ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА НА КЕРАМИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРАХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДУЛИРОВАННОГО ПО АМПЛИТУДЕ СИНУСОИДАЛЬНОГО СИГНАЛА

Кулаков Владимир Геннадьевич
SPIN РИНЦ: 2111-7702
Контакт с автором: kulakovvlge@gmail.com

Данная статья продолжает тему об использовании керамических резонаторов для преобразования прямоугольных импульсов в синусоидальный сигнал.

Рассмотрим один из возможных способов получения высокочастотного синусоидального сигнала, модулированного по амплитуде низкочастотным синусоидальным сигналом. Этот способ заключается в преобразовании низкочастотного сигнала в последовательность разнополярных импульсов с последующим преобразованием данной последовательности в высокочастотный синусоидальный сигнал с помощью фильтра.

Получить последовательность разнополярных импульсов из синусоидального сигнала можно двумя основными способами:

1) С помощью аналогового демультиплексора поочередно подавать сигнал на прямой и инверсный входы операционного усилителя.
2) С помощью аналогового мультиплексора поочередно подавать неинвертированный и инвертированный сигнал на вход усилителя.

Воспользуемся вторым из перечисленных выше способов: будем инвертировать синусоидальный сигнал, поступающий с выхода низкочастотного генератора так, как показано на рисунке 1. Сигнал на входе инвертора должен иметь положительное смещение относительно аналоговой земли используемого в качестве инвертора операционного усилителя (ОУ), и тогда сигнал на его выходе будет иметь отрицательное смещение.

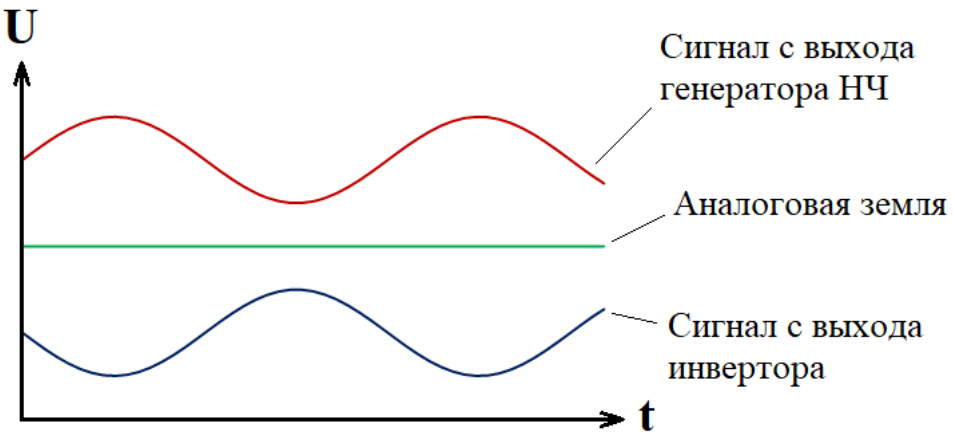

Рисунок 1. Инвертирование сигнала

Функциональная схема генератора модулированного по амплитуде сигнала показана на рисунке 2.

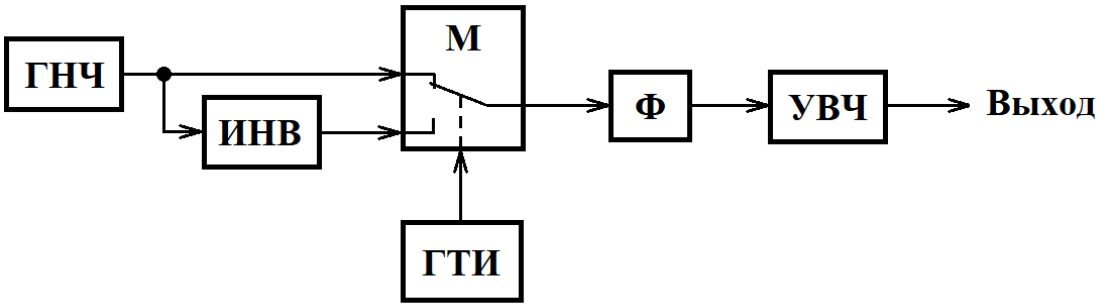

Рисунок 2. Функциональная схема генератора модулированного сигнала

С выхода генератора низкой частоты ГНЧ синусоидальный сигнал поступает на инвертор ИНВ и один из входов аналогового мультиплексора М. Сигнал с выхода инвертора подается на второй вход мультиплексора.

На управляющий вход мультиплексора подается сигнал в форме меандра от генератора тактовых импульсов ГТИ. Под действием этого сигнала аналоговый ключ, входящий в состав мультиплексора поочередно подключается то к выходу ГНЧ, то к выходу инвертора. В результате на выходе мультиплексора мы получим последовательность разнополярных импульсов, показанную на рисунке 3.

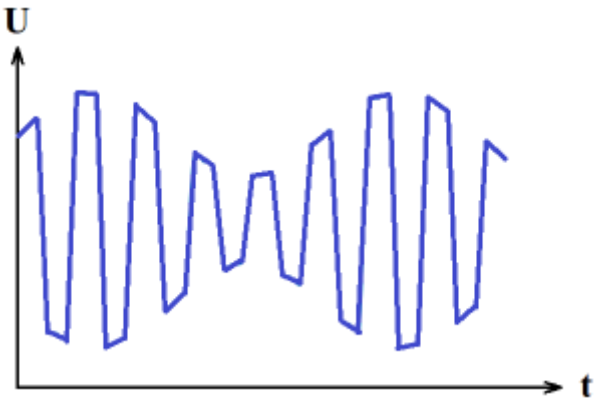

Рисунок 3. Последовательность импульсов на выходе мультиплексора

Амплитуда импульсов будет меняться по синусоидальному закону. Пропустив такую последовательность импульсов через фильтр Ф, мы получим высокочастотный синусоидальный сигнал с амплитудной модуляцией. Этот сигнал можно затем усилить при помощи усилителя высокой частоты УВЧ и направить на выход генератора.

Электрическая принципиальная схема генератора модулированного по амплитуде синусоидального сигнала с несущей частотой 2 МГц приведена на рисунке 4.

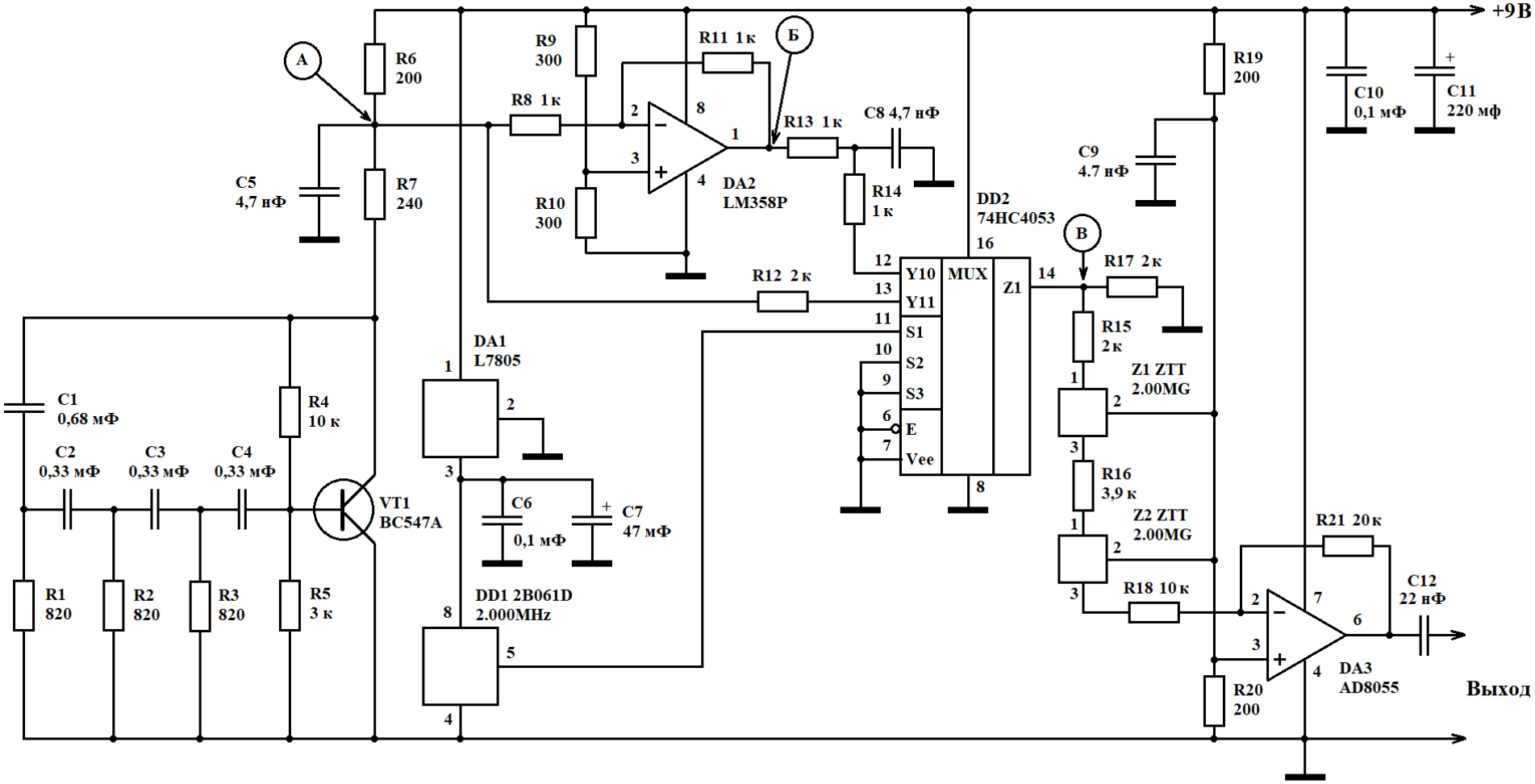

Рисунок 4. Принципиальная схема генератора синусоидального сигнала с амплитудной модуляцией

В качестве ГНЧ используется RC-генератор с фазовым сдвигом на транзисторе VT1. Он вырабатывает синусоидальный сигнал с частотой 540 Гц.

Делитель, построенный на резисторах R6 и R7, уменьшает амплитуду сигнала и обеспечивает положительное смещение этого сигнала, а конденсатор C5 подавляет высокочастотные помехи, создаваемые мультиплексором. Затем сигнал поступает на вход Y10 аналогового мультиплексора DD2 и на вход операционного усилителя DA2, включенного по схеме инвертора.

В верхней части осциллограммы, приведенной на рисунке 5, показан сигнал на входе инвертора (контрольная точка А), а в нижней части – сигнал на его выходе (контрольная точка Б).

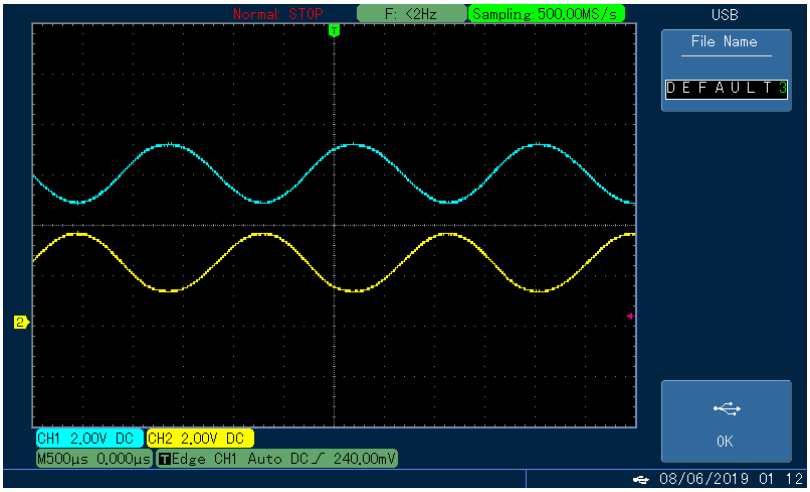

Рисунок 5. Инвертирование низкочастотного сигнала операционным усилителем DA2

Высокочастотный сигнал в форме меандра с частотой 2 МГц подается на управляющий вход S1 мультиплексора с выхода ГТИ DD1. При низком уровне тактового сигнала на выход мультиплексора Z1 поступает сигнал с входа Y10, а при высоком уровне – сигнал с входа Y11. В данной схеме используется только один из трех мультиплексоров, входящих в состав микросхемы 74HC4053, а управляющие входы двух других мультиплексоров зазамлены с целью снижения уровня помех.

RC-фильтр, включающий в свой состав резисторы R13 и R14, а также конденсатор C8, подавляет высокочастотные помехи, создаваемые мультиплексором.

Номинальное напряжение питания ГТИ составляет +5В. Необходимое значение этого напряжения обеспечивает стабилизатор DA1.

На рисунке 6 показан сигнал, формирующийся на выходе мультиплексора, в контрольной точке В. С мультиплексора этот сигнал поступает на фильтр, построенный на двух керамических резонаторах Z1 и Z2. Фильтр придает сигналу синусоидальную форму, а затем сигнал поступает на УВЧ, построенного на операционном усилителе DA3 (в данном примере применяется широко распространенная микросхема AD8055). Усилитель в два

раза увеличивает амплитуду сигнала, после чего сигнал поступает на выход генератора.

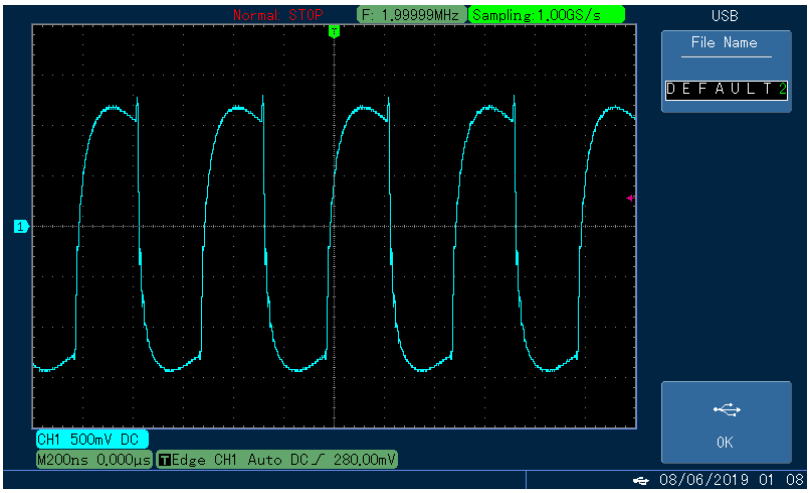

Рисунок 6. Высокочастотный сигнал, формирующийся на выходе мультиплексора

Форма сигнала на выходе УВЧ показана на осциллограмме, приведенной на рисунке 7.

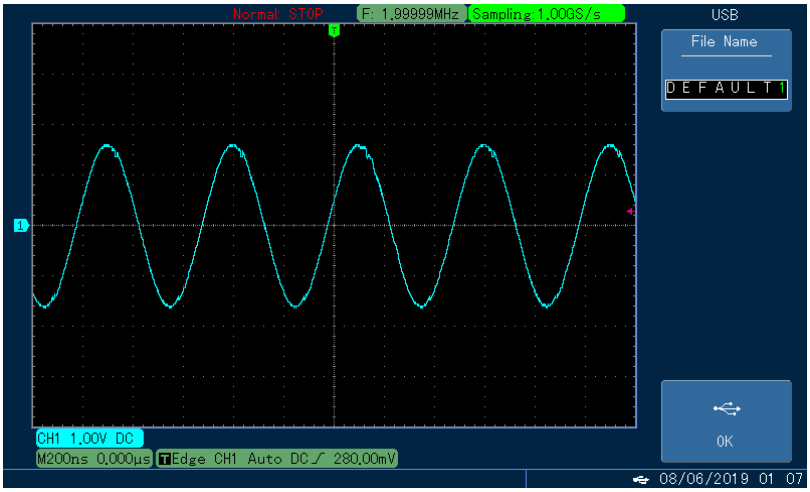

Рисунок 7. Форма сигнала на выходе УВЧ

Для того, чтобы можно было наблюдать амплитудную модуляцию, этот выходной сигнал необходимо сильно сжать по ширине (рисунок 8).

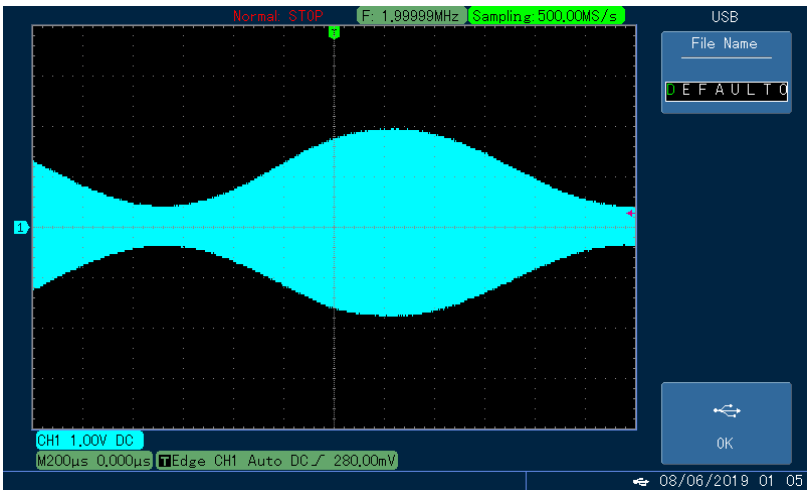

Рисунок 8. Амплитудная модуляция сигнала на выходе генератора

Таким образом, фильтр на основе двух керамических резонаторов вполне успешно позволяет преобразовать модулированный по амплитуде импульсный сигнал в синусоидальный.

По аналогичной схеме можно построить генератор и с фильтром на кварцевых резонаторах, но частота модулирующего синусоидального сигнала в этом случае не должна превышать половины от ширины полосы пропускания фильтра, которая может составлять всего несколько сотен герц.

Список использованной литературы

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т. 1. Пер. с англ. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Мир, 1993, – 413 с. ил.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12-е издание. Том II: Перевод с немецкого. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 942 с.: ил.
3. Кулаков В.Г. Простой высокочастотный генератор синусоидального сигнала. [Электронный ресурс]. URL: http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200225082020.pdf (дата обращения: 25.02.2020).
4. Кулаков В.Г. Применение керамических резонаторов для преобразования меандра в синусоидальный сигнал. [Электронный ресурс]. URL: http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200621074046.pdf (дата обращения: 21.06.2020).
5. Кулаков В.Г. О реакции фильтров, построенных на основе резонаторов, на поступление последовательности прямоугольных импульсов. [Электронный ресурс]. URL: http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200704075708.pdf (дата обращения: 04.07.2020).

© В.Г. Кулаков, 2020