

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТЫ В ПЕРЕДАТЧИКАХ МАГИСТРАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Тармола С.А.

Титович Н.А. – к.т.н., доцент

В работе рассматриваются новые разработки интегральных синтезаторов частоты (СЧ) используемые в связанных радиопередатчиках КВ-диапазоне и УКВ-диапазонах. Сравниваются характеристики СЧ с ФАПЧ и СЧ на основе DDS.

Сегодня СЧ является одним из самых ответственных узлов связанных радиостанций. Основные требования к ним: высокая стабильность частоты, отсутствие модуляции выходного сигнала фоном и наводками, высокая чистота спектра, малый уровень собственных шумов. До недавнего времени большинство блоков СЧ радиостанций КВ и УКВ диапазонов, как гражданского, так и специального назначения, строились на основе транзисторов и простейших цифровых интегральных микросхем (ИМС) по схеме с одним или несколькими кольцами ФАПЧ и в конечном исполнении представляли собой отдельный совсем не миниатюрный блок. Бурное развитие мобильных сотовых систем и перемещение их в СВЧ диапазон стимулировало появление в течение последних 10-15 лет целого ряда ИМС, позволяющих реализовать СЧ в одном корпусе. В связи с некоторой инерционностью модернизации давно освоенного диапазона 1 — 500 МГц количество разработок интегральных СЧ для КВ и УКВ радиостанций до недавнего времени было значительно меньше. Однако сегодня у разработчиков новой аппаратуры уже есть выбор и блок СЧ занимает минимальный объем в приемопередатчике, обладая при этом высокой надежностью. Следует отметить, что внедрение в системы связи цифровых форматов, применение псевдослучайной перестройки частоты (ППРЧ) также отразилось на особенностях построения современных интегральных СЧ.

Основной структурой при построении интегральных СЧ благодаря минимальному уровню фазовых шумов в установившемся режиме остается схема с ФАПЧ. Одним из вариантов построения СЧ является, использующая внешний кварцевый генератор опорной частоты (ОГ), микросхема ФАПЧ со встроенными делителями для опорного и формируемого выходного сигнала, а также схемой сравнения в виде частотно-фазового дискриминатора. Сигнал рассогласования формируется выходным каскадом детектором ошибки и подается через внешний ФНЧ (петлевой фильтр) на внешний ГУН. В промышленно выпускаемых микросхемах с ФАПЧ используется цифровой детектор ошибки с выходом по току, где выходной каскад реализован в виде зарядовой помпы (Charge Pump). Подобная схема реализации обладает рядом преимуществ по сравнению с классическим детектором с выходом по напряжению: большая линейность, низкая стоимость [1]. Классическим примером описанного построения СЧ является схема на базе ИМС ADF4001 производства компании Analog Device. Она содержит маломощный цифровой ФД ошибки, два делителя (R и N) и прецизионную схему накачки заряда (Charge Pump). Данная микросхема относится к категории низкочастотных ФАПЧ и предназначена для работы в схемах генераторов 10 - 200 МГц. Делители с программируемыми целочисленными коэффициентами деления ($R = 1 - 16383$ и $N = 1 - 819$) позволяют получить широкий спектр выходных частот. При построении высокостабильных перестраиваемых СЧ вместе с ADF4001 используются внешние ГУН, ОГ и петлевой ФНЧ. Как пример, на рис. 1 приведена принципиальная схема включения ADF4001 при использовании ее для построения СЧ.

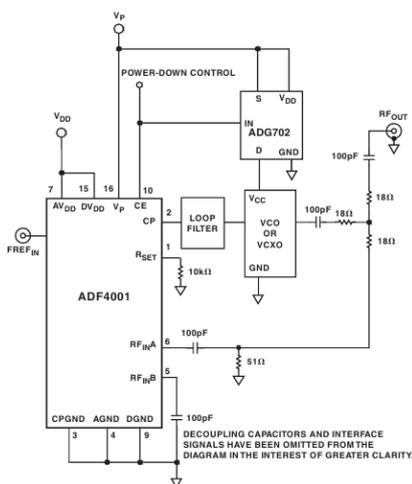


Рис. 1 - Принципиальная схема включения ADF4001 в составе синтезатора частоты

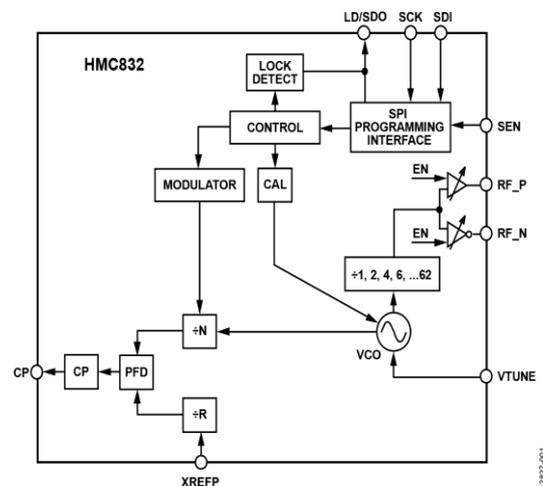


Рис. 2 – Функциональная схема СЧ HMC832

Микросхема ADF4001 удобна при построении СЧ для КВ-диапазона. В радиостанциях с однополосной модуляцией чаще всего используется схема инфрадинного приемника сигналов. В этом случае используется промежуточная частота, превышающая верхнюю частоту диапазона, например, 45 МГц [2]. При этом на ADF4001 строится общий для приемника и передатчика СЧ диапазона 46,6 — 75 МГц. В передатчике используется широкополосный смеситель, выделяющий сигнал рабочего диапазона 1,6 — 30 МГц. Если же в схеме передатчика использовать квадратурный модулятор с модуляцией на рабочей частоте, то применять ADF4001 нельзя, так как ее нижняя рабочая частота составляет 10 МГц. Достаточно широко на отечественном рынке ИМС синтезаторов частоты на основе ФАПЧ представлена также известная компания National Semiconductor [3]. Серии одноканальных микросхем с ФАПЧ LMX2306/16/26, 2310U/1U/2U/3U, 2324, 2346/7 работают в диапазоне от 45 МГц до 2,8 ГГц предназначены для работы в составе портативной аппаратуры, устройствах мобильной связи, приемниках GPS. Как и микросхемы Analog Device, они отличаются простой схмотехникой и используются совместно с внешним ГУН, ОГ и ФНЧ.

Второй вариант построения интегрального СЧ — применение микросхем с ФАПЧ и встроенным ГУН. Одни из первых разработок таких ИМС СЧ компании Analog Device представлены семейством микросхем ADF4360-0.../8. Схема содержит встроенные ГУН, цифровой ФД на основе компаратора и зарядовой помпы, входной делитель с коэффициентом деления R (1 — 16383) и петлевой делитель также с целочисленным коэффициентом деления с параметрами: P — 8, 16, 32 и 64; A от 0 до 31; B от 3 до 8191. Но ADF4360 работает в диапазоне от 45 МГц, что не позволяет перекрыть нижнюю часть УКВ диапазона, и при этом требует подключения внешнего ОГ с максимальной частотой 250 МГц. Поэтому, более удобной для разработок СЧ в диапазоне 1-500 МГц является микросхема HMC832, предназначенная для работы в диапазоне 25 — 3000 МГц, функциональная схема которой, изображенной на рис. 2. ИМС HMC832 позволяет реализовать СЧ во всем УКВ диапазоне, а также в КВ радиостанциях с приемником инфрадинного типа. При этом модуляцию в КВ диапазоне можно вести и на рабочей частоте.

Значительный прогресс в развитии микропроцессорных устройств обусловил скачок в развитии СЧ на основе прямого цифрового синтеза DDS. Это привело к тому, что DDS стали встраиваться в микросхемы СЧ. Недостатки СЧ с ФАПЧ: инерционность системы, и СЧ с DDS — превышение в ряде случаев допустимого уровня шумов, можно устранить в перспективных разработках. Схема одной из них представлена на рис.3 [4].

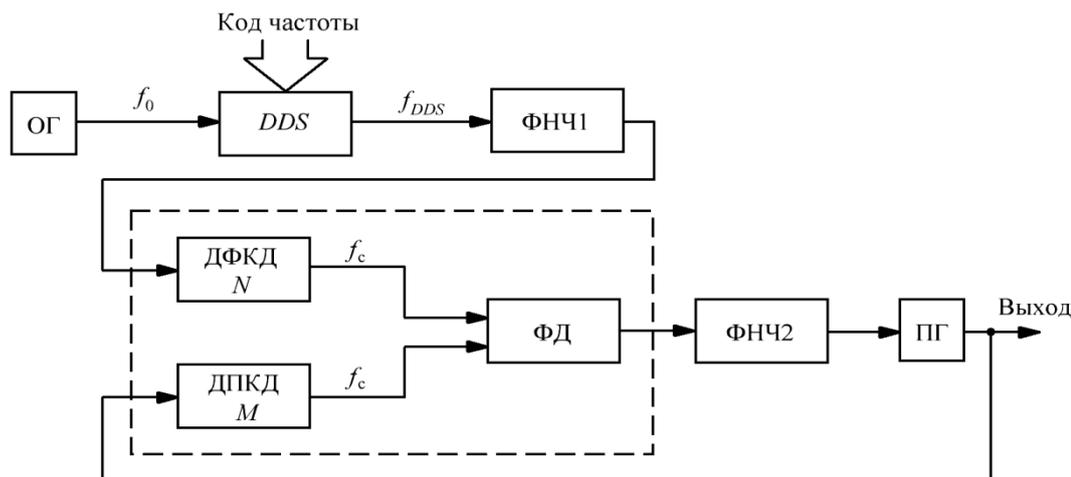


Рис.3. Гибридная схема синтезатора с ФАПЧ и DDS в качестве ОГ.

В гибридном синтезаторе вместо опорной частоты для ФАПЧ СЧ используется выходная частота DDS. Несмотря на то, что DDS имеет фазовые шумы на уровне ОГ, а уровень побочных компонентов после фильтрации не хуже, чем у качественного ОГ, петля ФАПЧ действует на выходной сигнал как полосовой фильтр первого порядка. Половина ширины пропускания этого фильтра равна полосе пропускания ФНЧ петли. ФНЧ2 ФАПЧ действует как перестраиваемый полосовой фильтр, центральная частота которого всегда равна выходной частоте, несмотря на то, что реализован он в виде неперестраиваемого ФНЧ. В результате, все побочные составляющие, лежащие вне полосы пропускания этого фильтра, будут ослаблены.

Список использованных источников:

1. Михалев П. Микросхемы ФАПЧ и синтезаторы на их основе производства компании Analog Device./ Компоненты и технология. — 2006. -№4.
2. Ред Э. Справочное пособие по высокочастотной схмотехнике. - М.: Мир, 1990. - 256 с.
3. Штрапенин Г. Интегральные радиочастотные синтезаторы частоты с ФАПЧ National Semiconductor./ Компоненты и технология. — 2006. -№1.
4. Ридико Л.И. DDS: прямой цифровой синтез частоты // Компоненты и технологии. - 2001. № 7-8.