

ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗАТОР С КВАДРАТУРНЫМИ ВЫХОДАМИ

Рябов И.В.

Марийский Государственный Технический Университет
424000, Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, ryabov22@mail.ru

Введение

Синтезом частот называют процесс формирования одного или нескольких стабильных по частоте периодических колебаний с заданными номинальными значениями частоты. Эти колебания синтезируются из одного или нескольких опорных (исходных) колебаний путем различных преобразований. Источник опорного колебания именуют опорным генератором (ОГ), а его частоту - опорной частотой.

Технические устройства, которые осуществляют синтез частот, называют системами синтеза частот (ССЧ). Синтезатор частот - это ССЧ, конструктивно оформленная в виде функционально законченного устройства (блока, узла, платы, модуля, микросхемы). Если в ССЧ используется несколько опорных частот, ее считают многоопорной. Если все выходные частоты синтезированы из одного исходного колебания, то ССЧ - одноопорная. В таких синтезаторах точность и стабильность выходных частот определяются опорным генератором [1].

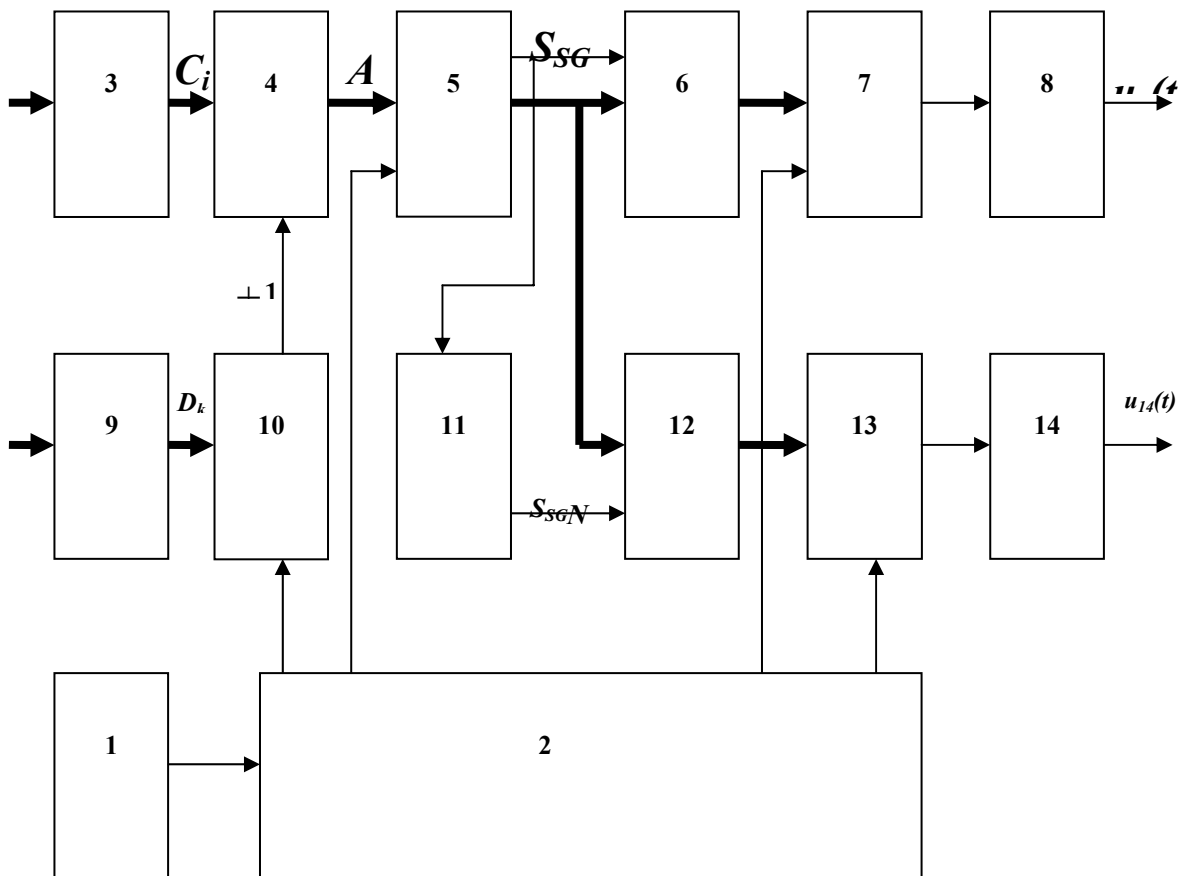


Рис. 1. Цифровой вычислительный синтезатор с квадратурными выходами

Синтезаторы частот применяются в радиоприемных устройствах для изменения частоты настройки, для обеспечения бесподстроечной связи, для отслеживания скачков частоты передатчика в радиолиниях с программной перестройкой рабочей частоты, для компенсации доплеровского сдвига частоты при связи с подвижными объектами, в цифровых системах фазовой автоподстройки частоты, а в радиопередатчиках – в качестве возбудителя (модулятора).

Основными техническими характеристиками синтезаторов являются:

- 1) стабильность частоты выходного сигнала;
- 2) диапазон рабочих частот;
- 3) шаг перестройки частоты выходного сигнала;
- 4) уровень побочных дискретных составляющих;
- 5) уровень фазовых шумов;
- 6) время переключения с одной частоты на другую;

- 7) масс-габаритные характеристики;
- 8) потребляемая мощность;
- 9) стоимость синтезатора.

В настоящей работе рассматривается новая структура ЦВС, предназначенная для работы в составе радиокомплекса для зондирования КВ каналов связи.

Цель работы: создание цифрового вычислительного синтезатора, формирующего частотно-модулированные радиосигналы с квадратурными выходами.

1. Структурная схема цифрового вычислительного синтезатора

Цифровой вычислительный синтезатор (рис. 1) содержит эталонный (опорный) генератор 1, блок задержки 2, первый регистр памяти 3, первый цифровой накопитель 4, второй цифровой накопитель 5, первый преобразователь кодов 6, первый цифроаналоговый преобразователь 7, первый фильтр нижних частот 8, второй регистр памяти 9, делитель с переменным коэффициентом деления 10, инвертор 11, второй преобразователь кодов 12, второй цифроаналоговый преобразователь 13, второй фильтр нижних частот 14.

Цифровой вычислительный синтезатор работает следующим образом.

На вход первого регистра памяти 3 поступает код начальной частоты C_i , а на вход второго регистра памяти 9 – код D_k , определяющий коэффициент деления делителя 10 и скорость изменения частоты цифрового вычислительного синтезатора.

Эталонный генератор 1 выдает сигнал опорной частоты синусоидальной формы, который поступает на вход блока задержки 2, формирующий разнесенные во времени последовательности прямоугольных импульсов формы «меандр», которые поступают на вход делителя с переменным коэффициентом деления 10, входы первого и второго цифровых накопителей 4 и 5, входы первого и второго цифроаналоговых преобразователей 7 и 13, и служат для синхронизации работы цифрового вычислительного синтезатора.

С первым тактовым импульсом в момент t_1 (фиг. 2) код начальной частоты C_i из первого регистра памяти 3 записывается в первый цифровой накопитель 4, а код коэффициента деления D_k из второго регистра памяти 9 записывается в делитель с переменным коэффициентом деления 10.

Затем с каждым тактовым импульсом код A на выходе первого цифрового накопителя 4 будет изменяться следующим образом:

$$A = C_i + T / D_k. \quad (1)$$

Этот код A поступает на вход второго цифрового накопителя 5, результат суммирования в котором будет изменяться по формуле:

$$S = A \times T = C_i \times T + T^2 / D_k. \quad (2)$$

Старший разряд кода суммы S_{SGN} является знаковым и поступает на вход управления инверсией первого преобразователя кодов 6 и на вход инвертора 11. С выхода инвертора сигнал S_{SGN} поступает на вход второго преобразователя кодов 12, остальные N старших разрядов (где N – разрядность ЦАП) через первый и второй преобразователи кодов 6 и 12 поступает на информационные входы первого и второго ЦАП 7 и 13 соответственно.

Если $S_{SGN} = 0$, то на первый ЦАП 7 поступает прямой двоичный код суммы, а на второй ЦАП 13 – обратный двоичный код суммы. Если $S_{SGN} = 1$, то первый ЦАП 7 поступает обратный код суммы, а на второй ЦАП 13 – прямой код суммы.

На выходах ЦАП 7 и 13 формируются ступенчатые сигналы «треугольной» формы, сдвинутые по фазе на 180° . Фильтры нижних частот 8 и 14 имеют частоты среза $f_{cp} < f_m/2$, где f_m – тактовая частота. Таким образом, фильтры нижних частот 8 и 14 пропускают только первую гармонику синтезированных сигналов.

Если принять, что $\omega_0 = C_i$ – начальная циклическая частота;

$0.5 \omega' = 1 / D_k$ – скорость изменения циклической частоты;

$\Delta t = T$ – длительность тактового интервала, то тогда на выходах ФНЧ 8 и 14 будут присутствовать ЛЧМ сигналы, амплитуда которых изменяется по формуле:

$$u_8(t) = U_m \sin(\omega_0 t + 0.5 \omega' t^2); \quad (3)$$

$$u_{14}(t) = U_m \sin(\omega_0 t + 0.5 \omega' t^2 + \pi), \quad (4)$$

где U_m – амплитуда сигнала.

Таким образом, в цифровом вычислительном синтезаторе формируются два когерентных квадратурных ЛЧМ сигнала.

Литература

1. Зильберберг Я.Е., Теаро В.И., Ямпурин Н.П. Прямой цифровой синтез частот: Учеб. пособие. Омск: ОмПИ, 1991. 76 с.
2. Формирование прецизионных частот и сигналов: Учеб. пособие /Н.П. Ямпурин, В.В. Болонзев, Е.В. Сафонова, Е.Б. Жалнин. Н. Новгород: ННГТУ, 2003. 187 с.
3. Патент № 2058659 Российской Федерации МКИ H03B 19/00. Цифровой синтезатор частот / Рябов И.В., Фищенко П.А. - Заявл. 23.09.93. Оpubл. 20.04.1996. Бюл. № 11.
4. Патент № 2204197 Российской Федерации МПК H03L 7/18. Цифровой синтезатор частотно-модулированных сигналов / Рябов И.В., Рябов В.И. - Заявл. 06.04.2001 Оpubл. 10.05.2003. Бюл. № 13.

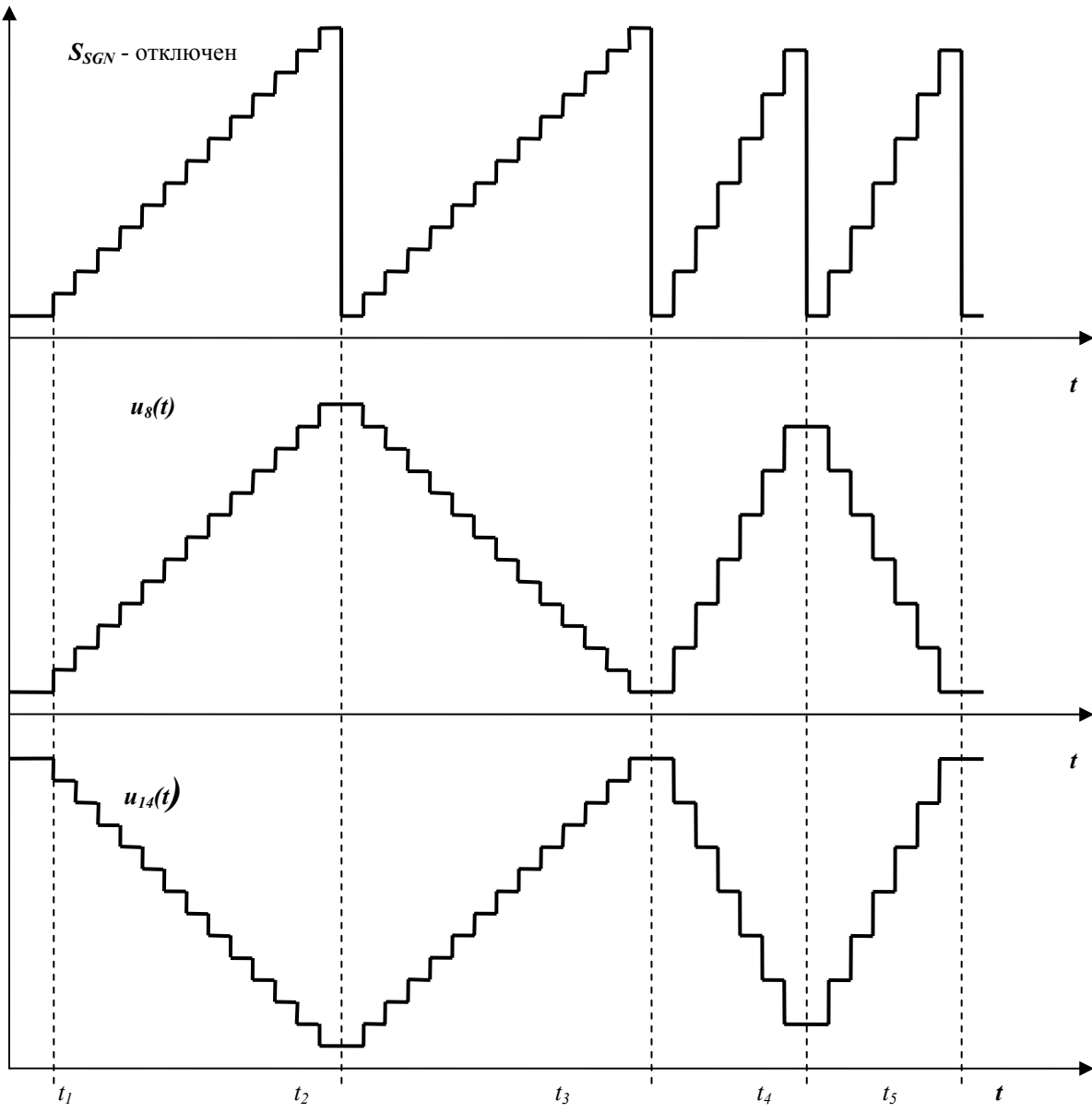


Рис. 2. Графики сигналов, синтезируемые ЦВС

