

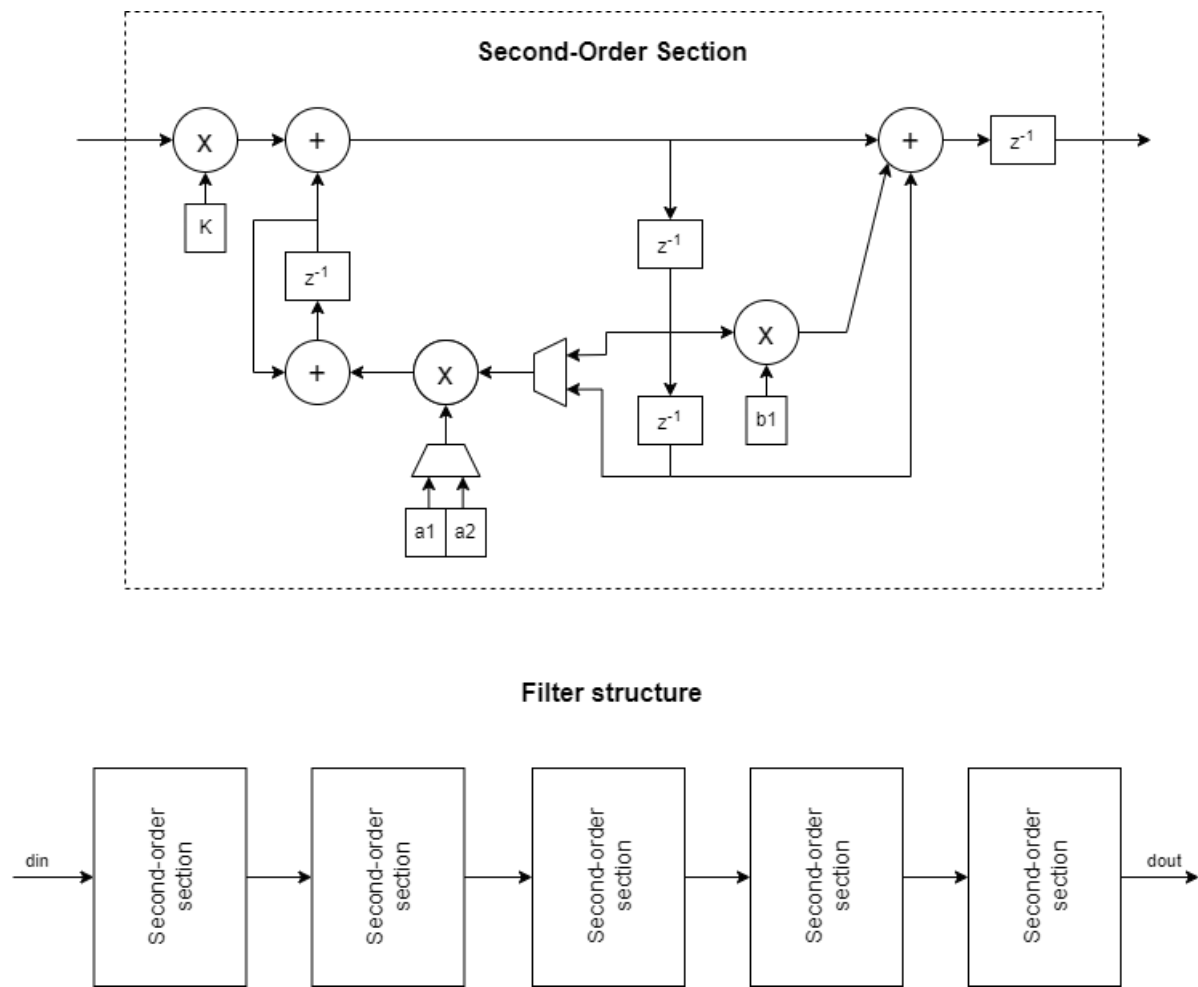
БИХ-фильтр нижних частот

Порты:

Название	Направление	Назначение
clk	I	Тактирующий сигнал
nrst	I	Сигнал сброса: сброс при переходе из 1 в 0
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

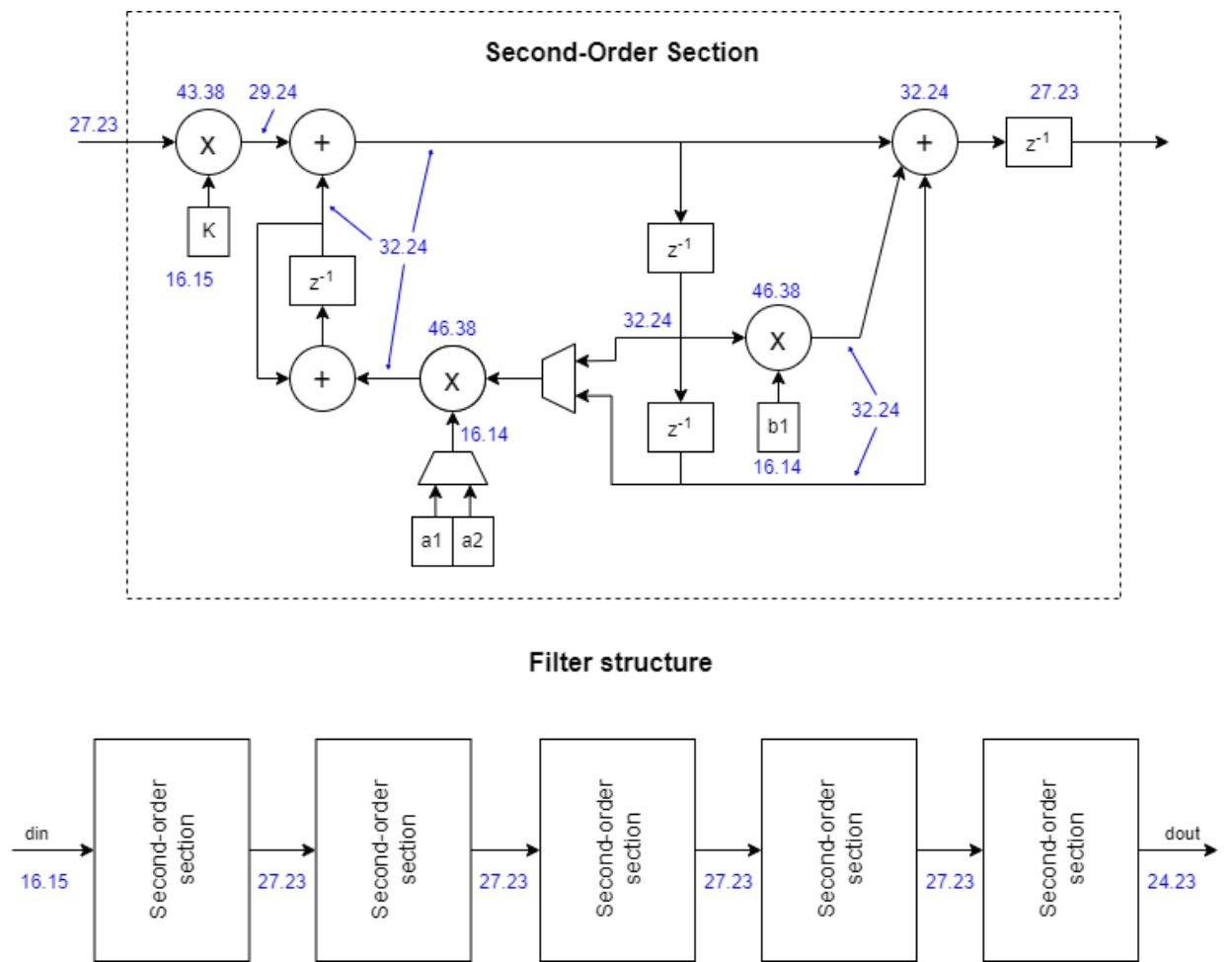
Структура фильтра:

Фильтр состоит из пяти связанных между собой секций второго порядка, как показано на рисунке. Для минимизации используемых ресурсов сумма произведений на коэффициенты a_1 , a_2 аккумулируется, что позволяет использовать один умножитель для обоих произведений.



Разрядности и коэффициенты фильтра:

На рисунке ниже указаны разрядности соединений схемы.



Соответственно, используемые коэффициенты $a1$, $a2$, $b1$ после квантования представлены в разрядности Q16.14, K - в разрядности Q16.15. Ниже приведены значения коэффициентов до и после квантования:

Номер секции	a1		a2	
	до	после	до	после
1	-1.871406554113136	-30661	0.968037995099902	15860
2	-1.856186812719845	-30412	0.931236132270892	15257
3	-1.836632177562892	-30091	0.878759759744529	14398
4	-1.820044371384844	-29820	0.832999248111819	13648
5	-1.884398868985001	-30874	0.990927267160183	16235

Номер секции	b1		K	
	до	после	до	после
1	-1.846891660752242	-30259	0.631131141919045	20681
2	-1.799923268239546	-29490	0.375102686307879	12291
3	-1.622850564424780	-26589	0.111699974089541	3660
4	-0.269632118576212	-4418	0.007486776000671	245
5	-1.861284305803678	-30495	0.767962116993153	25165

Ресурсы и тайминги:

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

Setup		Hold		Pulse Width	
Worst Negative Slack (WNS):	1.453 ns	Worst Hold Slack (WHS):	0.140 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:	2016	Total Number of Endpoints:	2016	Total Number of Endpoints:	979

Следовательно, максимальная рабочая частота $F_{\max} = \frac{1}{10-1.453} \cdot 10^3 \approx 117 \text{ МГц}$

Затраты ресурсов:

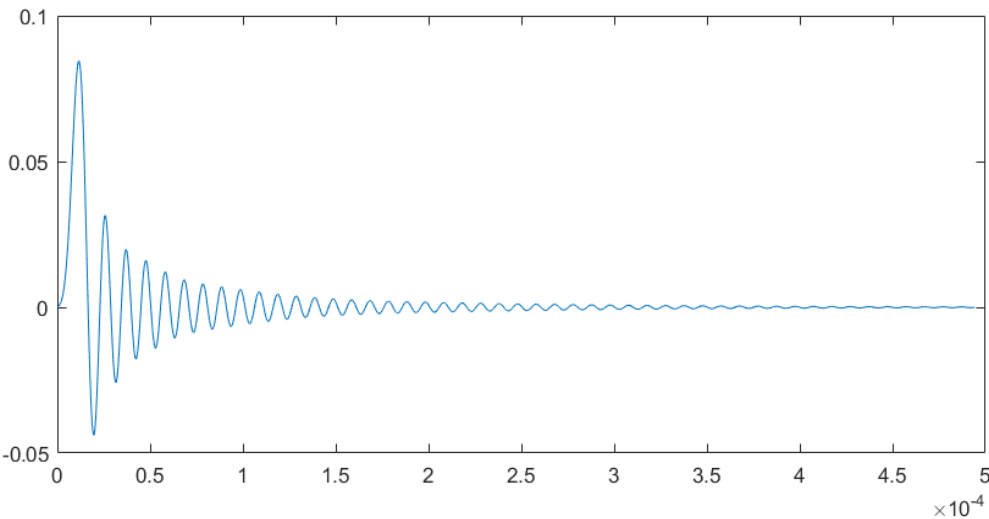
Resource	Utilization	Available	Utilization %
LUT	1354	53200	2.55
FF	968	106400	0.91
DSP	25	220	11.36
IO	64	125	51.20

Работа фильтра:

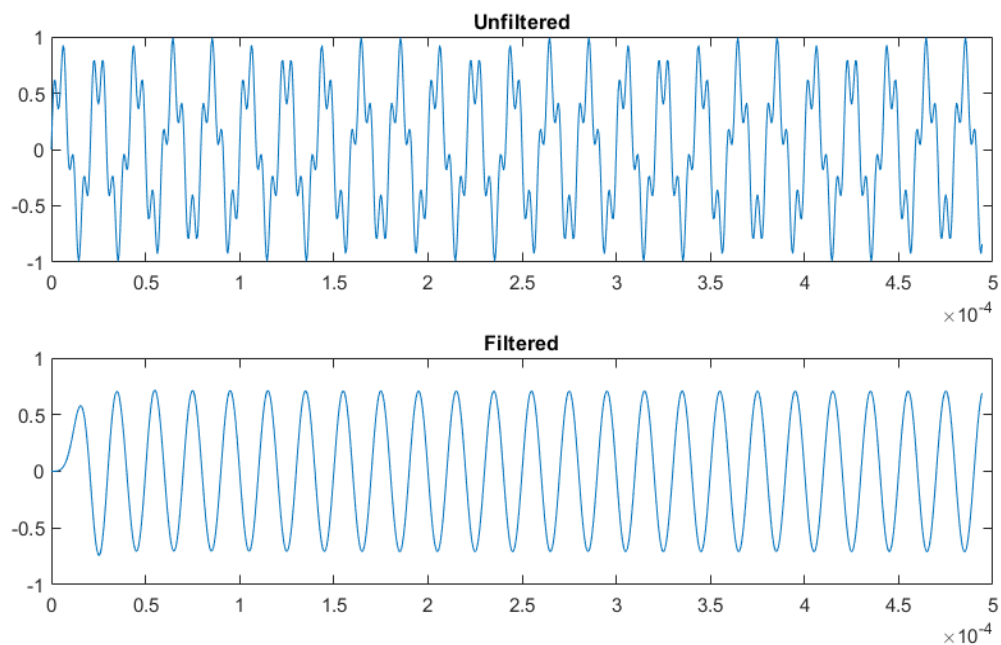
Характеристики: данный фильтр имеет частоту среза 100кГц, подавление в полосе задерживания 80.2дб, неравномерность в полосе пропускания 0.3дб.

Примеры работы:

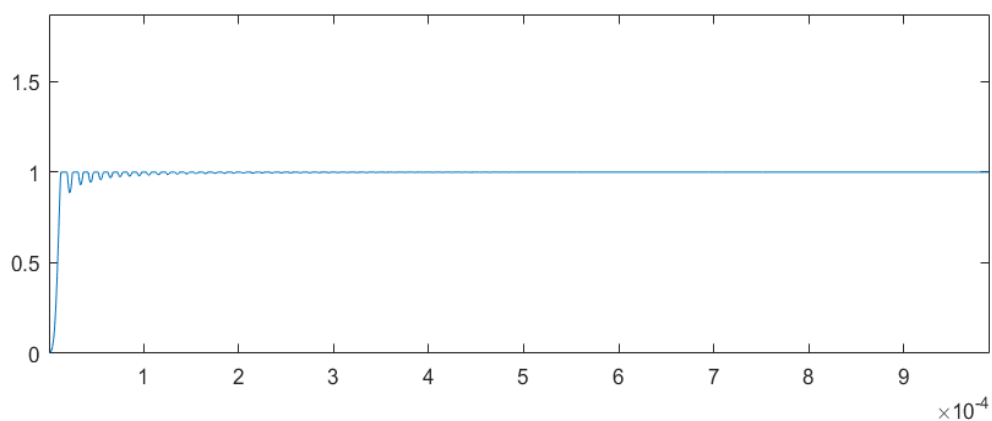
Импульсная характеристика фильтра (отклик на единичный импульс):



Отклик на сигнал $x = 0.7 \sin(2\pi \cdot 50\text{кГц} \cdot t) + 0.3 \sin(2\pi \cdot 190\text{кГц} \cdot t)$:

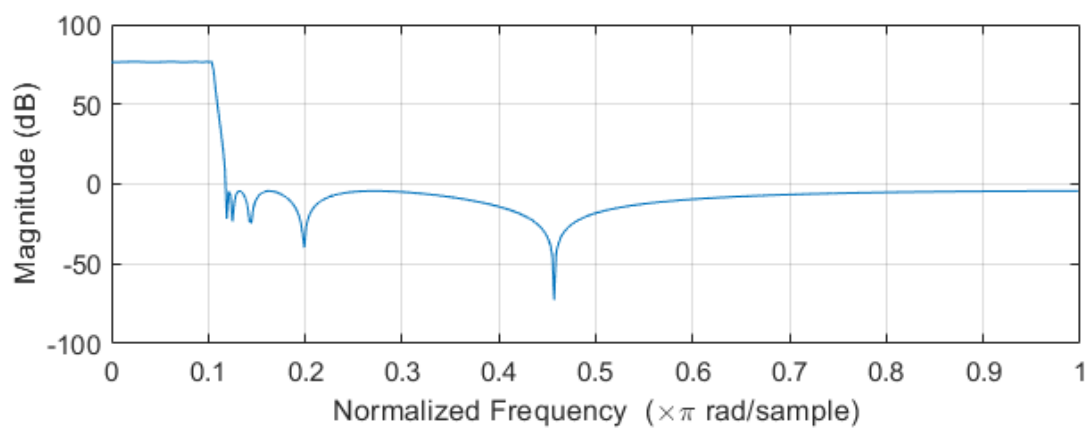


Отклик на сигнал $x = 1$:

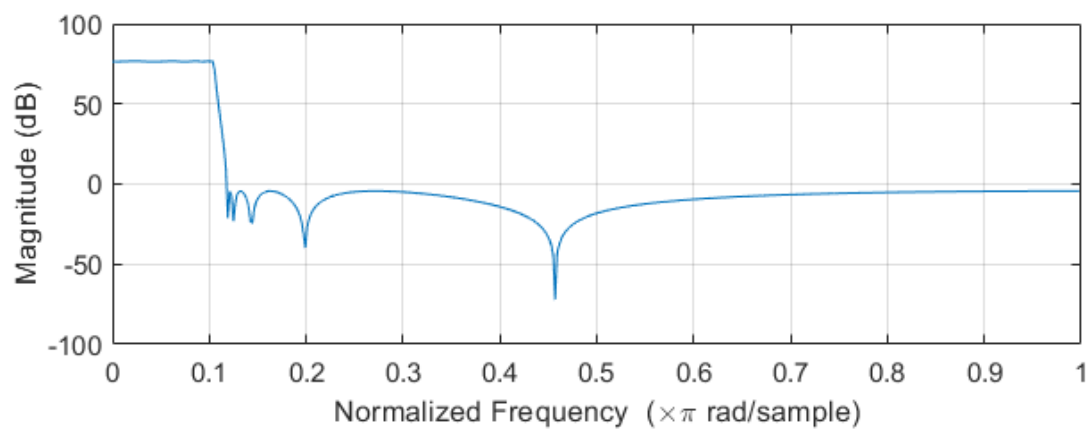


АЧХ:

АЧХ фильтра с исходными коэффициентами:



АЧХ фильтра с квантованными коэффициентами



АЧХ полученного фильтра:

