

Разработка и исследование многофазных синтезаторов радиочастот с мощным выходом

Целью статьи является разработка возможных структур многофазных синтезаторов с мощным выходом. Принцип многофазного импульсного суммирования позволяет получать достаточно большие мощности в радиовещательных передатчиках, что в настоящее время актуально. В силу этой причины, исследуется возможность применения многофазных синтезаторов в передатчиках радиочастот в диапазонах ДВ, СВ и КВ. Основные задачи: построение возможных структур мощных синтезаторов, анализ этих структур по различным параметрам (быстродействие, фазовые шумы, энергопотребление и т.д.), поиск оптимальной структуры многофазных синтезаторов, исследование возможности дальнейшего совершенствования структуры исходя из повышения надежности, исследование оптимальной скважности выходных импульсов, рассмотрение теоретических аспектов синтеза большого количества фаз (8,16). Представлены структуры четырехфазного и восьмифазного формирователей импульсов.

Ключевые слова: импульсное суммирование мощностей, многофазные синтезаторы.

Комаров С.Н.,
ассистент кафедры РОС,
komarov@radiostation.ru

Тертышников А.В.,
магистр кафедры РОС,
tertyschnickowa.anastasia@yandex.ru

Принцип многофазного импульсного суммирования позволяет получать достаточно большие мощности в радиовещательных передатчиках, что в настоящее время актуально. В силу этой причины, исследуется возможность применения многофазных синтезаторов в передатчиках радиочастот в диапазонах ДВ, СВ и КВ[1]. Данный принцип основан на получении большой выходной мощности за счет импульсной накачки энергии в колебательный контур несколькими источниками тока. Элементы поочередно отдают энергию в контур (1-3-2-4). И даже при выходе из строя трех элементов схема остается работоспособной, а мощность уменьшается в 4 раза. Таким образом, преимущества многофазного импульсного суммирования следующие[5]:

- позволяет наращивать мощность при использовании элементов малой и средней мощности
- обеспечивает надежность (мощность снижается линейно при выходе из строя усилительных элементов)

Для усиления сигналов данным принципом на усилитель необходимо подавать N последовательностей импульсов, а для этого необходимы многофазные синтезаторы радиочастот [2].

Предлагаются следующие варианты структур многофазных синтезаторов с мощным выходом:

- синтезатор на петле ФАПЧ с ДПКД [3].



Рис. 1. Синтезатор на ФАПЧ с ДПКД

- синтезатор на петле ФАПЧ на основе специализированной ИС



Рис. 2. Синтезатор на петле ФАПЧ на основе специализированной ИС

- синтезатор на ПЛМ



Рис. 3. Синтезатор на ПЛМ

- синтезатор DDS на основе микроконтроллера

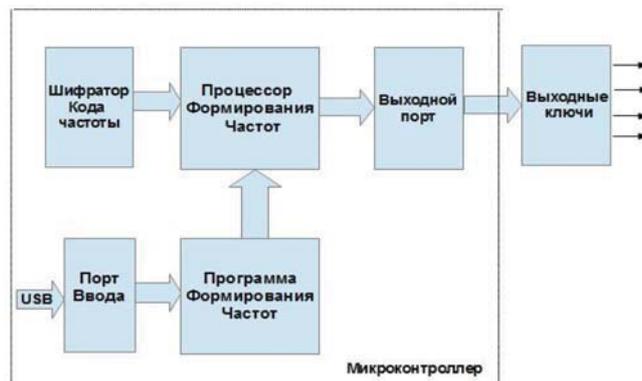


Рис. 4. Синтезатор DDS на основе микроконтроллера

Главное требование к синтезатору — минимальные фазовые шумы! В синтезаторе на основе DDS могут возникнуть проблемы с этим параметром, поэтому применение этой структуры требует дополнительного исследования. Также в синтезаторе на петле ФАПЧ с ДПКД могут возникнуть проблемы быстродействия, на что следует обратить внимание и ставит под сомнение оптимальность использования этих структур [4].

Для обеспечения дополнительной надежности возможно построение схемы по следующему принципу: применяются два выходных блока (распределитель импульсов/выходной порт + выходные ключи), работающими попеременно.

Сам синтезатор может быть абсолютно любым и на выходе давать последовательность прямоугольных импульсов 4F с минимальными фазовыми шумами (рис. 5).

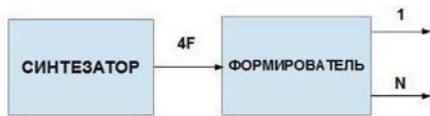


Рис. 5. Структурная схема

Для мощных передатчиков желательно использовать в синтезаторе для увеличения помехозащищенности логическую элементную базу с относительно большими токами, т.е. ТТЛ, ТТЛШ и ЭСЛ. Важ-

но чтобы внешние цепи были низкоомные, технологии внутри чипа роли не играют.

Теперь перейдем к рассмотрению формирователей импульсов (рис. 6).

Задача формирователя заключается в том, чтобы из последовательности импульсов с частотой 4F сделать на выходе четыре последовательности импульсов частотой F с заданной скважностью, причем импульсы будут распределены по схеме 1-3-2-4. Выход формирователя представлен мощными полевыми транзисторами.

Для того чтобы оценить работу формирователя, была построена модель в программе схемотехнического моделирования Micro-Cap (рис. 7).

На вход формирователя была подана последовательность импульсов с частотой 5 МГц. На выходе формирователя четыре полевых транзистора IRL 510. По результатам моделирования, на выходе формирователя получились следующие осциллограммы (рис. 8).

Одним из важных параметров является скважность последовательности импульсов. Для того, чтобы сформировать последовательности, необходимо подобрать такую частоту, чтобы минимальный период уложился в паузу между импульсами (рис. 9).

Выбор оптимальной скважности влияет на значение КПД и чистоту выходного спектра. Поэтому необходим механизм, который сможет регулировать это значение. В схеме формирователя эту функцию выполняет часть схемы приведенная на рис. 10.

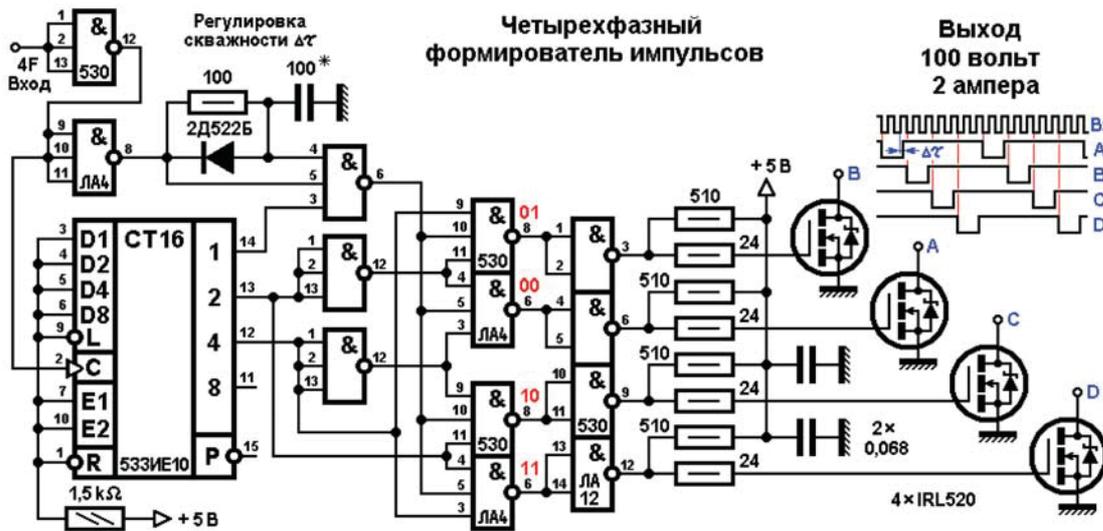


Рис. 6. Четырехфазный формирователь импульсов

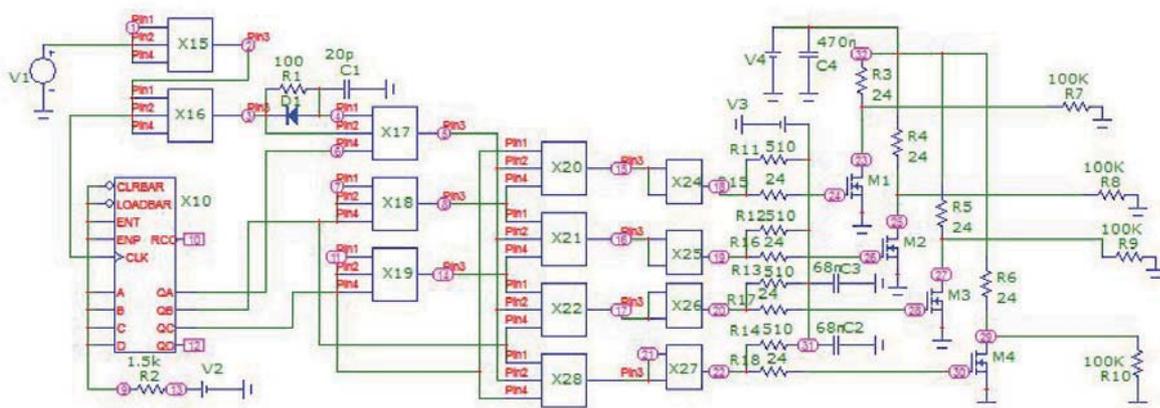


Рис. 7. Модель формирователя в Micro-Cap

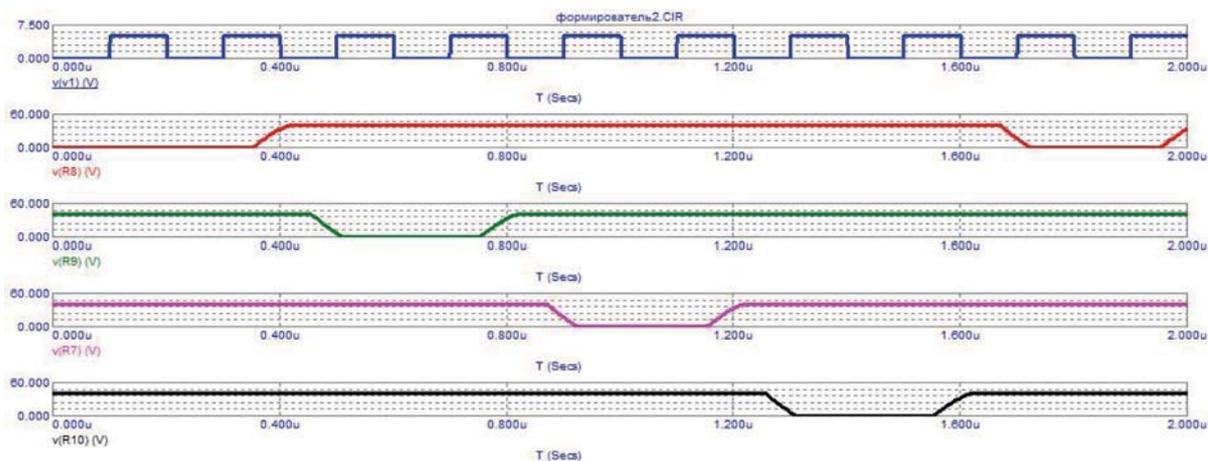


Рис. 8. Временные последовательности на выходе

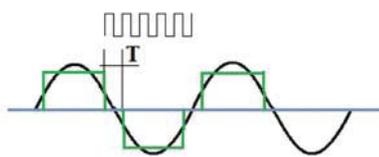


Рис. 9. Последовательность импульсов

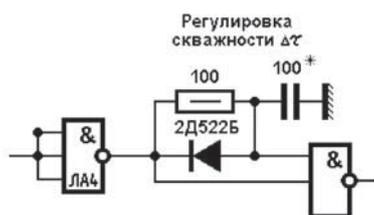


Рис. 10. Регулятор скважности

Регулируя значение емкости, мы можем добиться разной длительности импульсов, тем самым обеспечить различную скважность.

На основании этого тезиса была исследована зависимость длительности импульса от значения емкости, и по результатам моделирования был построен экспериментальный график (рис. 11).

Также наблюдается еще один эффект: транзистор укорачивает импульс за счет того, что он открывается медленней, а закрывается быстрее. Схема коррекции скважности компенсирует это.

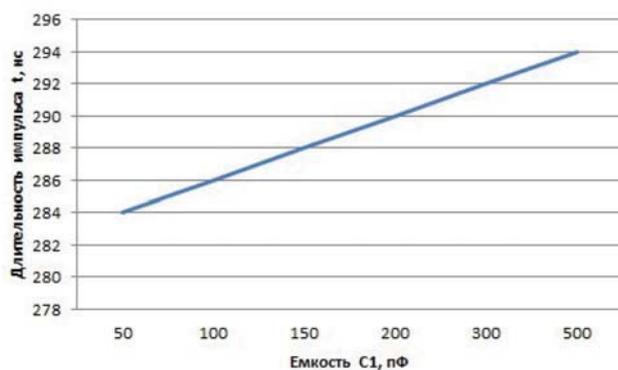


Рис. 11. Зависимость длительности импульса от емкости

Литература

1. Шахильдян В.В., Козырев В.Б., Ляховкин А.А. и др. Радиопередающие устройства: Учебник для вузов / Под ред. В.В. Шахильдяна. — 3-е изд., перераб. и доп. — М: Радио и связь, 2003. — 560 с: ил.
2. Curtin M., O'Brien P. Phase-Locked Loops for High-Frequency Receivers and Transmitters. Part 1. Analog Dialogue — 3. 1999.
3. Шахтарин Б.И. и др. Синтезаторы частот, 2007. — 128с.
4. <http://www.cqf.su/technics4-1c.html>.
5. High Speed DAC's and DDS Systems.pdf.

Development and research of multiphase synthesizers of radio frequencies with a powerful output

S.N.Komarov, A.V.Tertyshnikova

Abstract

The purpose of this report is development of possible structures of multiphase synthesizers with a powerful output. The principle of multiphase impulse summing allows to receive rather big powers in the broadcast transmitters that is perceived nowadays as a matter of great importance. For this reason, possibility of multiphase synthesizers' application in transmitters of radio frequencies in LF, MF and HF ranges is researched. The main objectives of the report are: creation of possible structures of powerful synthesizers, the analysis of these structures on different parameters (high-speed performance, phase noises, power consuming, etc.), search for optimum structure of multiphase synthesizers. Moreover the current study focuses on research on possible further enhancement of structure aimed at increasing reliability. Furthermore we proceed with research on optimum on-off time ratio of output pulses and reviewing synthesis' theoretical aspects of bigger quantity of phases (8, 16). Besides in the report deals with structures of quadriphase and eight-phase pulse formers.

Keywords: impulse summing of powers, multiphase synthesizers.