

## РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ФИЛЬТРАЦИИ В КОНЕЧНЫХ ПОЛЯХ

В операциях цифровой обработки сигналов особое внимание уделяется цифровой фильтрации, которая по объему вычислений в среднем занимает от 20 до 60%. Порядки фильтров нередко достигают тысячи и более. Это ведет к увеличению объема вычислений, а значит, и к резкому росту аппаратных затрат. В данной работе речь идет о реализации цифрового фильтра на ПЛИС. Задача минимизации аппаратных затрат решается на математико-алгоритмическом уровне. Целью работы является минимизация аппаратных затрат при реализации цифровых фильтров на базе ПЛИС.

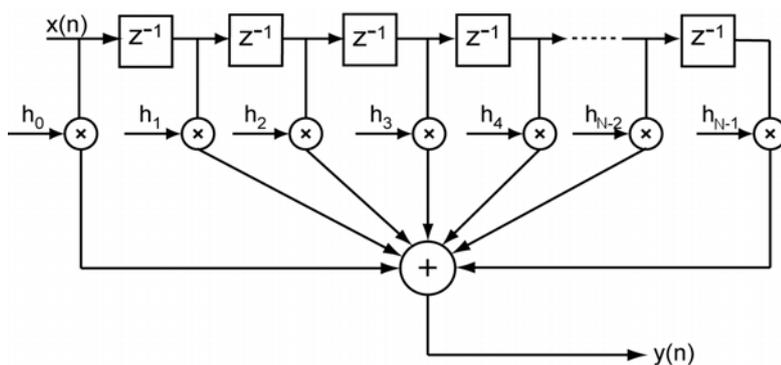


Рис. 1. Классическая структура КИХ-фильтра

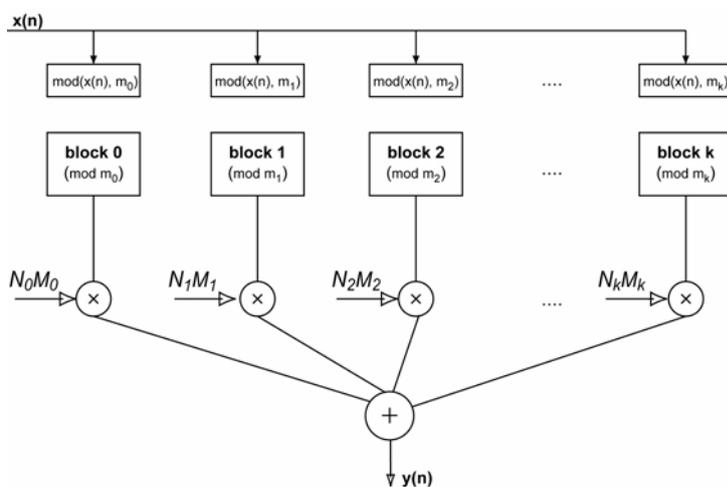
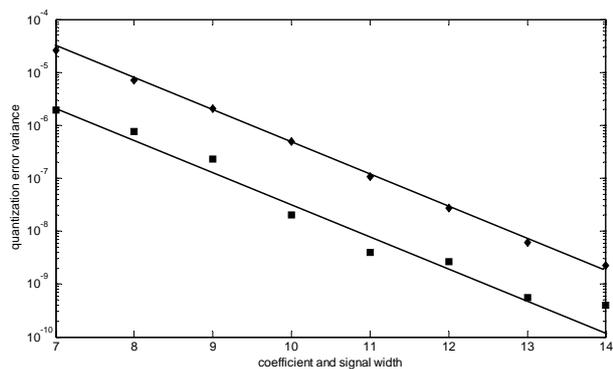


Рис. 2. Структура фильтра в полях Галуа

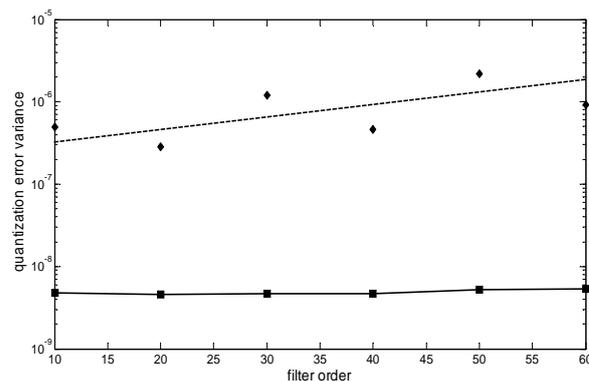
Для решения поставленной задачи был рассмотрен классический КИХ-фильтр, структура которого приведена на рис. 1. Известно, что в такой структуре при каждом умножении разрядность сигнала удваивается, и отбрасывается младшая часть, что приводит к ошибкам округления. Кроме того, при реализации такой схемы на базе ПЛИС, для операции умножения требуется  $n^2$  логических элементов ( $n$  – разрядность сигнала).

В работе показано, что переход к арифметике в конечных полях позволяет избежать ошибок округления и сократить число логических элементов, так как операция умножения там реализуется табличным способом. Структурная схема фильтра в полях Галуа приведена на рис. 2. Входной сигнал, поступающий на данную схему, разделяется на  $k$  параллельных потоков, в каждом

из которых содержится классическая структура фильтра, но все вычисления производятся по соответствующему модулю ( $k$  – число модулей, из которых состоит поле Галуа). Затем сигнал восстанавливается в привычном виде по китайской теореме об остатках.



(a)



(б)

Рис. 3. Зависимости величины ошибок квантования от разрядности (а) и от порядка (б) фильтра для синусоидального сигнала

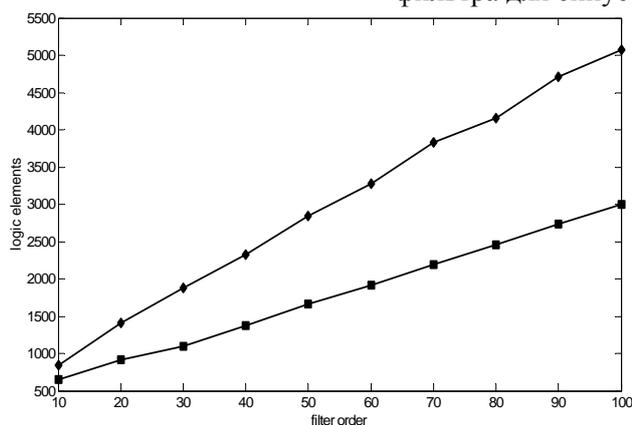


Рис. 4. Зависимость числа логических элементов от порядка фильтра

По итогам моделирования фильтра в конечных полях в среде Simulink были получены зависимости величины ошибок квантования от разрядности и порядка фильтра для классического фильтра и фильтра в полях Галуа. Полученные графики приведены на рис. 3. Пунктиром обозначены зависимости для классического фильтра, сплошной линией – для фильтра в полях Галуа.

В программе QUARTUS II была проведена оценка аппаратных затрат для классического фильтра и фильтра в полях Галуа, результаты которой приведены на рис. 4.

Результаты моделирования в среде Simulink и программе QUARTUS II показали, что:

- реализация фильтра в конечных полях на базе ПЛИС позволяет уменьшить число логических элементов больше, чем в полтора раза;
- при эквивалентной разрядности стандартного фильтра и фильтра в полях Галуа второй дает меньшие ошибки квантования.