

Полифазный интерполятор

Порты:

Название	Направление	Назначение
clk	I	Тактирующий сигнал
nrst	I	Сигнал сброса: сброс при переходе из 1 в 0
valid_in	I	Когда сигнал в “1”, считаем, что на вход поступают валидные данные
valid_out	O	Когда на выход поступают валидные данные сигнал в “1”
div	I	Настраиваемый коэффициент деления коэффициента интерполяции. Пример: $M = 8$, $div = 2$, тогда итоговый коэффициент интерполяции $M/div = 4$.
din	I	Отсчеты входной последовательности
dout	O	Отсчеты отфильтрованной последовательности
c_we	I	Разрешение записи в памяти коэффициентов с остановкой работы фильтра.
c_in	I	Значение коэффициента фильтра
c_addr	I	Номер коэффициента

Структура фильтра:

Фильтр построен на использовании блоков МАС, на которых одновременно считаются по две фазы, использующие одинаковые коэффициенты (к примеру, для коэффициента интерполяции = 8 пары 0-я и 7-я, 1-я и 6-я, и т. д.). Из них первая подается на выход, вторая сохраняется в регистрах до нужного момента. При входе div отличным от 1, не используемые фазы не считаются.

В зависимости от четности/нечетности необходимого/заданного количества блоков фильтр может иметь непарный блок МАС. Остальные блоки МАС организованы парами, разделяющими общие памяти коэффициентов, что экономит ресурсы. Ниже представлены парные и непарный МАС.

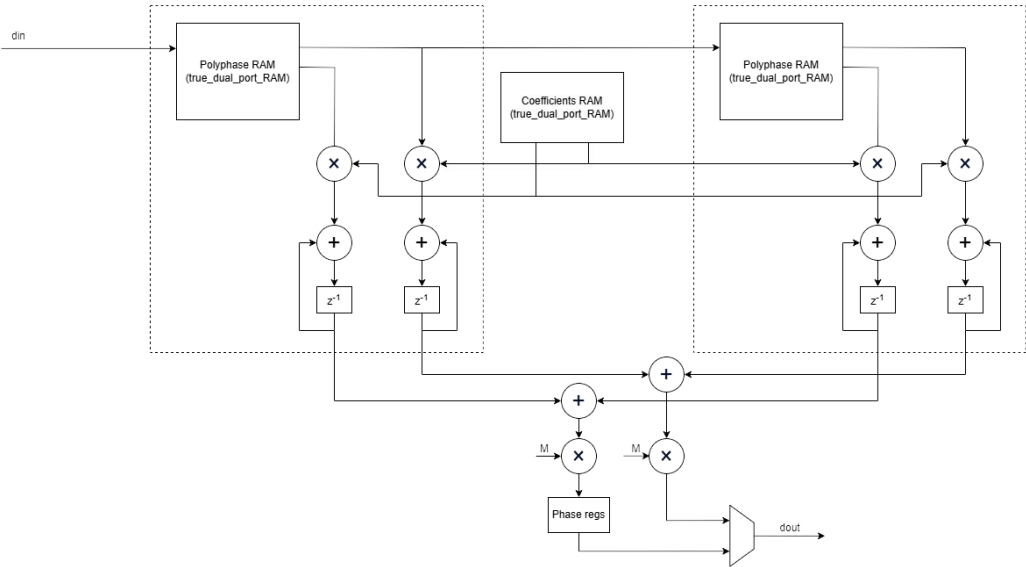


Рис.1 – Парные блоки МАС

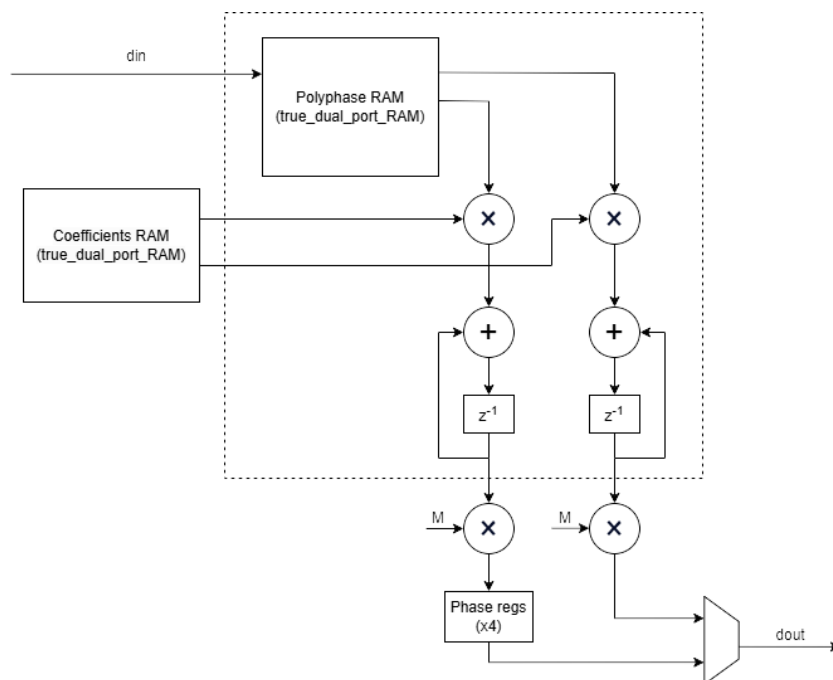


Рис.2 – Непарный блок MAC

Выходы всех MAC суммируются (как показано на рис.1) и умножаются на коэффициент интерполяции, для восстановления амплитуды сигнала.

Разрядности и коэффициенты фильтра:

На рисунке ниже показана схема фильтра для коэффициента интерполяции равного 8 с указанием разрядностей соединений.

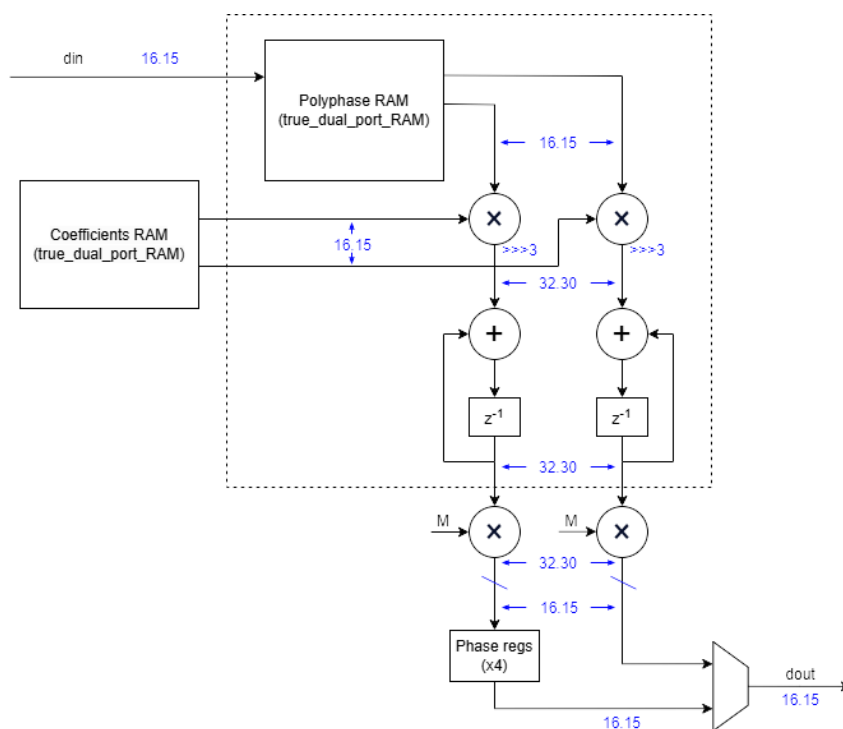


Рис.3 – Схема фильтра с размерностями

Ресурсы и тайминги:

При тактовом сигнале с частотой 100 МГц фильтр имеет следующие характеристики:

Setup	Hold	Pulse Width
Worst Negative Slack (WNS): 0.401 ns	Worst Hold Slack (WHS): 0.142 ns	Worst Pulse Width Slack (WPWS): 4.500 ns
Total Negative Slack (TNS): 0.000 ns	Total Hold Slack (THS): 0.000 ns	Total Pulse Width Negative Slack (TPWS): 0.000 ns
Number of Failing Endpoints: 0	Number of Failing Endpoints: 0	Number of Failing Endpoints: 0
Total Number of Endpoints: 472	Total Number of Endpoints: 472	Total Number of Endpoints: 209

Следовательно, максимальная рабочая частота $F_{\max} = \frac{1}{10-0.401} \cdot 10^3 \approx 104 \text{ МГц}$

Затраты ресурсов:

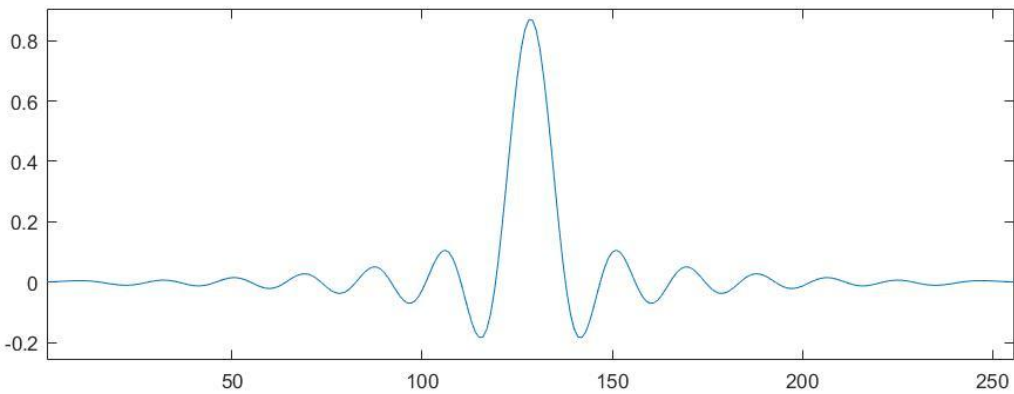
Resource	Utilization	Available	Utilization %
LUT	194	53200	0.36
FF	205	106400	0.19
BRAM	1	140	0.71
DSP	2	220	0.91
IO	47	125	37.60

Работа фильтра:

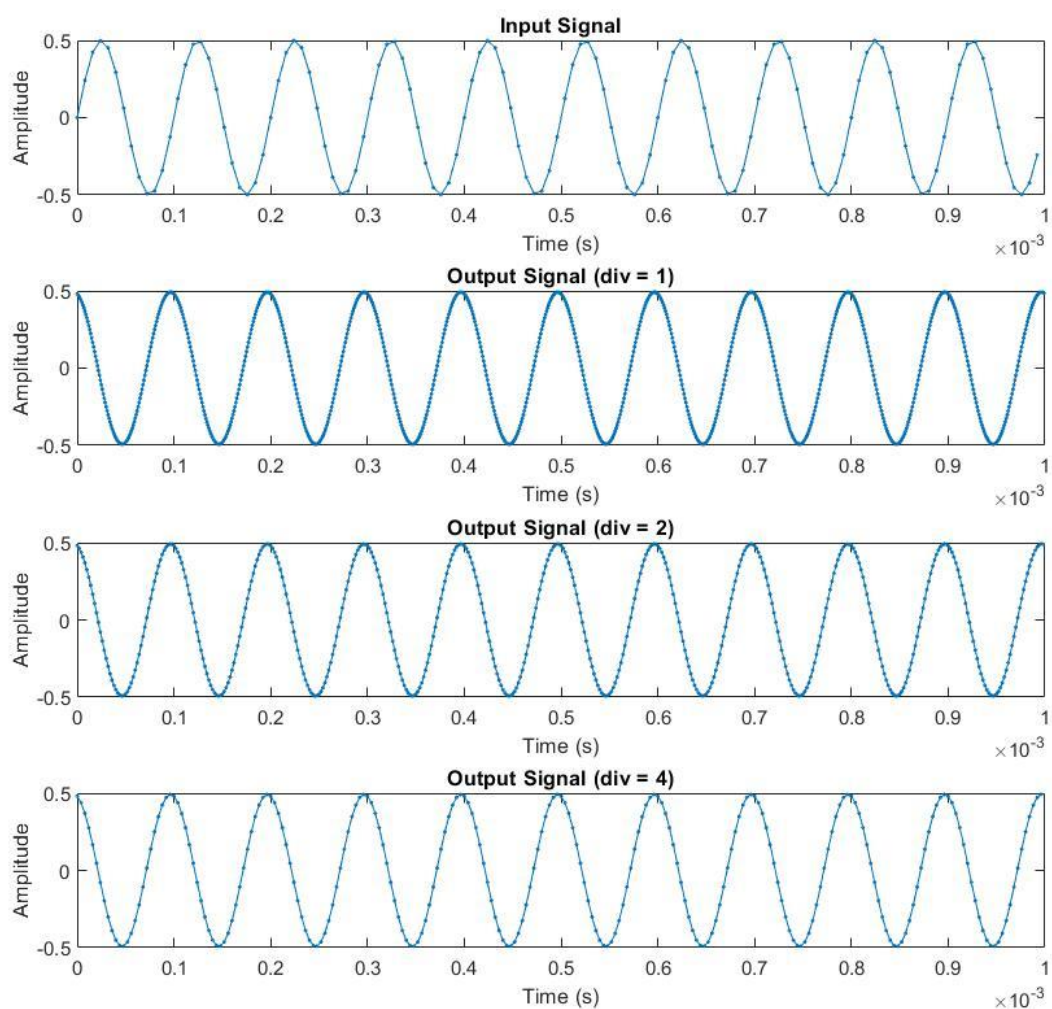
Характеристики: Данный фильтр имеет коэффициент интерполяции равный 8 (повышение частоты дискретизации со 125 кГц до 1 МГц), подстраиваемый до 4, 2. Построен на основе фильтра нижних частот с подавлением 80 дБ.

Примеры работы:

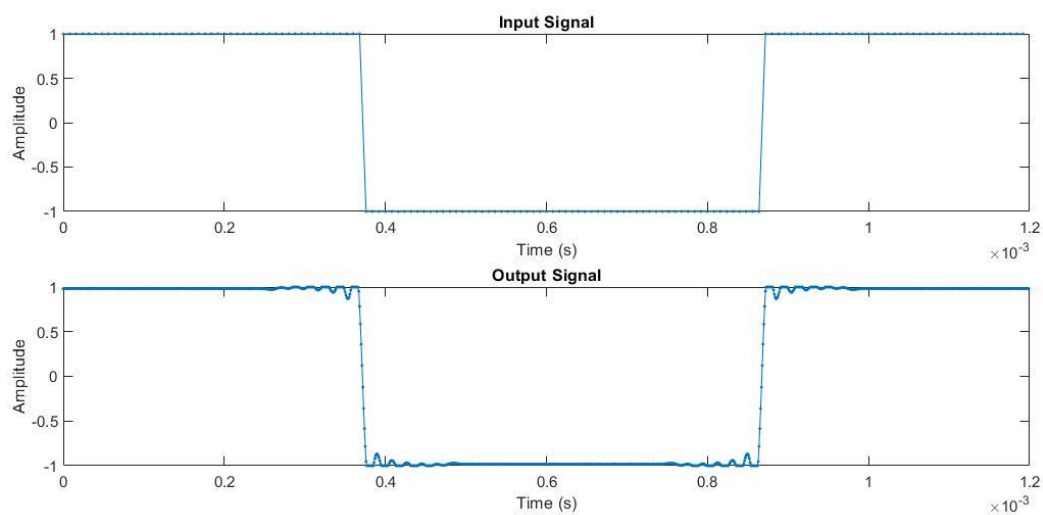
Импульсная характеристика фильтра (отклик на единичный импульс):



Отклик на сигнал $x = 0.5 \sin(2\pi \cdot 10\text{кГц} \cdot t)$:

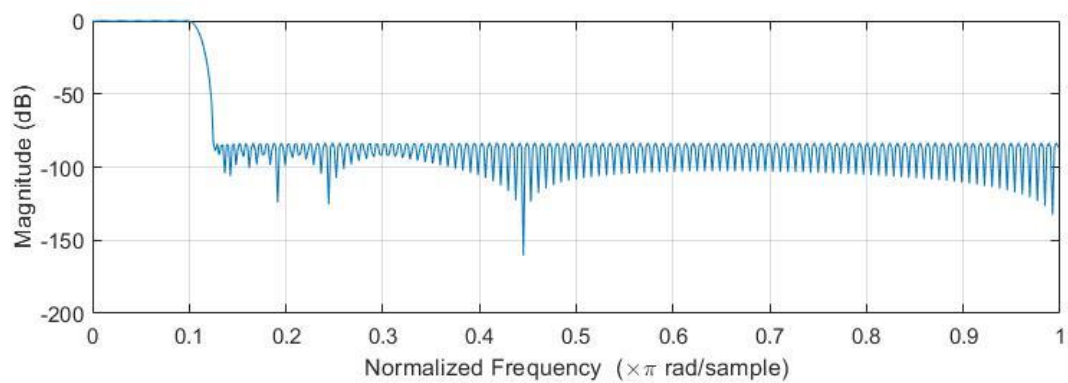


Отклик на сигнал $x = \text{square}(2\pi \cdot 1\text{кГц} \cdot t)$:



АЧХ:

АЧХ фильтра с исходными коэффициентами:



АЧХ фильтра с квантованными коэффициентами

