

**Бритов О.А., Маженюк О.М.**

<sup>1</sup>ННК ШСА НТУУ «КПІ», Київ, Україна

## Реалізація фільтрів експоненціального середнього

Операція обчислення середнього на часовому інтервалі значення сигналів та часових рядів є однією з найпоширеніших. У випадку обробки сигналів в реальному масштабі часу вона найчастіше реалізується у вигляді осереднюючих фільтрів. Можливі два види реалізації осереднюючих фільтрів: у вигляді ЦФ зі скінченною імпульсною характеристикою та з нескінченною імпульсною характеристикою. В статистиці перші звичайно називають фільтрами рухомого середнього, а другі – фільтрами експоненціального середнього. Порівняння таких фільтрів та пропонування критерій їх еквівалентності наведені в [1]. Різницею рівняння таких фільтрів мають вигляд:

$$\bar{s}(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} s(n-i)$$

$$\bar{s}(n) = as(n) + b\bar{s}(n-1), \bar{s}(n-1) = 0$$

Вибір того чи іншого фільтру залежить від конкретних вимог до реалізації. Як видно з наведених рівнянь, перевагою фільтру експоненціального середнього є те, що для його реалізації необхідна лише одна комірка пам'яті незалежно від довжини інтервалу осереднення. В той же час фільтр рухомого середнього потребує N комірок пам'яті, і ця кількість лінійно зростає з розширенням інтервалу осереднення. Тому для реалізації фільтра рухомого середнього доводиться використовувати блокову пам'ять, швидкодія якої, як правило, у кілька разів менша, ніж швидкодія регістрової пам'яті, яка може бути використана для побудови фільтру експоненціального середнього, а це зменшує частоту дискретизації даних, яка може бути реалізована. Можливість використання регістрів для реалізації осереднення може бути важливою перевагою при апаратній реалізації фільтрів експоненціального середнього. З іншого боку, необхідність виконання двох операцій множення може стати перешкодою для їх використання, тому що при одному і тому ж рівні технології виконання операції множення потребує набагато більше часу і апаратних ресурсів, ніж виконання додавання/віднімання, а це також обмежує значення частоти дискретизації. Позбавитися операцій множення при реалізації фільтрів експоненціального середнього можна, якщо представити коефіцієнт а цілим ступенем двійки. З урахуванням нормалізації виходу фільтру коефіцієнти дорівнюють:

$$a = 2^{-d}, b = (1 - 2^{-d})$$

В цьому випадку фільтр реалізується за схемою, наведеною на Рис.1. На схемі присутні два помножувачі на коефіцієнт, який є цілим від'ємним ступенем двійки ( $2^{-d}$ ). Реально таке множення виконується зсувом на d розрядів праворуч, який при апаратній реалізації виконується просто відповідним з'єднанням розрядів вхідної величини з входами суматорів См. Важливою перевагою такої схеми є те, що вона складається лише з таких пристроїв, які присутні в будь-якій, навіть найдешевшій ВІС FPGA, PLD або ASIC, або реалізуються командами в системі команд будь-якого мікропроцесора. Це дозволяє використовувати такий метод осереднення в широкому діапазоні задач обробки сигналів і даних в реальному часі, в тому числі в пристроях з батарейним живленням.

Для практичної реалізації таких фільтрів важливо проаналізувати такі їх параметри, як еквівалентна довжина інтервалу осереднення, ширина смуги пропускання, границя смуги затримання (непропускання), максимальне подавлення перешкод. Всі ці параметри розраховані для значень параметра d від 1 до 16 і наведені в Таблиці 1. Важливим параметром є також розрядність суматорів та регістра. Легко показати, що для фільтрів, які описані вище, вона дорівнює сумі розрядності вхідних даних та параметра d.

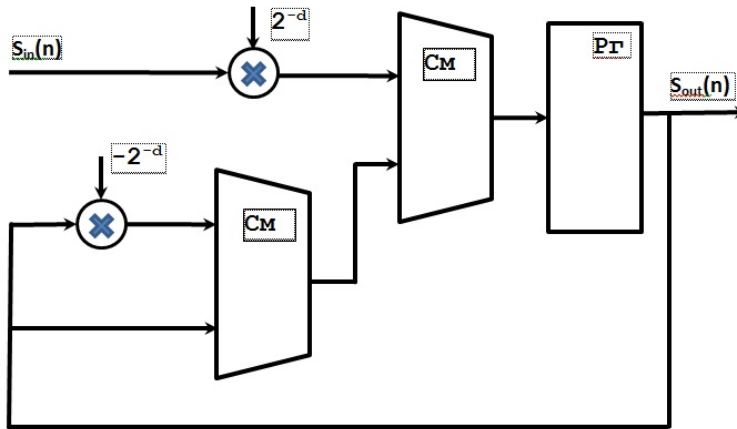


Рис. 1. Схема реалізації фільтра експоненціального середнього

Табл. 1. Параметри АЧХ фільтрів експоненціального середнього

d	Еквівалентна довжина інтервалу осереднення (відліків)	Коефіцієнт зменшення дисперсії	Відносна гранична частота смуги пропускання на рівні -3 дБ	Відносна гранична частота смуги затримання на рівні -30 дБ	Максимальне подавлення в смузі затримання, дБ
1	3	0.333	0.11474	-	-9.5
2	7	0.142857	0.04599	-	-16.9
3	15	0.0666667	0.02123	-	-23.5
4	31	0.0322581	0.01025	-	-29.8
5	63	0.015873	0.00504	0.16731	-36.0
6	127	0.00787402	0.0025	0.08006	-42.1
7	255	0.00392157	0.00124	0.03955	-48.1
8	511	0.00195695	0.00062	0.0197	-54.2
9	1023	0.000977517	0.00031	0.00983	-60.2
10	2047	0.00048852	0.00015	0.00491	-66.2
11	4095	0.0002442	7.7e-05	0.00245	-72.2
12	8191	1.22085e-4	3.8e-05	0.00122	-78.3
13	16383	6.10389e-5	1.9e-05	0.000614	-84.3
14	32767	3.05185e-05	9.0e-6	0.000307	-90.3
15	65535	1.5259e-05	4.0e-6	0.000153	-93.3
16	131071	7.62945e-06	2.0e-6	7.6e-5	-102.4

**Література. 1.** Бритов О.А, Макеєнок О.М. Порівняння осереднюючих фільтрів. Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 15-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT2013, Київ, 27-31 травня 2013/ННК "ПСА"НТУУ "КПІ".-К:ННК "ПСА"НТУУ "КПІ 2013.-516 с.-Текст:укр.,рос.,англ. С. 400-401.

## **Відомості про авторів**

### **Бритов Олексій Анатолійович**

старший викладач, Кафедра системного проектування ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ»

### **Макеєнок Олександр Миколайович**

старший науковий співробітник, Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАНУ та МОНУ