

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ

Плетнев Павел Анатольевич

студент, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, РФ, г. Новосибирск

Шушнов Максим Сергеевич

научный руководитель, доцент, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, РФ, г. Новосибирск

Введение

Синтезатор частот – это устройство, которое преобразует одну или несколько частот, в выходной сигнал, который может быть, как одной волной, так и представлять сетку частот. Именно преобразование одного сигнала в множество является ключевой задачей синтезатора частот.

Данные преобразования возможны благодаря различным операциям с сигналами основанные на нелинейных элементах. Под нелинейными преобразованиями спектра сигнала понимается преобразование, при котором спектр входного сигнала будет нелинейно связан с сигналом на выходе устройства преобразования.



Рисунок 1. Классификация синтезаторов частот

Синтезаторы подразделяются на две подгруппы. Критерием разделения является методов синтеза: прямом и косвенном. Прямой и косвенные методы можно реализовать с помощью

аналоговых и цифровых методов.

Аналоговые синтезаторы реализуются путём смещения отдельных базовых частот с их последующей фильтрацией. Базовые частоты могут быть получены на основе низкочастотных или высокочастотных генераторов посредством умножения, деления или фазовой автоподстройки частоты.

Цифровой синтезатор используют цифровую обработку для получения требуемой формы выходного сигнала из базового сигнала, путем инкрементирования фазы выходного сигнала

на значение $\Delta\varphi$ до требуемого значения.

Косвенный метод

Косвенный синтез подразумевает генерацию сигнала непосредственно в СВЧ диапазоне с помощью дополнительного генератора, частота которого определяется частотой тактового входного сигнала с помощью фазовой автоподстройки (ФАПЧ).

Фазовая автоподстройка частоты это система автоматического управление фазой генератора так, чтобы она была равна фазе опорного сигнала либо отличалась на определенное значение. Регулировка осуществляется благодаря наличию отрицательной обратной связи. Выходной сигнал управляемого генератора сравнивается на фазовом детекторе (ФД) с опорным сигналом, результат сравнения используется для подстройки управляемого генератора.

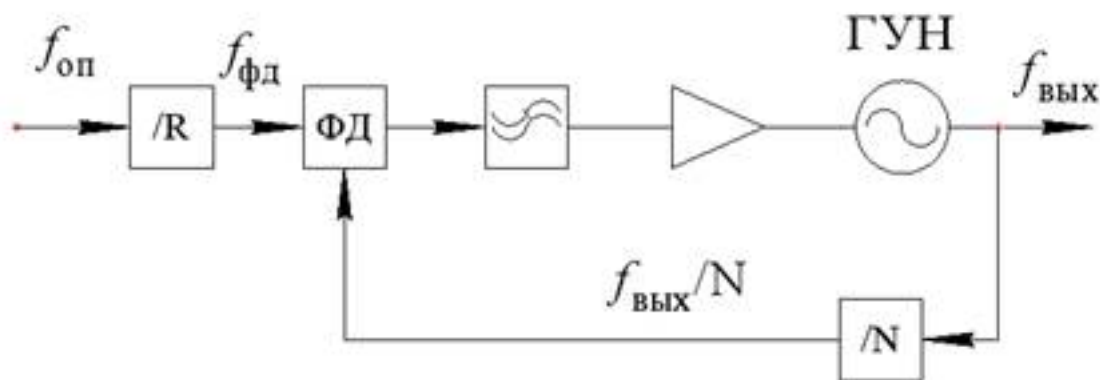


Рисунок 2. Синтезатор на основе ФАПЧ

ФД имеет второй вход, на который подается частота опорного сигнала, прошедшая через

деление на коэффициент N , и теперь соответствует Δf частотному шагу.

ФД сравнивает значения пришедшие на оба входа и формирует сигнал-ошибки, который проходит через фильтр нижних частот (ФНЧ), затем через усилитель попадает на генератор управляемый напряжением (ГУН), который создает $f_{\text{вых}}$, в свою очередь $f_{\text{вых}}$ кратна Δf .

$$f_{\text{вых}} = N * \Delta f$$

Ключевым плюсом данной системы является низкий уровень побочных спектральных составляющих, обусловленные наличием ФНЧ, и простота схемы. Главным же минусом является высокий уровень фазовых шумов и низкая скорость перестройки.

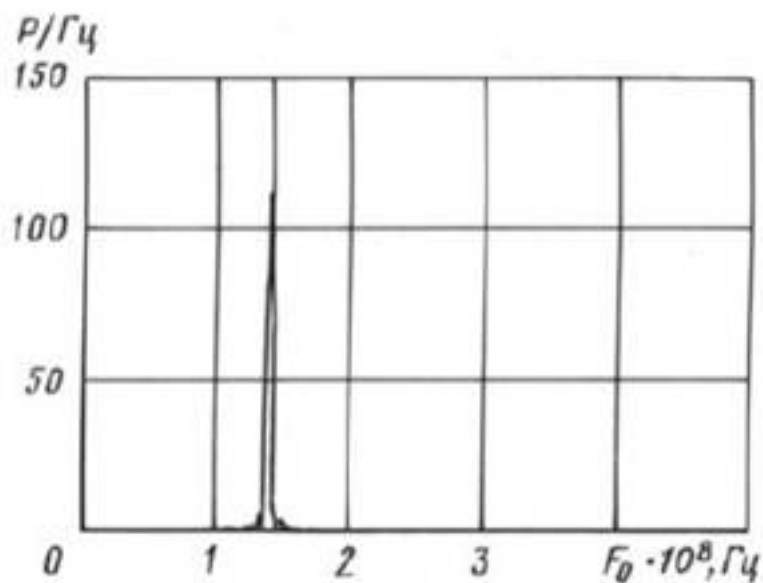


Рисунок 3. Пример выходного спектра синтезатора частот косвенного синтеза

Прямой метод

Прямой метод основан на преобразовании частот, производимых генератором. Так прямой аналоговый синтезатор может суммировать частоты, с последующей фильтрацией, для получения выходной гармоники. Цифровой синтезатор, называемый фазовым аккумулятором, работает иначе. Данное устройство состоит из фазового аккумулятора, формирующего число, соответствующее фазовому углу выходного колебания, преобразователь фазы в цифровой код, формирующий мгновенное значение цифрового кода амплитуды, соответствующее фазовому углу; цифро-аналоговый преобразователь, который преобразовывает этот цифровой код в соответствующий дискретный уровень аналогового сигнала

Разберем подробнее процесс его работы. Тактовый сигнал, поступает на фазовый регистр, а на другой вход приходит значения заданного приращения фазы (настройка прибора), Регистр изменяет фазу сигнала, данный процесс повторяется столько раз какова длина регистра. Каждый такой такт, заполняет регистр, создавая таблицу значений фаз. Данная таблица поступает преобразуется в выходную кодовую последовательность, которая отражает мгновенный уровень синусоидального сигнала.

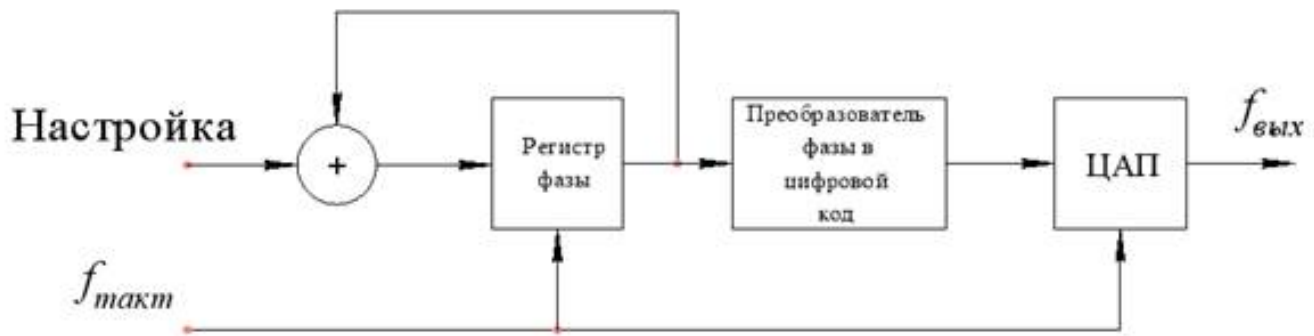


Рисунок 4. Функциональная схема цифрового синтезатора частот

Далее код поступает на ЦАП, преобразующий код в соответствующий уровень аналогового сигнала. На выходе ЦАП, получается сигнал вида после квантования (рисунок 5).

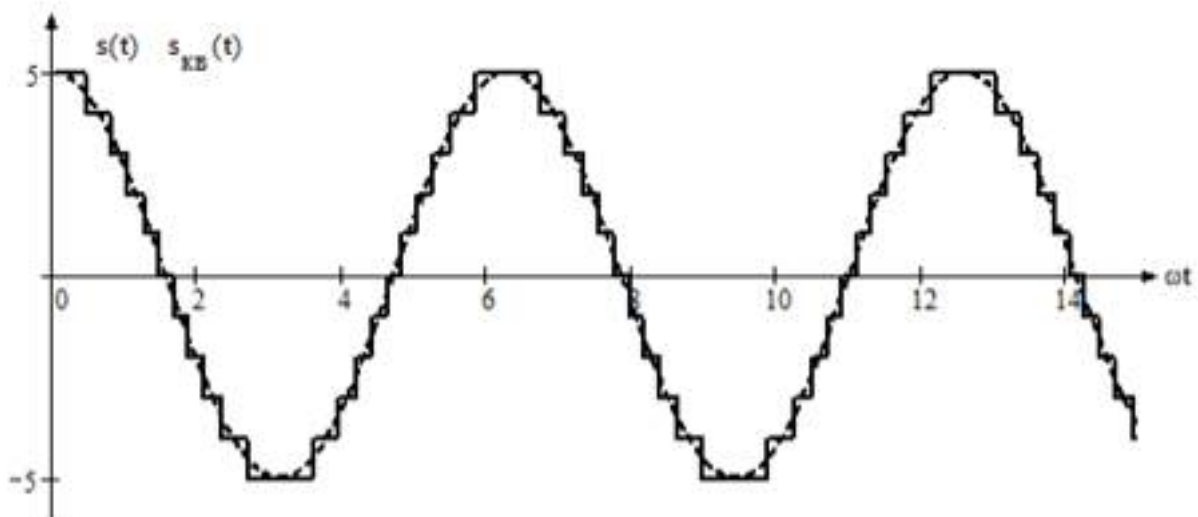


Рисунок 5. Форма цифрового сигнала

Главное преимущество такой схемы это высокая разрешение по частоте, вплоть до мГц. Скорость работы высока, но зависит от длины регистра, с уменьшением разрядности которого точность устройства уменьшается. К недостаткам можно отнести искажение сигнала и ограниченная полоса частот.

Выводы

В первую очередь отдавая предпочтение одной из схем следует понимать, какие у вас требования к устройству, и способны ли вы как-либо нивелировать их недостатки и целесообразно ли это. Финальный продукт может быть не соответствовать габаритам или быть слишком дорогим.

Самым популярным же видом схемы синтезаторов, является **косвенный синтез с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ)**. Этот метод широко используется по нескольким

причинам:

1. **Высокая точность и стабильность:** ФАПЧ обеспечивает высокую точность и стабильность генерируемых частот, что особенно важно в радиосвязи и других приложениях, требующих точного контроля частоты.
2. **Гибкость:** Схемы ФАПЧ позволяют легко изменять частоту выходного сигнала, что делает их универсальными для различных применений.
3. **Низкий уровень шума:** ФАПЧ-синтезаторы обычно имеют низкий уровень фазового шума, что улучшает качество сигнала и снижает вероятность помех.
4. **Простота реализации:** Современные интегральные схемы и микроконтроллеры позволяют легко реализовать ФАПЧ-синтезаторы, что делает их доступными для широкого круга разработчиков и инженеров

Список литература:

1. Ченакин А. В., Горевой А. В. Радиочастотные компоненты: Практическое построение синтезаторов частот СВЧ - диапазона. Москва : Горячая линия - Телеком, 2023. 279 с.
2. А.В. Зайцев, А.А. Быков, Н.М. Трифонов. Синтезатор частот косвенного синтеза [Электронный ресурс] // Cyberleninka / URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/sintezator-chastot-kosvennogo-sinteza/viewer> (Дата обращения: 11.11.2024 г)
3. Кронин Брэндан. Простое и эффективное формирование сигналов при помощи синтезаторов прямого цифрового синтеза частот [Электронный ресурс] // Беспроводные технологии / URL : <https://wireless-e.ru/components/dds/> (Дата обращения: 11.11.2024 г)
4. Воробьев, Д. В. Применение унифицированных электронных модулей при создании генератора гармонических колебаний / Д. В. Воробьев, Н. В. Горячев, Н. К. Юрков. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2014. — № 20 (79). — С. 114-117. — URL: <https://moluch.ru/archive/79/14127/> (дата обращения: 12.11.2024).