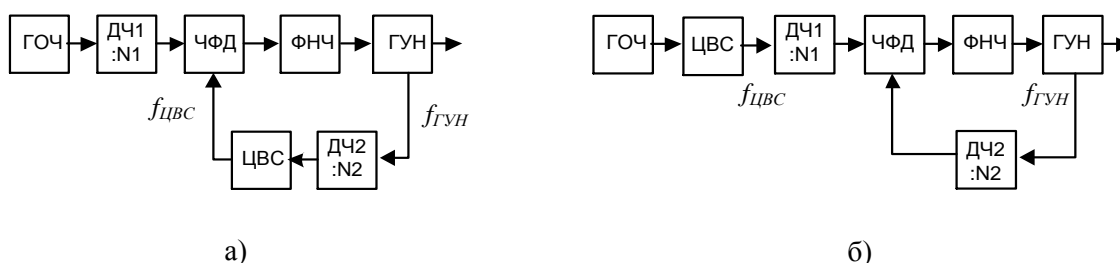


### Разработка схемотехнических моделей гибридных синтезаторов частот в программе Multisim

Гибридные синтезаторы частот на основе систем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) способны обеспечивать малый шаг перестройки частоты, свободный от побочных составляющих спектр выходного сигнала. Существует несколько перспективных структурных схем гибридных синтезаторов частот. Целью данного исследования является разработка схемотехнических моделей гибридного синтезатора частот с ЦВС в цепи обратной связи и гибридного синтезатора частот с ЦВС в качестве опорного генератора. Принцип действия, структурные схемы, исследование спектра выходного сигнала данных синтезаторов приведены в [1-3]. Схемотехнические модели будут разработаны в программе Multisim.

На рис. 1 приведены структурные схемы гибридных синтезаторов (а - гибридный синтезатор частот с ЦВС в цепи обратной связи, б - гибридный синтезатор частот с ЦВС в качестве опорного генератора).



**Рис.1. Структурные схемы гибридных синтезаторов частот**

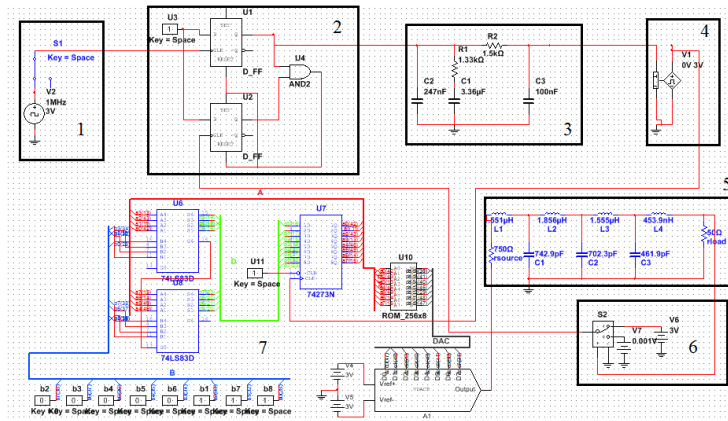
На рис.1 применены следующие обозначения звеньев синтезатора: ГОЧ – генератор опорной частоты; ЦВС – цифровой вычислительный синтезатор с выходной частотой  $f_{ЦВС}$ ; ДЧ1, ДЧ2 - делители частоты с фиксированными коэффициентами деления  $N1$ ,  $N2$ ; ЧФД – частотно-фазовый детектор; ФНЧ – фильтр нижних частот; ГУН – генератор, управляемый напряжением с выходной частотой  $f_{ГУН}$ .

Программа Multisim позволяет создавать схемотехнические модели электронных систем. К достоинствам данной программы можно отнести наглядность, возможность посмотреть осциллограммы и спектр сигнала в любом узле схемы.

В рамках предварительных исследований были разработаны схемотехнические модели системы ФАПЧ, а также ЦВС с восьмиразрядным цифро-аналоговым преобразователем [4]. На их основе были построены модели гибридных синтезаторов частот.

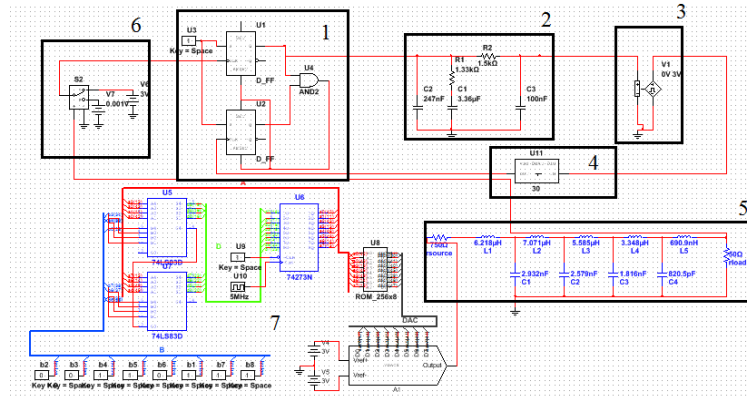
Исходные данные для моделирования: диапазон изменения выходной частоты ГУН  $f_{ГУНmin} \dots f_{ГУНmax} = 28..30$  МГц.

На рис. 2 приведена модель гибридного синтезатора частот с ЦВС в цепи обратной связи системы ФАПЧ. Цифрами на данной модели обозначены следующие звенья синтезатора: 1 – генератор опорной частоты; 2 – фазовый детектор на логических элементах; 3 – ФНЧ системы ФАПЧ; 4 – генератор, управляемый напряжением; 5 – ФНЧ, сглаживающий ступенчатую синусоиду на выходе ЦВС; 6 – ключ-компаратор; 7 – цифровой вычислительный синтезатор. Тактовой частотой для ЦВС в данном случае служит выходной сигнал ГУН.



**Рис.2. Модель гибридного синтезатора частот с ЦВС в цепи обратной связи**

На рис. 3 приведена модель гибридного синтезатора частот с ЦВС в качестве опорного генератора системы ФАПЧ. Цифрами на данной модели обозначены следующие звенья синтезатора: 1 – фазовый детектор; 2 – ФНЧ системы ФАПЧ; 3 – генератор, управляемый напряжением; 4 – делитель частоты с коэффициентом деления  $N=30$ ; 5 – ФНЧ, сглаживающий ступенчатую синусоиду на выходе ЦВС; 6 – ключ-компаратор; 7 – цифровой вычислительный синтезатор.



**Рис.3. Модель гибридного синтезатора частот с ЦВС в качестве опорного генератора**

Таким образом, в ходе данного исследования были разработаны схемотехнические модели двух типов гибридных синтезаторов частот. Данные модели позволяют на этапе проектирования исследовать спектральные и временные характеристики, провести расчет частотного плана и необходимых фильтров с помощью программы Multisim.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00299 мол\_a*

#### Литература

1. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Якименко К.А., Коровин А.Н. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот на интегральных микросхемах // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013, №1. С. 10-15.
2. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Якименко К.А. Применение образов основной частоты ЦВС в гибридных синтезаторах частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013, №3. С. 19-24.
3. Romashov, V.V., Romashova, L.V., Khramov, K.K., Yakimenko, K.A. The use of images of DDS in the hybrid frequency synthesizers / CriMiCo 2014 - 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings.
4. Якименко К.А. Моделирование гибридного синтезатора частот, использующего образы основной частоты цифрового вычислительного синтезатора, в программе Multisim // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2015, №1 (17). С. 18-24.