис. 1. Структурная схема генератора

Принципиальная схема генератора представлена на двух рисунках. На рис. 2. показан микроконтроллер и узлы, участвующие в формировании выходного сигнала. На рис. 3. также представлен микроконтроллер и элементы, с помощью которых выполняются функции выбора формы и параметров выходного сигнала, а также ЖК – индикатор. В качестве микроконтроллера выбран ATmega16 фирмы Atmel. Это объясняется необходимым числом портов ввода-вывода, встроенным АЦП и достаточно высокой тактовой частотой 16 мГц. В качестве ЦАП используется интегральная микросхема КР1118ПА2, которая представляет собой быстродействующий 10-разрядный ЦАП, имеющий входы с ТТЛ уровнями, что существенно упрощает ее использование в данном генераторе. Для стабильной работы ЦАП требуются источники напряжения питания $U_{cc} = 5 \text{ В}$ и $U_{ee} = -5 \text{ В}$ и источник опорного напряжения $U_{ref} = -1 \text{ В}$ (DA2). Выход ЦАП является источником напряжения с выходным сопротивлением порядка 80 Ом, что является особенностью данной микросхемы [2]. Выходное напряжение ЦАП изменяется в диапазоне (0 – -1) В. Масштабирование полного размаха выходного сигнала ЦАП до 5 В осуществляется операционным усилителем DA4, в качестве которого используется микросхема К140УД22 (аналог LF356).

Мультиплексор DA7 реализован на сдвоенном 4-канальном коммутаторе К561КП1 с цифровым управлением, уровни управляющих сигналов которого соответствуют ТТЛ уровням. В качестве выходного усилителя DA8 применен быстродействующий усилитель К140УД22. На элементах DA5 и DA6 (К140УД22) реализован пиковый детектор с элементами (R3, VD2), снижающими разряд конденсатора С3 за время хранения амплитудного значения сигнала генератора. Функции электронного ключа для разряда конденсатора С3 выполняет полевой транзистор IRFU3910, пороговое значение напряжения на затворе которого около 3 В. Это позволяет использовать для управления ключом непосредственно бит порта микроконтроллера. Переменный резистор R20 позволяет изменять амплитуду выходного сигнала генератора.

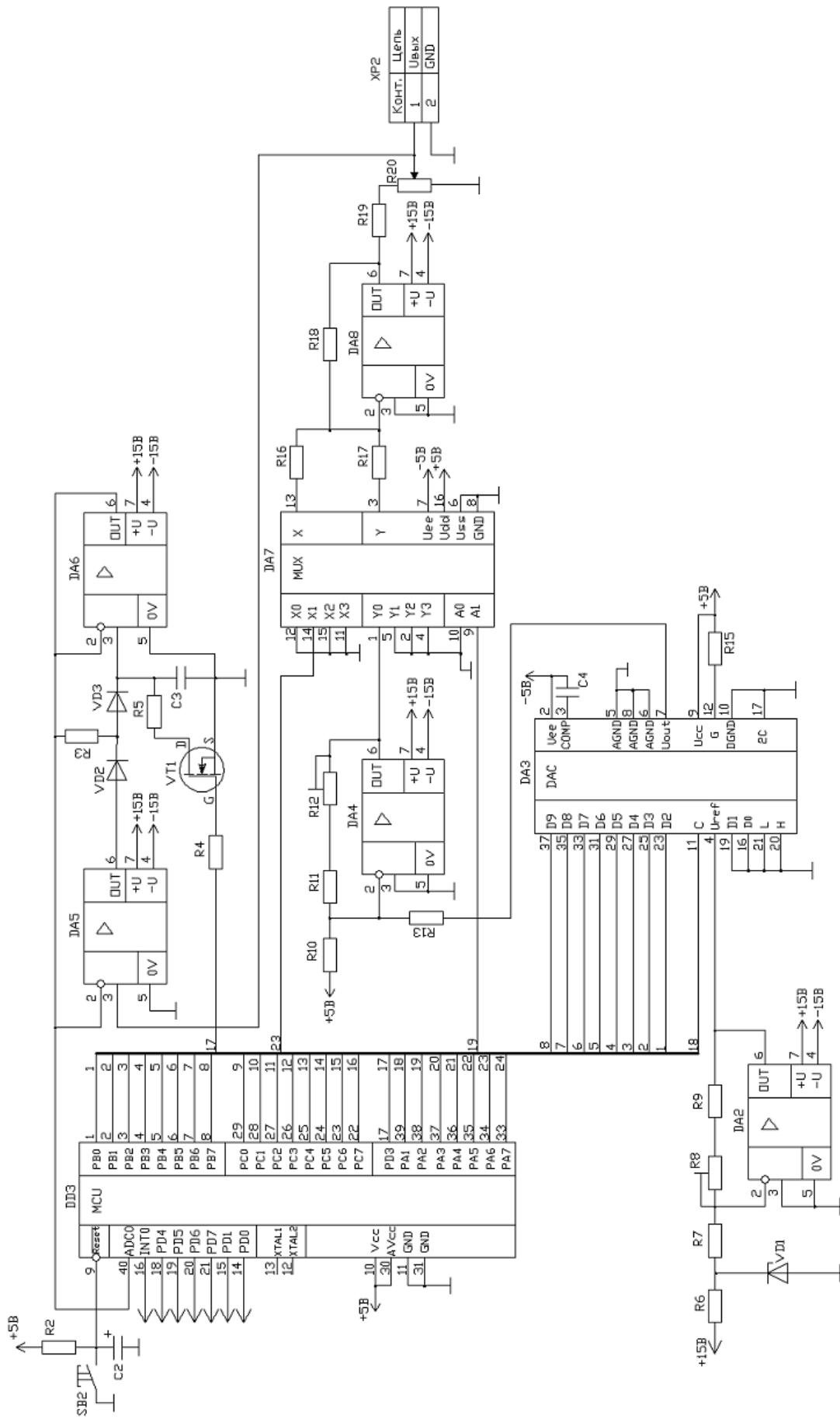


Рис. 2. Принципиальная схема выходных узлов генератора

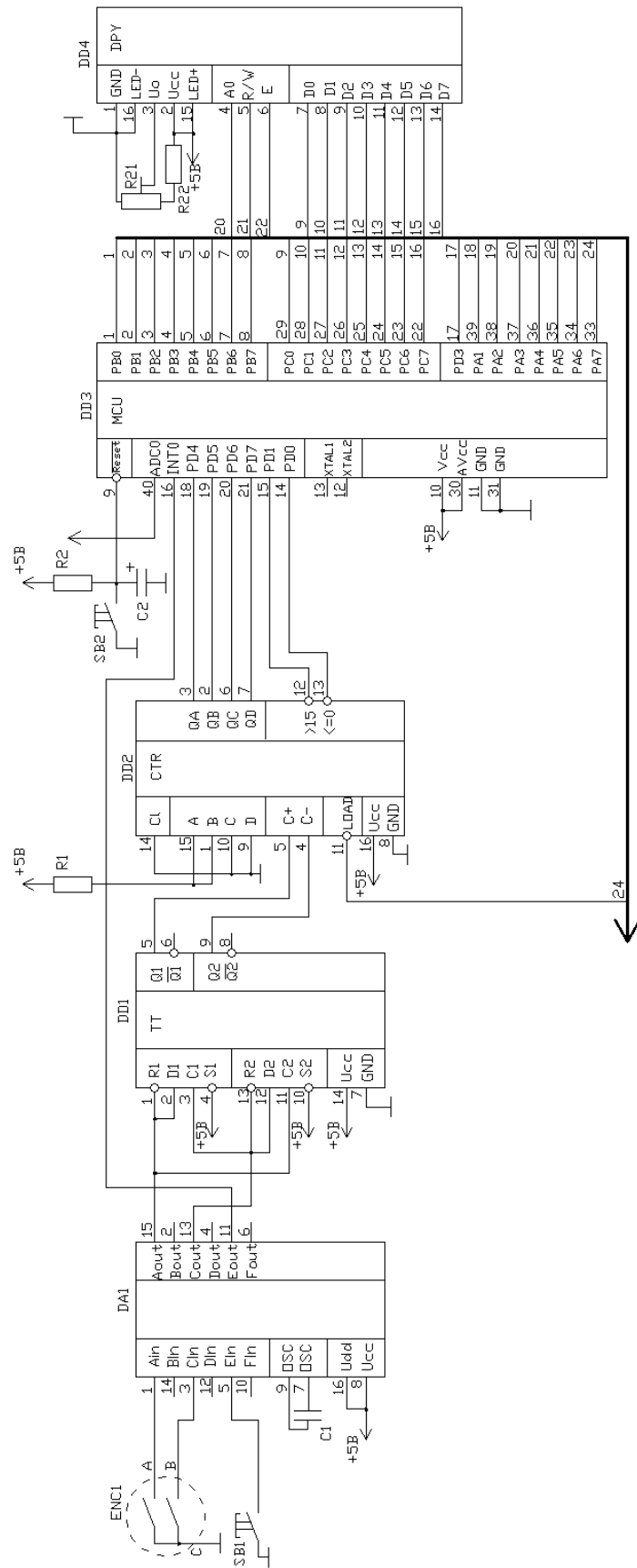


Рис. 3. Принципиальная схема ЖК – индикатора и входных узлов генератора

На рис. 3. для установки частоты выходного сигнала используется энкодер (ENC1), в качестве которого выбрана модификация ECW1D-C24-GC0024 фирмы Bourns. Выбранный элемент представляет собой контактный поворотный энкодер инкрементального типа, выдающий 24 импульса на оборот. Определение направления вращения происходит по сдвигу фаз выходных импульсов каналов А и В энкодера. В целях повышения частоты генерируемого сигнала, функции подсчета количества импульсов и определение направления вращения энкодера в генераторе реализуется аппаратно-программным способом. Декодер направления вращения построен на микросхеме DD1 (K561TM2), состоящей из двух независимых D-триггеров. При вращении энкодера по часовой стрелке, в сторону увеличения частоты, на выходе первого триггера Q1 формируется логическая единица. При вращении в обратном направлении логическая единица появляется на выходе Q2 второго триггера. Эти сигналы управляют входами направления счета реверсивного счетчика DD2 (K555IE7) количества импульсов энкодера. После каждого опроса кода счетчика DD2, он сбрасывается в промежуточное состояние, определяемое заданным словом на входах записи A--D. Определение направления при этом происходит программно, проверкой на направление изменения значения выходного кода счетчика. При переполнении счетчика при любом направлении счета на всех выводах кода устанавливается значение логической единицы, и вычисление направления счета путем оценки изменения кода может быть некорректным. В этом случае определение направления вращения энкодера производится по выводам переполнения счетчика (> 15 , < 0), а изменение частоты происходит с шагом не 10 Гц, а 50 Гц. Таким способом реализуется возможность одновременно грубой и точной настройки устройства с использованием одного энкодера.

Выбор формы сигнала производится нажатием на кнопку SB1.

Для устранения дребезга контактов энкодера применена специализированная микросхема DA1 (MC14490), имеющая 6 каналов. Два канала используются для энкодера, а третий для подключения кнопки выбора формы сигнала генератора SB1.

В качестве индикатора используется жидкокристаллический модуль MT-16S2D-2Y со светодиодной подсветкой, позволяющий отображать две строки по 16 символов. Первой строкой выводятся амплитудное значение напряжения сигнала и частота, второй – название формы сигнала и состояние работы генератора: «работа – ON », «остановлен – OFF». Управление индикатором производится по восьмиразрядному параллельному интерфейсу.

Моделирование разработанного устройства проводилось в среде Proteus. На рис. 4. показан синусоидальный сигнал на частоте 20000 Гц.

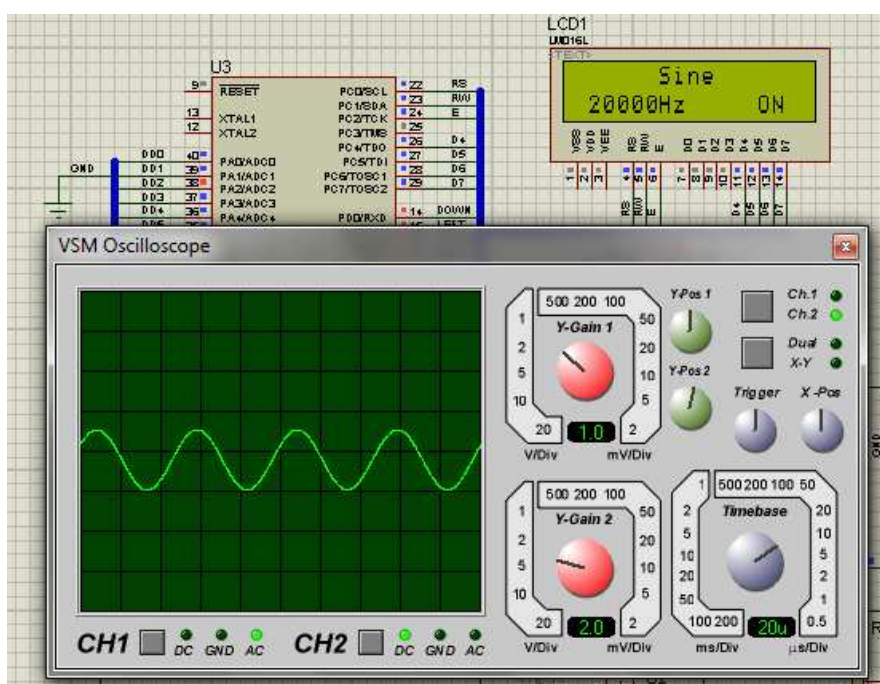


Рис. 4. Синусоидальный сигнал на частоте 20000 Гц

Искажения формы сигнала практически отсутствуют. Следовательно, максимально возможная частота выходного сигнала может значительно превышать заданную. На рис. 5. и рис. 6. показаны прямой пилообразный и треугольный сигналы соответственно.

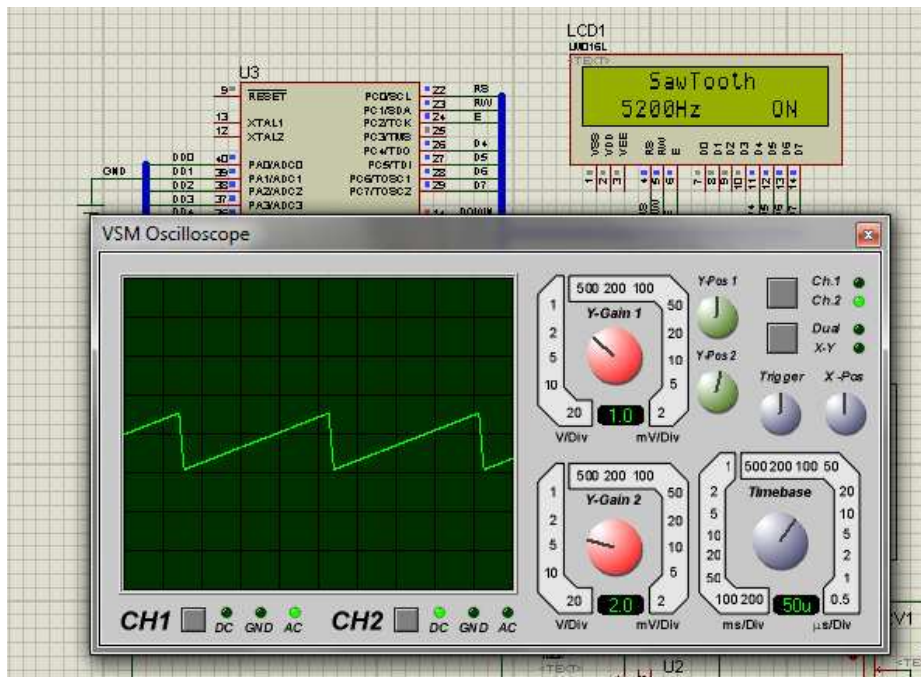


Рис. 5. Пилообразный сигнал на частоте 5200 Гц

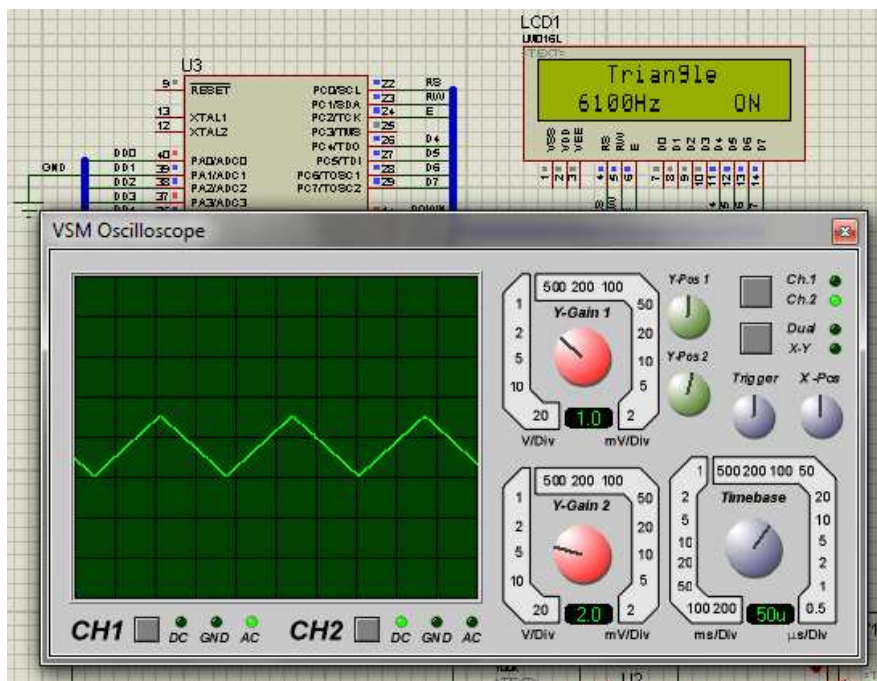


Рис. 6. Треугольный сигнал на частоте 6100 Гц

Выводы

Рассмотренный цифровой генератор удовлетворяет заданным требованиям. Содержит доступные элементы для построения. К особенностям генератора можно отнести реализацию некоторых функций аппаратным способом, что привело к некоторому усложнению принципиальной схемы за счет упрощения программного обеспечения.

Список использованных источников

1. Ридико Л. DDS: прямой цифровой синтез частоты // Компоненты и технологии. 2001. № 7. С. 52-57.
2. Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. М.: Энергоатомиздат, 1990. 320 с.