

Управление сдвигом фазы в ФАПЧ-синтезаторе

Альберто Баньяско

Правильный подход может компенсировать отдельные неявные погрешности фазовых детекторов ФАПЧ, которые ухудшают технические характеристики систем.

Во многих радиочастотных системах, особенно имеющих отношение к области телекоммуникаций, требуются опорные сигналы с точной и стабильной частотой. Для этой цели несколько производителей поставляют однокристальные схемы ФАПЧ со стандартной архитектурой (рис. 1).

В схемах ФАПЧ с подкачкой заряда выходом фазового детектора является токовый импульс фиксированной амплитуды, длительность которого определяется разностью фаз обоих входных сигналов. После начального переходного процесса оба сигнала оказываются одинаковой частоты f_{COMPARE} и в идеале фазовый детектор на выходе не производит и не потребляет ток, а действует как бесконечно большой импеданс.

Несмотря на то, что под влиянием рынка телекоммуникаций происходит непрерывное улучшение этих радиокомпонентов, характеристики каждого элемента в принципе неидеальны. Если требуется высокая производительность, особенно в условиях фазовых помех, а также для обеспечения стабильности, необходимо применять контрмеры, ограничивающие нежелательные эффекты, обусловленные неидеальностью характеристик. Среди таких эффектов наиболее известны дрожание, блуждание и дрейф фазы,

причем два первых имеют нулевое среднее. Если сигнал представить в форме:

$$s(t) = \sin[\omega \times t + \varphi(t)], \quad (1)$$

то указанные выше эффекты можно охарактеризовать следующим образом:

$$\begin{cases} \int_0^{\infty} \varphi(t) \times dt = 0 & \text{дрожание или мерцание} \\ \int_0^{\infty} \varphi(t) \times dt \neq 0 & \text{дрейф.} \end{cases} \quad (2)$$

В настоящей статье рассматриваются вопросы фазового дрейфа. Поскольку частота является производной фазы по времени, то быструю изменчивость фазы вследствие нестабильности можно проследить с помощью спектроанализатора. Для достижения лучшего разрешения по фазе нужно изменить схему фильтра ФАПЧ.

ИЗМЕРЕНИЕ ДРЕЙФА ФАЗЫ

Дрейф фазы существенно зависит от температуры, поэтому скорость изменения дрейфовой составляющей фазы обычно мала и вносит умеренную погрешность в частоту. Отметим также, что

поворот фазы на входе f_{IN} приводит к соответствующему повороту фазы на выходе f_{OUT} . Это легко понять, если учесть, что фазовый детектор непрерывно компенсирует разность фаз сигналов f_{IN}/R и f_{OUT}/N .

Надежные и точные измерения можно выполнить по схеме на рис. 2. Методика вращения фазы основана на измерении задержки между моментами перехода обоих сигналов через нуль.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ДРЕЙФА ФАЗЫ

Изменения фазы выходного сигнала определяют следующие основные факторы: различие в задержках основного и опорного делителей частоты (масштабирующих усилителей), утечка тока подкачки заряда, импеданс управляющего входа ГУН, аналоговая задержка выходного усилителя ГУН, а также задержка распространения в цепях печатной платы [2]. Перечисленные параметры приводят к статическому сдвигу фазы, который, как правило, незначителен. Однако если он достаточно велик, то это может привести к нестабильности системы; в некоторых устройствах к нестабильности могут приводить даже малые сдвиги. Отдельные параметры чувствительны к температуре, из-за чего вариации температуры могут вызвать изменение статического сдвига фазы, который непосредственно связан с фазовым сдвигом, рассматриваемым в настоящей работе.

Важную роль играет и импеданс управляющего входа ГУН. Напомним, каким образом ФАПЧ генерирует выходной сигнал ГУН. Фазовый детектор выработывает токовые импульсы I_M , среднее значение которых за период частоты f_{REF} равно:

$$I_M = I_0 \times \Delta t_{\text{REF}} \times f_{\text{REF}} \quad (3)$$

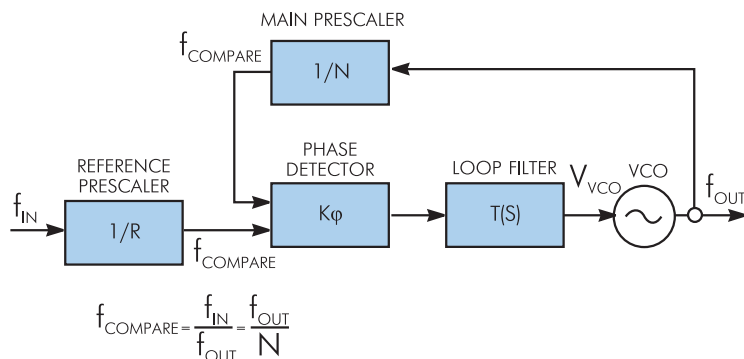


Рис. 1. Структура ФАПЧ