

## Цифровой синтезатор частот с коммутацией фазовых отсчетов

И.В. Рябов, П.М. Юрьев

Марийский государственный технический университет,  
424000, Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3. E-mail: RyabovIV@marstu.net

*В статье приводится описание новой схемотехнической структуры цифрового синтезатора частот, позволяющего формировать двухчастотные сигналы, и обладающего повышенным быстродействием и расширенными функциональными возможностями.*

*In this paper description of a new schematic structure of the digital frequency synthesizer is presented. This digital frequency synthesizer is permitted of forming two-frequency signals, and it have high-speed and expanded functional capabilities.*

### Введение

Важнейшими тенденциями развития систем связи и радиолокации являются освоение более высоких частот и переход к использованию сложных сигналов для создания новых перспективных радиотехнических систем с повышенной помехоустойчивостью.

Системы синтеза частот (синтезаторы частот) являются основными узлами радиоэлектронных средств (РЭС) и во многом определяют их технические характеристики, поэтому проблема формирования сложных широкополосных сигналов является крайне актуальной. Применение методов цифрового синтеза частот и сигналов позволяет значительно улучшить технические характеристики РЭС: в радиовещании и телевидении – улучшить качество звуковых и телевизионных сигналов; в радиолокации – повысить разрешающую способность по дальности и по скорости; в навигации и радиопеленгации – снизить ошибки определения координат объекта; в радиосвязи – улучшить помехоустойчивость, скрытность и надежность сеанса связи.

Цифровые синтезаторы частот (ЦСЧ) обладают следующими достоинствами: высокой технологичностью, надежностью, устойчивостью к воздействию дестабилизирующих факторов, преимуществом фазы формируемых колебаний при перестройке частоты, возможностью формирования сложных сигналов, хорошей повторяемостью параметров при тиражировании. Однако по быстродействию и чистоте спектра формируемых колебаний цифровые синтезаторы частот уступают аналоговым синтезаторам, и именно эти параметры остаются неудовлетворительными для ряда практических применений [1, 2].

Цель работы заключается в повышении быстродействия и расширении функциональных возможностей цифровых синтезаторов частот.

Для достижения поставленной цели ставились и решались следующие задачи:

- разработка новых алгоритмов работы ЦСЧ, обеспечивающих повышение быстродействия синтезаторов частот;
- разработка новых схемотехнических структур ЦСЧ, позволяющих формировать двухчастотные сигналы и увеличить скорость перестройки частоты.

### 1 Структурная схема цифрового синтезатора частот

Цифровой синтезатор частот с коммутацией фазовых отсчетов предназначен для формирования двухчастотных частотно-модулированных сигналов и может использоваться в радиолокации, навигации, адаптивных системах связи и телевидения

На рис. 1 приведена структурная схема цифрового синтезатора частот с коммутацией фазовых отсчетов.

Цифровой синтезатор частот (рис. 1) содержит эталонный генератор 1, блок задержки 2, первый регистр памяти 3, первый и второй цифровые накопители 4 и 5, мультиплексор 6, цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) 7, фильтр нижних частот (ФНЧ) 8, второй регистр памяти 9, третий и четвертый цифровые накопители 10 и 11, делитель частоты 12 [3].

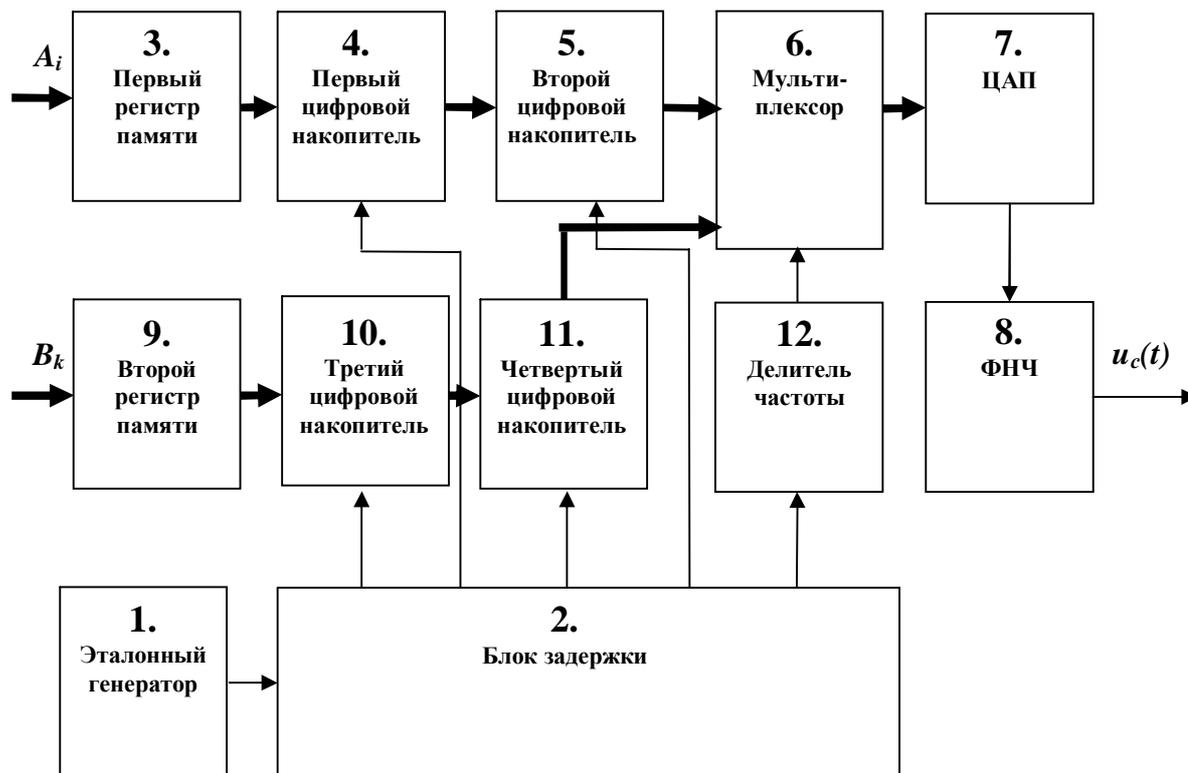


Рис. 1.

## 2 Описание принципа работы цифрового синтезатора частот с коммутацией фазовых отсчетов

Цифровой синтезатор частот с коммутацией фазовых отсчетов работает следующим образом. На вход первого регистра памяти 3 поступает код первой начальной частоты  $A_i$ , а на вход второго регистра памяти 9 – код  $B_k$ , определяющий код второй начальной частоты. 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 тактовые входы первого, второго, третьего и четвертого цифровых накопителей (блоки 4, 5, 10 и 11), тактовый вход цифроаналогового преобразователя 7 и служат для синхронизации работы цифрового синтезатора частот.

На рис.2 представлены графики сигналов на выходе ЦАП цифрового синтезатора частот. В момент  $t_1$  (рис. 2) код первой начальной частоты  $A_i$  из первого регистра памяти 3 записывается в первый цифровой накопитель 4, а код второй начальной частоты  $B_k$  из второго регистра памяти 9 записывается в третий цифровой накопитель 10.

Код  $Sl$  на выходе первого цифрового накопителя 4 будет изменяться следующим образом:

$$Sl = A_i + T, \quad (1)$$

где  $T$  – номер тактового импульса;  $S1$  – код на выходе первого цифрового накопителя.

Затем код  $S1$  поступает на вход второго цифрового накопителя 5, результат суммирования в котором будет изменяться по формуле:

$$S2 = S1 \times T = A_i \times T + T^2, \quad (2)$$

где  $S2$  – код на выходе второго цифрового накопителя.

Код  $B_k$  из второго регистра памяти 9 поступает на вход третьего цифрового накопителя 10, на выходе которого результат суммирования изменяться по формуле:

$$S3 = B_k + T, \quad (3)$$

где  $S3$  – код на выходе третьего цифрового накопителя.

В четвертом цифровом накопителе 11 результат суммирования изменяется по формуле

$$S4 = S3 \times T = B_k \times T + T^2, \quad (4)$$

где  $S4$  – код на выходе четвертого цифрового накопителя.

Выходы второго и четвертого цифровых накопителей подключены к первому и второму входам мультиплексора 6. Длительность формирования сигналов с выходов второго и четвертого цифровых накопителей будет определяться частотой переключения мультиплексора 6, а значит, коэффициентом деления ( $K_d$ ) делителя частоты 12. При коэффициенте деления  $K_d = 2$  с выхода мультиплексора 6 отсчеты кодов суммы  $S2$  и  $S4$  будут поочередно поступать на информационные входы цифроаналогового преобразователя 7.

На выходе ЦАП 7 формируется ступенчатый сигнал «пилообразной» формы, который подается на фильтр нижних частот 8.

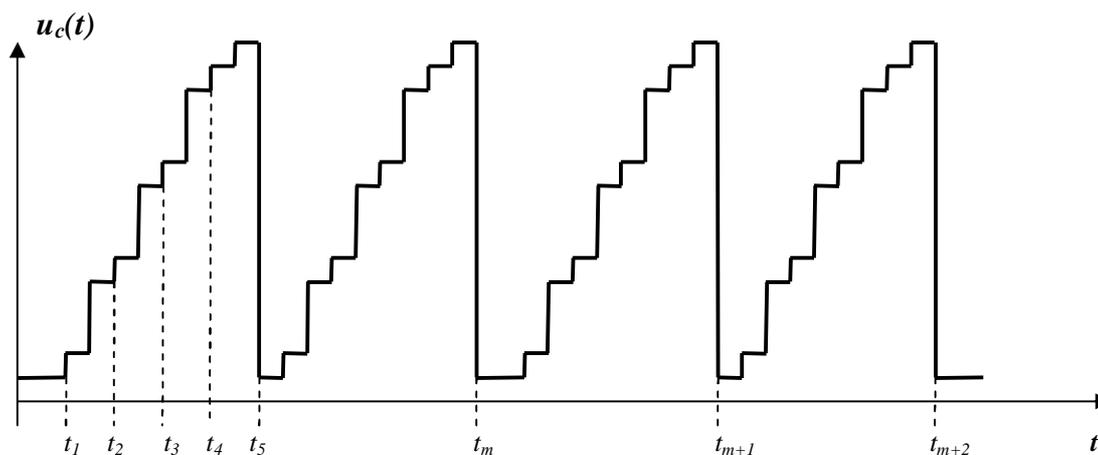


Рис. 2.

ФНЧ имеет частоту среза  $f_{cp} < f_m/2$ ,

где  $f_m$  – тактовая частота и пропускает на выход синтезатора только первую гармонику сформированного сигнала.

Если ввести следующие обозначения:

$f_1 = A_i$  – первая начальная частота;  $f_2 = B_k$  – вторая начальная частота;  $f'$  – скорость изменения частоты синтезируемого сигнала,  $\Delta t = T$  – период следования тактовых импульсов, то на выходе цифрового синтезатора частот будет сформирован двухчастотный сигнал, амплитуда которого изменяется по формуле:

$$u(t) = U_m \sin(f_1 t + 0,5 f' t^2) + U_m \sin(f_2 t + 0,5 f' t^2), \quad (5)$$

Таким образом, в цифровом синтезаторе формируется двухчастотный сигнал.

### **Заключение**

Таким образом, предложенная структура цифрового синтезатора частот обладает расширенными функциональными возможностями, высокой скоростью перестройки частоты и позволяет формировать сигналы с различными законами частотной модуляции.

### **Литература**

1. Рябов И.В. Цифровой синтез прецизионных сигналов. Научное издание: (монография) / И.В. Рябов. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 152 с.
2. Рябов И.В., Юрьев П.М. Системы синтеза частот и сигналов как основные узлы современных радиоэлектронных средств // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2009. №2. С. 22-34.
3. Патент № 2346381 Российской Федерации МПК H03B 19/00. Цифровой синтезатор частот с коммутацией фазовых отсчетов/ Рябов И.В., Дедов А.Н. Заявл. 18.06.2007. Оpubл. 10.02.2009. Бюл.№ 4. 4 с.