

Фазово-цифровой синтезатор

Бауэр О. И.¹, Слободенюк А. С.²

¹Бауэр Олег Игоревич / Bauer Oleg Igorewich - студент магистратуры;

²Слободенюк Александр Степанович / Slobodenyuk Aleksandr Stepanowich - студент магистратуры, бакалавр техники и технологии (2014 г),

Омский государственный технический университет, г. Омск

Аннотация: в данной работе показано, что не все возможности однопетлевой структуры ФАПЧ для частотного синтеза исчерпаны. Вариант структуры, здесь описанный, позволит достичь превосходной спектральной чистота сигнала, высокого быстродействия и разрешающей способности, низкого потребления энергии и стоимости.

Ключевые слова: новый подход к синтезу частот позволяет достичь превосходной спектральной чистоты.

Наиболее важные характеристики синтезатора частот - быстрая (маневренная) перестройка частоты, спектральная чистота и разрешающая способность по частоте его сигнала. Важно, чтобы они были достаточно высокого уровня, что необходимо для достижения высококачественной дистанционной передачи данных (дистанционной связи) и незаменимо в измерительной аппаратуре. Нет необходимости анализировать все возможные варианты конструкций синтезатора, т.к. в [1-3] дается их детальное описание. Вкратце, в большинстве случаев – это цифровые синтезаторы с прямым синтезом частот (DDS-синтезаторы) и синтезаторы частоты на основе системы ФАПЧ (PLL-синтезаторы), а также различные вариации таких структур.

Общеизвестно, что цифровые синтезаторы с прямым синтезом частот, обладающие высокой разрешающей способностью и возможностью быстрого переключения, не обеспечивают достаточно хорошую спектральную чистоту на высоких частотах выходного сигнала из-за ложных (паразитных) сигналов, и не могут использоваться непосредственно в измерительной аппаратуре и для дистанционной передачи данных. Как правило, они используются в качестве частей в сложных системах синтезаторов, которые включают дополнительные средства для передачи НЧ и узкополосных выходных сигналов цифрового синтезатора с прямым синтезом частот на ВЧ и широкополосный выход синтезатора. В общем, такими средствами выступают синтезаторы частоты на основе ФАПЧ с целочисленным коэффициентом деления N с достаточно высокой опорной частотой, а, следовательно, с хорошей спектральной чистотой и быстрой (маневренной) перестройкой частоты, но с большой длиной шага.

Поэтому, для того, чтобы одновременно обеспечить высокую спектральную чистоту и высокое разрешение по частоте, а также быструю (маневренную) перестройку частоты, они прибегают к использованию многопетлевых (многоконтурных) систем, которые являются громоздкими, дорогими, с высокой потребляемой мощностью.

При этом будут рассматриваться только различные варианты однопетлевых (одноконтурных) синтезаторов, т.к. они больше всего приближены к структуре цифрового синтезатора частот с фазовой синхронизацией.

Однопетлевой (одноконтурный) PLL-синтезатор с делителем с переменным коэффициентом деления [4-5] представляет собой самую простую структуру из-за его общеизвестных недостатков и используется сам по себе только в системах, где нет необходимости в одновременном получении высокого разрешения по частоте, высокой спектральной чистоты и быстрой (маневренной) перестройки частоты, или может использоваться в многопетлевых (многоконтурных) системах, о чем уже упоминалось выше.

Наиболее значимое усовершенствование однопетлевого (одноконтурного) синтезатора раскрывает Дж. Н. Уэллс [6]. Эта структура, названная Frac-N-DSM – структура с дробным делителем, в котором для компенсации дробных компонентов автор использует идею дельта-сигма-модуляции (DSM), известную намного раньше, в 1960-х годах, используемую в ЦАП и АЦП.

Микросхемы, исходя из данной идеи, разрабатываются и производятся ADI [7], Skyworks Solutions, Inc. [8], Hittite Microwave Corp. [9] и многими другими фирмами. Они имеют низкую потребляемую мощность и низкую стоимость, однако при этом обладают низкой спектральной чистотой (из-за ложных сигналов). Уровень маневренной перестройки частоты у них также низкий, т.к. ширина полосы пропускания системы ФАПЧ должна быть достаточно узкой (как правило, несколько десятков кГц), что необходимо для подавления шума квантования, обусловленного дельта-сигма-модуляцией, которая круто увеличивается при возрастании смещения несущей частоты. Наиболее значимых результатов в усовершенствовании Fractional-N-DSM метода (=метод дробного деления на N и дельта-сигма-модуляции) достигли разработчики Hittite Microwave Corp., повысив частоту сравнения свыше 100МГц и увеличив ширину полосы пропускания системы ФАПЧ до нескольких сотен кГц. Исследования по дальнейшему увеличению ширины полосы пропускания системы ФАПЧ с целью повышения

маневренной перестройки частоты при сохранении достаточно хорошей спектральной чистоты продолжаются.

Цель данной работы – показать, что не все возможности в развитии однопетлевых (одноконтурных) синтезаторов исчерпаны и что существуют такие варианты, которые могут одновременно сочетать в себе преимущества всех существующих типов синтезаторов, существующих сегодня на мировом рынке. Т.е. это быстрая (маневренная) перестройка цифровых синтезаторов с прямым синтезом частот, низкая стоимость и низкая потребляемая мощность Frac-N-DSM синтезатора (синтезатора, основанного на методе дробного деления на N и дельта-сигма-модуляции; синтезатор частоты с дробным коэффициентом деления N и возможностью прямой модуляции сигнала) и высокая спектральная чистота многопетлевой (многоконтурной) системы.

Литература

1. Кроуна В., Теория частотного синтеза, Нью-Джерси, 1973.
2. Манасевич В., синтезаторы частот, Теория и проектирование, третье издание, Джон Уайли энд санз Инк. Хобокен, Нью-Джерси, 1987.
3. Ченакин А., синтезаторы частот: концепция продукта, дом Артек, Бостон/Лондон, 2010.
4. Йонг С. Стабилизированный осциллятор, генератор, патент США № 2,490,500, Кл. 331-25, 06.12.1949.
5. Вудворд Д. Переменной частоты генератора колебаний, патент США № 2,490,499, Кл. 331-26, 06.12.1949.
6. Джон Уэллс. Синтезатор частоты, Пат. #4,609,881 Кл. ОЗЛ 7/00, 02.09.1986, Дата: 17 мая 1983, [ГБ] 8313617.
7. Analog Devicс [Электронный ресурс]: URL: http://www.analog.com/en/rfif-components/pll-synthesizersvcos/products/index.html#Fractional-N_PLLs (дата обращения 5.02. 2016).
8. Skyworks [Электронный ресурс]: URL: http://www.skyworksinc.com/Products_PLLs_Synthesizers_VCOs.aspx (дата обращения 2.02. 2016).
9. Hittite Microwave Corp [Электронный ресурс]: URL: <http://www.hittite.com/products/index.html/category/295>. (дата обращения 5.02. 2016).
10. Виталий Козлов. Цифровой Частотный синтезатор с ФАПЧ, патент США № 5,748,043, 05.05.1998.