

Матерухин С.Е., Сочнева Н.А.

*Научный руководитель доктор техн. наук, профессор Ромашов В.В.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: materukhin.sergey@mail.ru , sochnewa.natalya@yandex.ru*

Моделирование выходного сигнала цифрового вычислительного синтезатора с быстродействующим цифроаналоговым преобразователем в режиме работы return-to-zero

В современных радиотехнических системах широко используются цифровые формирователи сигналов. При этом в состав таких формирователей входят цифровые синтезаторы частот [1-3], работа которых основана на методе прямого цифрового синтеза. Важнейшим элементом таких синтезаторов является цифро-аналоговый преобразователь [4-7]. Совершенствование ЦАП – введение новых режимов работы, повышение тактовой частоты - позволяет увеличить частоту выходного сигнала цифровых формирователей без ухудшения шумовых характеристик. В данной работе речь пойдет об исследовании режимов работы быстродействующих ЦАП, на основе которых можно создать цифровые вычислительные синтезаторы, обладающие лучшими качественными характеристиками.

Применение новых режимов работы ЦАП позволяет увеличить отношение сигнал/шум без использования дополнительных устройств, путем изменения огибающей частотной характеристики. В целом все это приводит к улучшению шумовых характеристик цифровых вычислительных синтезаторов [8].

Рассмотрим режимы работы быстродействующего цифроаналогового преобразователя.

1. Нормальный режим работы, или non-return-to-zero (NRZ). Максимум частотной характеристики приходится на первую зону Найквиста.
2. Режим работы ЦАП, в котором применяется уменьшение длительности τ тактовых импульсов, получил название return-to-zero (RZ) mode [5-7].

С помощью программы математического моделирования MathCAD была реализована математическая модель выходного сигнала цифрового вычислительного синтезатора, содержащего быстродействующий ЦАП в режимах работы NRZ и RZ – рис. 1, рис.2.

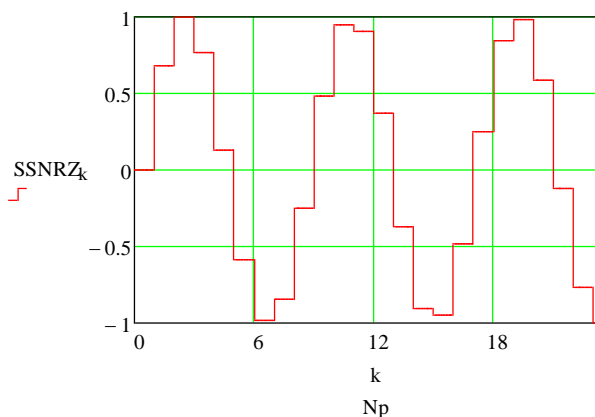


Рис.1 – Выходной сигнал ЦВС с ЦАП в режиме работы NRZ

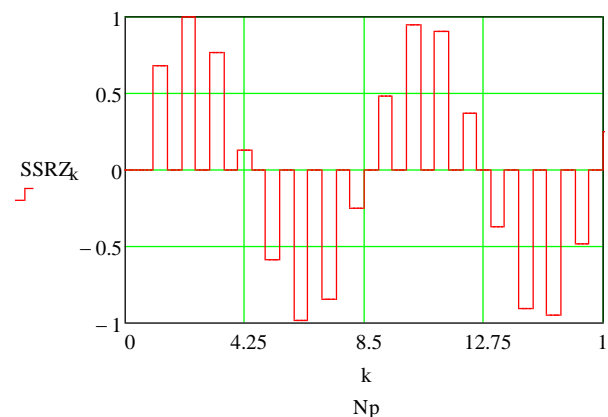
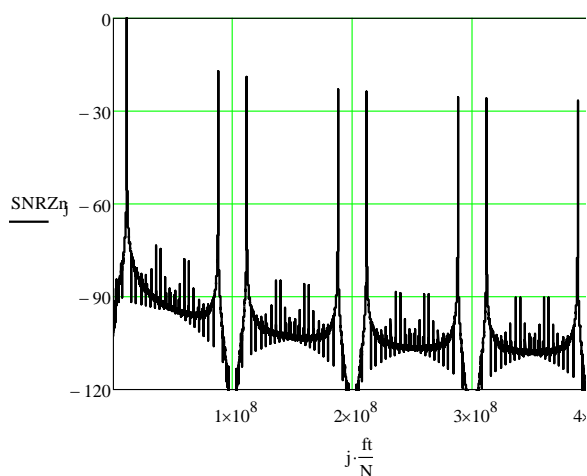


Рис.2 – Выходной сигнал ЦВС с ЦАП в режиме работы RZ

Осциллограмма сигнала для режима работы RZ, приведенная на рисунке 2, во время второго полупериода тактовой частоты возвращается к нулю, что подтверждает его теоретическое описание.

Проанализируем выходной спектр ЦВС с ЦАП в режимах работы NRZ и RZ – рис.3, рис. 4.



ис.3 – Спектр выходного сигнала ЦВС с ЦАП в режиме работы NRZ

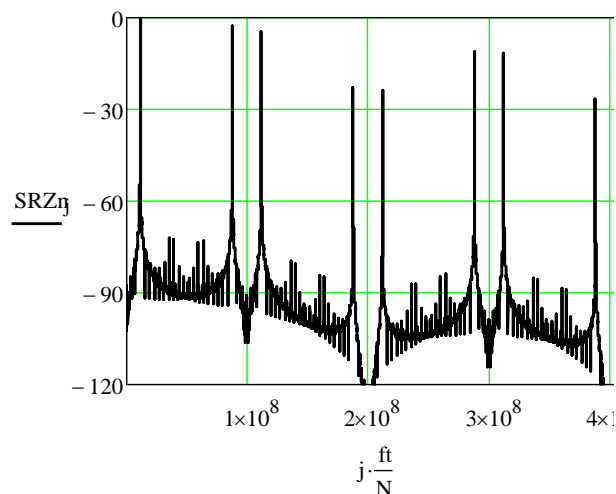


Рис.4 – Спектр выходного сигнала ЦВС с ЦАП в режиме работы RZ

Как видно, в спектре уменьшаются уровни второго отрицательного и второго положительного образов на 3 дБ, а уровни первого положительного и первого отрицательного, а также третьего положительного и третьего отрицательного – возрастают на 12-15 дБ по сравнению с режимом работы NRZ и становятся почти равными уровням основной частоты. Это позволяет использовать эти образы для формирования сигнала с такой же амплитудой, но с частотой, большей основной на порядок и более. Кроме того, выигрыш по уровню фазового шума должен составить примерно 12- 15 дБ.

Таким образом, разработанная математическая модель выходного сигнала ЦВС с ЦАП в режиме работы RZ подтвердила теоретические данные, опубликованные в описании микросхемы быстродействующего ЦАП AD9739 [9]. Она позволяет проводить исследования выходного сигнала ЦВС, построенного на основе быстродействующего ЦАП в режиме работы RZ, для любых соотношений синтезируемой частоты и тактовой частоты ЦВС.

Литература

1. Romashov V.V., Khramov K.K., Doktorov A.N. "The Use of Images of DDS Fundamental Frequency for High-Frequency Signals Formation," 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology Conference Proceedings. 2014, pp. 310-311.
2. Romashov V.V., Romashova L.V., Khramov K.K., Yakimenko K.A. "The Use of Images of DDS in the Hybrid Frequency Synthesizers," 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology Conference Proceedings. 2014, pp. 302-303.
3. Ромашов В.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Частотное планирование формирователей сигналов радиосистем на основе цифровых вычислительных синтезаторов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2012, № 4. С. 10-15.
4. Под ред. Уолта Кестера. Аналого-цифровое преобразование. Москва: Техносфера, 2007. – 1016 с.
5. High-SpeedDACs [Электронный ресурс]: сайт компании MaximIntegrated, 2017. URL: <https://para.maximintegrated.com/en/results.mvp?fam=hsdacs&tree=master>
6. High Speed DAC [Электронный ресурс]: сайт компании Analog Devices, Inc., 2017. URL: <http://www.analog.com/en/products/digital-to-analog-converters/high-speed-da-converters.html>
7. Kuckreja Ajay, OstremGeir, "High-Speed DACs ease transmitter designs," Microwave & RF, August 2010.

8. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Модель спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов на образцах основной частоты // Радиопромышленность. 2012. № 2. С. 38-48.

9. Цифро-аналоговый преобразователь AD9739 – сайт компании Analog Devices <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad9739.pdf>