



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3472592/18-09
(22) 15.07.82
(46) 07.08.84 Бюл. № 29
(72) В.А.Кешишьян
(71) Минский радиотехнический институт
(53) 621.396.96(088.8)
(56) 1. Современная теория фильтров и их применение. Под ред. Темеша и др. М., "Мир", 1974, с. 507.
2. Авторское свидетельство СССР № 841084, кл. Н 03 Н 17/04, 1981 (прототип).

(54)(57) 1. **НЕРЕКУРСИВНЫЙ ФИЛЬТР**, содержащий дискретно-аналоговую линию задержки (ДАЛЗ), нечетные отводы которой через соответствующие весовые блоки подключены к входам первого сумматора, а четные отводы через другие соответствующие весовые блоки - к входам второго сумматора, отличающийся тем, что, с целью повышения точности фильтрации, в него введены $n+2$ (n - четное число) дополнительных весовых блоков, при этом $n/2$ дополнительных весовых блоков включены между нечетны-

ми отводами ДАЛЗ и входами второго сумматора, $n/2$ других дополнительных блоков включены между четными отводами ДАЛЗ и входами первого сумматора, $(n+1)$ -ый дополнительный весовой блок включен между выходом первого сумматора и одним из его входов, а $(n+2)$ -ой дополнительный весовой блок включен между выходом второго сумматора и одним из его входов.

2. Фильтр по п. 1, отличающийся тем, что каждый весовой блок и каждый дополнительный весовой блок состоит из четырех ключей и коммутируемого конденсатора, первая обкладка которого подключена к выходу первого ключа и информационному входу второго ключа, вторая обкладка - к выходу третьего ключа и информационному входу четвертого ключа, информационные входы первого и третьего ключей объединены и являются входом весового блока, выходы второго и четвертого ключей объединены и являются выходом весового блока, а управляющие входы ключей соединены с соответствующими выходами введенного блока управления.

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано в системах управления и регулирования, а также в системах обработки и передачи дискретной или аналоговой информации, радио и гидролокации.

Известен нерекурсивный фильтр, содержащий линию задержки, отводы которой через соответствующие весовые блоки подключены к входам сумматора [1].

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является нерекурсивный фильтр, содержащий ДАЛЗ, нечетные отводы которой через соответствующие весовые блоки подключены к входам первого сумматора, а четные отводы через другие соответствующие весовые блоки - к входам второго сумматора [2].

Однако известным нерекурсивным фильтрам свойственна недостаточно высокая точность фильтрации.

Целью изобретения является повышение точности фильтрации.

Поставленная цель достигается тем, что в нерекурсивный фильтр, содержащий ДАЛЗ, нечетные отводы которой через соответствующие весовые блоки подключены к входам первого сумматора, а четные отводы через другие соответствующие весовые блоки - к входам второго сумматора, введены $n+2$ (n - четное число) дополнительных весовых блоков, при этом $n/2$ дополнительных весовых блоков включены между нечетными отводами ДАЛЗ и входами второго сумматора, $n/2$ других дополнительных блоков включены между четными отводами ДАЛЗ и входами первого сумматора, $(n+1)$ -ый дополнительный весовой блок включен между выходом первого сумматора и одним из его входов, а $(n+2)$ -ой дополнительный весовой блок включен между выходом второго сумматора и одним из его входов, а каждый весовой блок и каждый дополнительный весовой блок состоит из четырех ключей и коммутируемого конденсатора, первая обкладка которого подключена к выходу первого ключа и информационному входу второго ключа, вторая обкладка - к выходу третьего ключа и информационному входу четвертого ключа, информационные входы первого и третьего ключей объединены и являются входом весового блока, выхо-

ды второго и четвертого ключей объединены и являются выходом весового блока, а управляющие входы ключей соединены с соответствующими выходами введенного блока управления.

На фиг. 1 представлена структурная электрическая схема нерекурсивного фильтра; на фиг. 2 - временные диаграммы работы блока управления.

Нерекурсивный фильтр содержит ДАЛЗ 1, весовые блоки 1-8, сумматоры 9 и 10, дополнительные весовые блоки 11 - 18, 19 и 20, блок 21 управления, весовые блоки 1-8 содержат ключи 22-25 и коммутируемые конденсаторы 26-33, п дополнительных весовых блоков 11 - 18 содержат ключи 34 - 37 и коммутируемые конденсаторы 38 - 45, $(n+1)$ -ый и $(n+2)$ -ой дополнительные блоки 19 и 20 содержат ключи 46 - 49 и коммутируемые конденсаторы 50 и 51. Блок 21 управления имеет выходы 52 - 57.

Нерекурсивный фильтр работает следующим образом.

Входной сигнал представляет собой чередующуюся последовательность отсчетов аналоговых сигналов U и \bar{U} . Входные сигнал U и \bar{U} чередуются во времени таким образом, что на вход нерекурсивного фильтра поступает последовательность $U_0(t), \bar{U}_0(t+T), U_1(t+2T), \bar{U}_1(t+3T), \bar{U}_2(t+4T), \bar{U}_2(t+5T), U_3(t+6T), \bar{U}_3(t+7T)$ и т.д., где T - период дискретизации входного сигнала, определяемый теоремой Котельникова.

В качестве примера ДАЛЗ 1 содержит семь запоминающих ячеек.

В общем случае ДАЛЗ 1 может содержать запоминающие ячейки с $n+1$ отводами, а сам нерекурсивный фильтр иметь каналов.

Рассмотрим принцип работы фильтра для момента времени $t+7T$, т.е. для момента времени, когда сигнал, появившийся на входе в момент t , пройдя ДАЛЗ 1, окажется в момент $t+7T$ на ее выходе. При этом на всех отводах ДАЛЗ 1 появятся напряжения, т.е. на четных отводах ДАЛЗ 1 будет последовательность напряжений $\bar{U}_3(t+0), \bar{U}_2(t+2T), \bar{U}_1(t+4T), \bar{U}_0(t+6T)$, а на нечетных отводах ДАЛЗ 1 будет последовательность напряжений $U_3(t+T), U_2(t+3T), U_1(t+5T), U_0(t+7T)$

В момент времени $t + 7T$, в соответствии с временной диаграммой (фиг. 2) работы блока 21 управления, на выходе 52 будут импульсы, которые поступают на управляющие входы ключей 35-36 дополнительных весовых блоков 11 - 18, в результате чего ключи 35-36 откроются. В этот же момент $t + 7T$ существуют импульсы на выходе 56 блока 21 управления, в результате чего откроются ключи 47 и 48 дополнительных весовых блоков 19 и 20. Для этого момента времени коммутируемые конденсаторы 45, 43, 41 и 39 получают соответствующие заряды нечетных отводов ДАЛЗ 1, т.е. заряды на конденсаторах 45, 43, 41 и 39 соответственно будут

$$\begin{aligned} Q_{C45} &= C_{45} U_0(t+7T); \\ Q_{C43} &= C_{43} U_1(t+5T); \\ Q_{C41} &= C_{41} U_2(t+3T); \\ Q_{C39} &= C_{39} U_3(t+T). \end{aligned}$$

Коммутируемые конденсаторы 38, 40, 42 и 44 дополнительных весовых блоков 11, 13, 15 и 17 получают соответствующие заряды с четных отводов ДАЛЗ 1 и будут равны

$$\begin{aligned} Q_{C38} &= C_{38} \tilde{U}_3(t+T); \\ Q_{C40} &= C_{40} \tilde{U}_2(t+2T); \\ Q_{C42} &= C_{42} \tilde{U}_1(t+4T); \\ Q_{C44} &= C_{44} \tilde{U}_0(t+6T). \end{aligned}$$

Так как все четные весовые блоки 2, 4, 6, 8, 12, 14, 16 и 18 своими выходами включены на соответствующие входы сумматоров 9 и 10, в целях обратных связей которых включены соответственно дополнительные весовые блоки 19 и 20, то при открытых ключах 47 и 48 в соответствующих весовых блоках 19 и 20 заряды на их конденсаторах 50 и 51 равны

$$\begin{aligned} Q_{C50} &= C_{50} U_{\text{вых}9} = C_{45} U_0(t+7T) + C_{43} U_1(t+5T) + C_{41} U_2(t+3T) + C_{39} U_3(t+T); \\ Q_{C51} &= C_{51} U_{\text{вых}10} = C_{44} \tilde{U}_0(t+6T) + C_{42} \tilde{U}_1(t+4T) + C_{40} \tilde{U}_2(t+2T) + C_{38} \tilde{U}_3(t+T). \end{aligned}$$

Из выражений (1) могут быть записаны выходные напряжения, существующие к моменту времени $t + 7T$ на выходах сумматоров 9 и 10, которые являются выходами фильтра. Так, на выходе сумматора 9 будет сигнал (для простоты записи опускаем указания времени)

$$U_9 = \frac{C_{45}}{C_{50}} U_0 + \frac{C_{43}}{C_{50}} U_1 + \frac{C_{41}}{C_{50}} U_2 + \frac{C_{39}}{C_{50}} U_3 \quad (2)$$

На выходе сумматора 10 будет сигнал

$$U_{10} = \frac{C_{44}}{C_{51}} \tilde{U}_0 + \frac{C_{42}}{C_{51}} \tilde{U}_1 + \frac{C_{40}}{C_{51}} \tilde{U}_2 + \frac{C_{38}}{C_{51}} \tilde{U}_3 \quad (3)$$

Обозначим отношение емкостей в выражениях (2) и (3) через соответствующие коэффициенты как

$$\frac{C_{45}}{C_{50}} = \alpha_1, \frac{C_{43}}{C_{50}} = \alpha_3, \frac{C_{41}}{C_{50}} = \alpha_5, \frac{C_{39}}{C_{50}} = \alpha_7 \quad (2a)$$

$$\frac{C_{44}}{C_{51}} = \alpha_0, \frac{C_{42}}{C_{51}} = \alpha_2, \frac{C_{40}}{C_{51}} = \alpha_4, \frac{C_{38}}{C_{51}} = \alpha_6 \quad (3a)$$

Тогда выражения (2) и (3), описывающие сигналы на выходе 69 и 70 фильтра в соответствии с обозначениями (2a) и (3a), примут вид

$$\begin{aligned} U_9 &= \alpha_1 U_0 + \alpha_3 U_1 + \alpha_5 U_2 + \alpha_7 U_3; \\ U_{10} &= \alpha_0 \tilde{U}_0 + \alpha_2 \tilde{U}_1 + \alpha_4 \tilde{U}_2 + \alpha_6 \tilde{U}_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрим следующий момент времени $t + 8T$. Согласно временной диаграмме (фиг. 2) в этот момент импульсы будут на первом и третьем выходах соответственно 57 и 55 блока 21 управления, в результате чего импульсы поступают на управляющие входы ключей 22 и 25 весовых блоков 1-8 и на ключи 46 и 49 дополнительных весовых блоков 50 и 51. В этот момент времени на четных отводах ДАЛЗ будет последовательность соответствующих напряжений

$$U_4(t+0), U_3(t+2T), U_2(t+4T), U_1(t+6T)$$

а на нечетных отводах ДАЛЗ 1 будет последовательность соответствующих напряжений

$$\tilde{U}_3(t+T), \tilde{U}_2(t+3T), \tilde{U}_1(t+5T), \tilde{U}_0(t+7T).$$

Для этого момента времени коммутируемые конденсаторы 26, 28, 30 и 32 весовых блоков 1, 3, 5 и 7 получают соответствующие заряды с четных отводов ДАЛЗ 1, т.е. заряды на коммутируемых конденсаторах 26, 28, 30 и 32 соответственно будут

$$\begin{aligned} Q_{C26} &= C_{26} U_4(t+0); \\ Q_{C28} &= C_{28} U_3(t+2T); \\ Q_{C30} &= C_{30} U_2(t+4T); \\ Q_{C32} &= C_{32} U_1(t+6T); \end{aligned}$$

Коммутируемые конденсаторы 33, 31, 29, 27 дополнительных весовых блоков 11, 13, 15 и 17 получают соответствующие заряды с нечетных отводов ДАЛЗ 1

$$\begin{aligned} Q_{C33} &= C_{33} \tilde{U}_0(t+7T); \\ Q_{C31} &= C_{31} \tilde{U}_1(t+5T); \\ Q_{C29} &= C_{29} \tilde{U}_2(t+3T); \\ Q_{C27} &= C_{27} \tilde{U}_3(t+T). \end{aligned}$$

Так как все нечетные весовые блоки 1, 3, 5, 7, 11, 13, 15 и 17 своими выходами также подключены к входам сумматоров 9 и 10, в цепях обратных связей которых включены соответственно дополнительные весовые блоки 19 и 20, то при открытых ключах 46 и 49 (в этот момент времени управляющие импульсы с первого выхода 57 блока 21 управления включают ключи 46 и 49) заряды на соответствующих коммутлируемых конденсаторах 50 и 53 соответственно будут

$$Q_{C50} = C_{50} U_{вых 9} = C_{32} U_1(t+6T) + C_{30} U_2(t+4T) + C_{28} U_3(t+2T) + C_{26} U_4(t+0); \quad (5)$$

$$Q_{C51} = C_{51} U_{вых 10} = C_{33} \tilde{U}_0(t+7T) + C_{31} \tilde{U}_1(t+5T) + C_{29} \tilde{U}_2(t+3T) + C_{27} \tilde{U}_3(t+T); \quad (5)$$

Из выражения (5) могут быть записаны выходные напряжения, существующие в момент времени $t+8T$ на выходах сумматоров 9 и 10, которые являются и выходами фильтра. На выходе сумматора 9 фильтра будет сигнал

$$U_9 = \frac{C_{32}}{C_{50}} U_1 + \frac{C_{30}}{C_{50}} U_2 + \frac{C_{28}}{C_{50}} U_3 + \frac{C_{26}}{C_{50}} U_4 \quad (6)$$

На выходе 70 фильтра (т.е. второго канала 20) будет сигнал

$$U_{10} = \frac{C_{33}}{C_{51}} \tilde{U}_0 + \frac{C_{31}}{C_{51}} \tilde{U}_1 + \frac{C_{29}}{C_{51}} \tilde{U}_2 + \frac{C_{27}}{C_{51}} \tilde{U}_3 \quad (7)$$

Обозначим отношение емкостей в выражениях (6) и (7) через соответствующие коэффициенты как

$$\frac{C_{32}}{C_{50}} = a_1, \quad \frac{C_{30}}{C_{50}} = a_2, \quad \frac{C_{28}}{C_{50}} = a_3, \quad \frac{C_{26}}{C_{50}} = a_4; \quad (6a)$$

$$\frac{C_{33}}{C_{51}} = a_0, \quad \frac{C_{31}}{C_{51}} = a_1, \quad \frac{C_{29}}{C_{51}} = a_2, \quad \frac{C_{27}}{C_{51}} = a_3; \quad (7a)$$

Выражения (6) и (7), описывающие сигналы на выходе фильтра с учетом обозначений (6a) и (7a), соответственно примут вид

$$U_9 = a_1 U_1 + a_2 U_2 + a_3 U_3 + a_4 U_4; \quad (8)$$

$$U_{10} = a_0 \tilde{U}_0 + a_1 \tilde{U}_1 + a_2 \tilde{U}_2 + a_3 \tilde{U}_3; \quad (8)$$

Для момента $t+9T$ принцип действия аналогичен рассмотренному в момент времени $t+7T$, но с учетом того, что в момент времени $t+9T$ будут импульсы на четвертом выходе 54 блока 21 управления, которые поступают на управ-

ляющие входы ключей 34 и 37 дополнительных весовых блоков 11 - 18, а в момент $t+7T$ существовали импульсы на шестом выходе 52 блока 21 управления, в результате чего были открыты, как указывалось ранее, ключи 35 и 36 дополнительных весовых блоков 11 - 18. Подобная коммутация коммутлируемых конденсаторов 38 - 45 позволяет с высокой скоростью перезарядиться, что исключает необходимость предварительного разряда конденсаторов для обеспечения точностного режима работы устройства, так как для каждого момента времени переключения изменяется полярность пластин конденсаторов относительно входного напряжения, за счет соответствующего включения ключей, однако полярность напряжения на входе и выходе блока коммутлируемых конденсаторов остается постоянной. Поэтому для момента времени $t+9T$ процесс аналогичен рассмотренному в момент $t+7T$, учитывая факт, что сигнал подвинулся по линии задержки на два такта вправо (фиг. 2). При этом напряжения на выходе сумматора 9 и выходе сумматора 10 соответственно будут

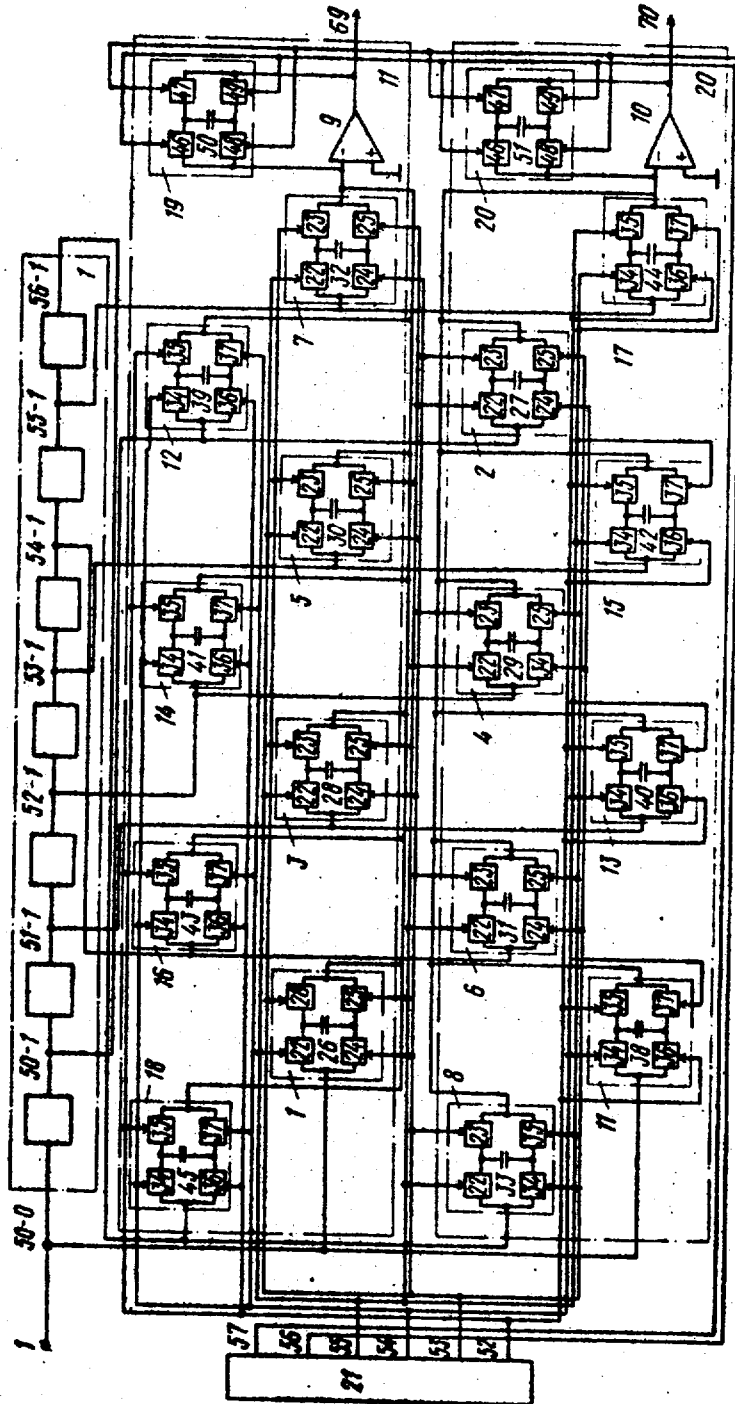
$$U_9 = a_1 U_1(t+7T) + a_2 U_2(t+5T) + a_3 U_3(t+3T) + a_4 U_4(t+T);$$

$$U_{10} = a_0 \tilde{U}_1(t+6T) + a_1 \tilde{U}_2(t+4T) + a_2 \tilde{U}_3(t+2T) + a_3 \tilde{U}_4(t+0); \quad (9)$$

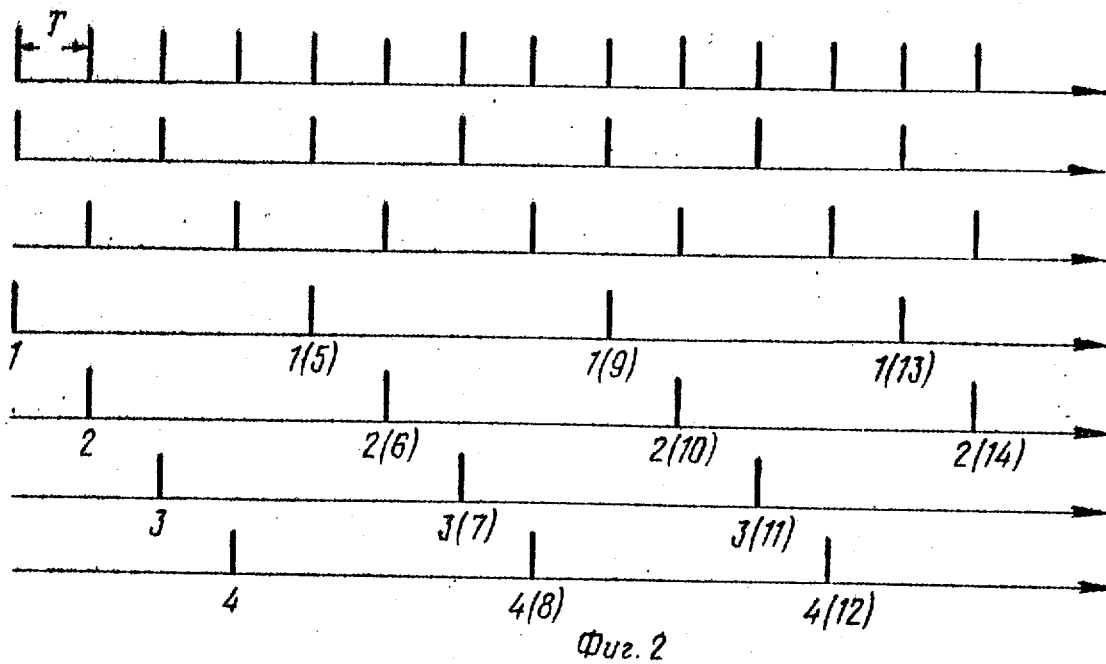
Далее процесс повторяется.

Из полученных соотношений видно, что предлагаемый нерекурсивный фильтр обеспечивает многоканальную работу, причем с высоким быстродействием, присущим аналоговым схемам.

Из выражений (2), (3) и (6), (7) также видно, что основным показателем точности фильтра является отношение номиналов емкостей, определяющих коэффициенты $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$, которые при воздействии различных дестабилизирующих факторов изменяют свои характеристики в одну и ту же сторону, что приводит к практической независимости коэффициентов $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ от влияния внешних воздействий.



Doc. 1



Составитель Т.Афанасьева
 Редактор Н.Пушненкова Техред Т.Маточка Корректор А.Ференц

Заказ 5775/42 Тираж 862 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПИ "Патент", г.Ужгород, ул.Проектная, 4