

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЯМЫХ ЦИФРОВЫХ СИНТЕЗАТОРОВ

Карпович П.И., Малевич И.Ю.

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Малевич И.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь

E-mail: kafrts1@bsuir.by

Аннотация — Рассмотрены основные причины ухудшения спектральных характеристики синтезаторов на базе DDS.

1. Введение

В настоящее время микросхемы прямых цифровых синтезаторов (DDS) широко используются в современной технике. Возможность быстрой перестройки рабочей частоты без разрыва фазы в диапазоне от единиц герц до сотен мегагерц увеличивает привлекательность использования синтезаторов на базе DDS в системах с когерентной обработкой, в системах с расширением спектра — системах с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты, системах использующих метод прямой последовательности.

Чистота выходного спектра — одна из важнейших характеристик не только синтезаторов, но и любого радиотехнического устройства. В силу того, что зачастую в спектре DDS паразитные гармоники могут находиться на отстройке всего в несколько килогерц и менее, подавить их в последующей части тракта весьма проблематично. Однако путем изменения параметров работы DDS можно повлиять на «чистоту» выходного спектра DDS.

2. Основная часть

Качество выходного сигнала в DDS сильно зависит от качества тактирующего сигнала. Так как тактирующий сигнал фактически испытывает деление частоты, фазовый шум выходного сигнала меньше, чем фазовый шум сигнала тактирования на величину $20 \log F_{clk}/F_{out}$ дБ, однако стоит иметь в виду, что это отношение ограничено остаточными фазовыми шумами.

Наличие в микросхеме DDS квадратурного модулятора дает возможность генерировать уже модулированный сигнал на промежуточной частоте. Очевидно, что при увеличении частоты дискретизации уменьшается ошибка квантования, что влечет за собой уменьшение фазовых шумов и приводит к улучшению спектральных характеристик выходного сигнала.

Практически все современные DDS имеют встроенную систему ФАПЧ что позволяет умножить более низкую входную частоту тактирования. Однако использование умножения тактовой частоты не всегда желательно, так как при этом фазовый шум тактового сигнала увеличивается во столько же раз, во сколько раз умножается частота, что негативно отражается на выходном сигнале DDS.

Квантование по фазе и амплитуде так же порождает нежелательные спектральные составляющие. Для экономии памяти не вся разрядность фазового аккумулятора используется как адрес для ПЗУ, часть младших битов попросту отбрасывается. Нижеприведенное выражение позволяет оценить динамический диапазон свободный от паразитных гармоник

$$SFDR = 6,02P - 3,92 \text{ дБ},$$

где P — разрядность фазового аккумулятора после усечения.

Очевидно, что уровень шумов, связанный с квантованием по амплитуде, связан с разрядностью ПЗУ, в котором записаны отсчеты несущей и определяется формулой

$$SNR = -6,02M - 1,79 \text{ дБ},$$

где M — разрядность ПЗУ.

Таким образом, чтобы «спрятать» паразитные гармоники под шумами квантования ПЗУ, необходимо выбрать разрядность фазового аккумулятора после усечения

$$P \geq M + 1.$$

Увеличить параметр SFDR можно, выбрав правильное приращение частоты фазового аккумулятора — ΔACC . Период времени, с которым вычитывается каждая ячейка памяти можно определить по формуле

$$T = \frac{2^N}{\text{НОД}(2^N, \Delta ACC)},$$

где N — разрядность фазового аккумулятора до усечения.

При максимальном T паразитные гармонические составляющие «размазываются» по всей полосе частот, таким образом, случай, когда $T = 1$ является наилучшим. Так же «размазать» мощность побочных гармонических составляющих позволяет внесение в фазовый аккумулятор генератора псевдослучайной последовательности с достаточно большим периодом, разрядность генератора, B , обычно выбирается из условия

$$B = N - P.$$

Ограничение шума (*noise-shaping*) позволяет ограничить уровень шума в непосредственной близости от несущей, суть данного метода в ведении цепи обратной связи в цепь с фильтром фазового аккумулятора.

3. Заключение

В работе проведен сравнительный анализ методов улучшения спектральных характеристик синтезаторов основанных на технологии DDS.

4. Список литературы

- [1] A Technical Tutorial on Digital Signal Synthesis / Analog Devices. — http://www.analog.com/static/imported-files/application_notes/342944199941808540227AN237.pdf. — 01.02.2013.

THE RESEARCH OF DDS SPECTRAL CHARACTERISTICS

Karpovich P.I., Malevich I.Y.

Scientific adviser: Malevich I.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Belarus

Abstract — The main causes of a deterioration of the spectral characteristics are considered.