

**В. Д. РУДИК, В. Д. ТРОМСЮК**

Вінницький національний технічний університет

Тел. 8 – 0975 – 82 – 01 – 56

E-mail: vdrudyk@mail.ru

**ВИМІРЮВАЛЬНІ ФІЛЬТРИ НА ПАІС**

Вирішити проблему створення сучасних аналогових вимірювальних фільтрів у короткі терміни, з мінімальними витратами та прийнятними параметрами дозволяє використання програмованих аналого-вих інтегральних мікросхем (ПАІС). Проектування фільтрів з використанням ПАІС дозволяє зменшити габарити пристрою, підвищити його надійність, продовжити життєвий цикл виробу, значно спростити настройку та регулювання [1].

Сучасна аналогова схемотехніка базується на математичній базі, яка дозволяє будь-який аналоговий пристрій подати у вигляді сукупності обмеженого набору елементарних ланок [2]. Цей процес, наприклад, для активного вимірювального фільтра НЧ 2-го порядку, починається зі складання системи рівнянь прямого перетворення його еквівалентної схеми (1), рис. 1:

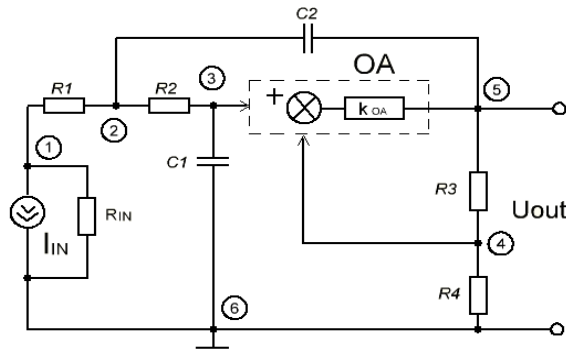


Рис. 1. Схема еквівалентна фільтра нижніх частот

$$\begin{vmatrix} G_m + G_1 & -G_1 & 0 & 0 & 0 & G_m \\ G_1 & G_1 + G_2 + sG_2 & -G_2 & 0 & -sG_2 & 0 \\ 0 & -G_2 & G_3 + sG_1 & 0 & 0 & sG_1 \\ 0 & 0 & 0 & G_3 + G_4 & -G_1 & -G_4 \\ 0 & -sG_2 & 0 & -G_1 & sG_2 + G_1 & 0 \\ G_m & 0 & sG_1 & -G_4 & 0 & -G_m + sG_1 + G_4 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ U_3 - k_{OA}(U_1 - U_4) \\ U_1 \end{vmatrix} = 0 \tag{1}$$

Після розв’язку системи (1) відносно головних змінних, отримаємо:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= I_1 / (G_m + G_1) + G_1 / (G_m + G_1) \cdot U_2 = R_{in} \cdot I_1 + k_{1t} \cdot U_2; \\
 U_2 &= G_1 \cdot U_1 / (G_1 + G_2 + sG_2) + G_2 \cdot U_3 / (G_1 + G_2 + sG_2) + sG_2 \cdot U_3 / (G_1 + G_2 + sG_2) = (k_1 \cdot U_1 + k_1 \cdot U_3 + sT_1 \cdot U_3 / (1 + sT_1)); \\
 U_3 &= G_3 \cdot U_2 / (G_3 + sG_1) = k_1 \cdot U_2 / (1 + sT_3); \\
 U_4 &= G_3 \cdot U_3 / (G_3 + G_4) = k_3 \cdot U_2; \\
 U_5 &= sG_2 \cdot U_2 / (G_3 + sG_3) + G_2 \cdot U_4 / (G_2 + sG_3) - k_{OA}(U_3 - U_4) = (U_3 \cdot sT_2 + U_4) / (1 + sT_3) - k_{OA}(U_3 - U_4).
 \end{aligned} \tag{2}$$

де  $k_{OA}$  – коефіцієнт передачі операційного підсилювача.

Отримані рівняння дозволяють синтезувати структуру активного фільтра НЧ, рис 2, яка є графічним відображенням математичної моделі фільтра і складається з наступних типових ланок [2]: пропорційна ланка з передаточною функцією  $k_i$ ; аперіодична інерційна ланка з передаточною функцією  $k_i / (1 + sT_i)$ ; диференціювальна інерційна ланка з передаточною функцією  $sT_i / (1 + sT_i)$ .

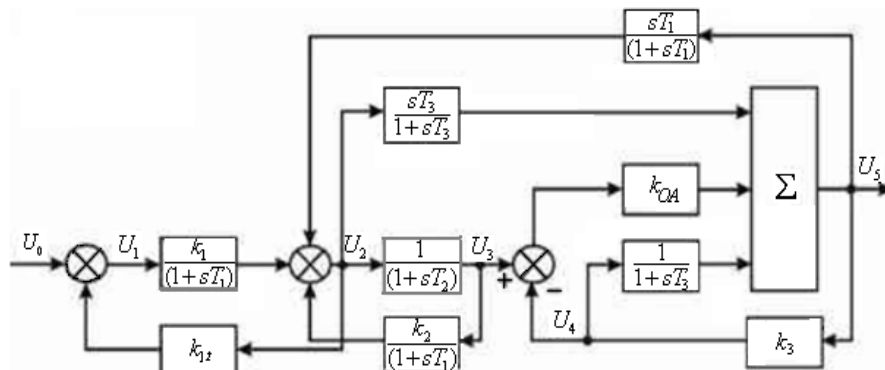


Рис. 2. Структура фільтра НЧ на основі типових ланок

Перераховані типові ланки, в свою чергу, можуть бути розвинені на з'єднанні між собою елементарні ланки [2]. Так наприклад, передаточна функція  $k_T/(1+sT_T)$  - аперіодичної інерційної ланки, забезпечується при паралельному з'єднанні пропорційної і диференціувальної елементарних ланок. Передаточна функція  $sT_T/(1+sT_T)$  - диференціувальної інерційної ланки, може бути отримана з диференціувальної і аперіодичної інерційної ланок при їх послідовному з'єднанні. Повна структура фільтра отримується заміною типових ланок на відповідні сукупності елементарних ланок.

Для проектування вимірювальних фільтрів на ПАІС використовується САПР Anadigm Designer2, яка ґрунтується на розглянутих вище засадах. Ця САПР безкоштовно доступна для всіх користувачів Інтернету, що здатні її використовувати [3]. Вона призначена для розробки широкого класу пристроїв на ПАІС, вміщує значні переліки моделюючих програм tools (інструменти), має велику, сучасну бібліотеку компонентів, яка постійно оновлюється.

Відповідно до рис. 2, на основі динамічно конфігурованої ПАІС серії AN221E04, яка програмується через послідовний периферійний інтерфейс SPI, був розроблений вимірювальний фільтр НЧ (рис. 3) за апроксимацією Кауера (еліптична апроксимація). Для спрощення, вхідні кола і кола живлення виконані на однотипних елементах з однаковими номіналами [3]. Для індикації роботи і перевірки конфігурації використовуються 2 LED діоди. Опис та нумерація входів і виходів наведена згідно даних технічної документації для AN221E04 (Datasheet Dynamically Reconfigurable FPAA With Enhanced I/O).

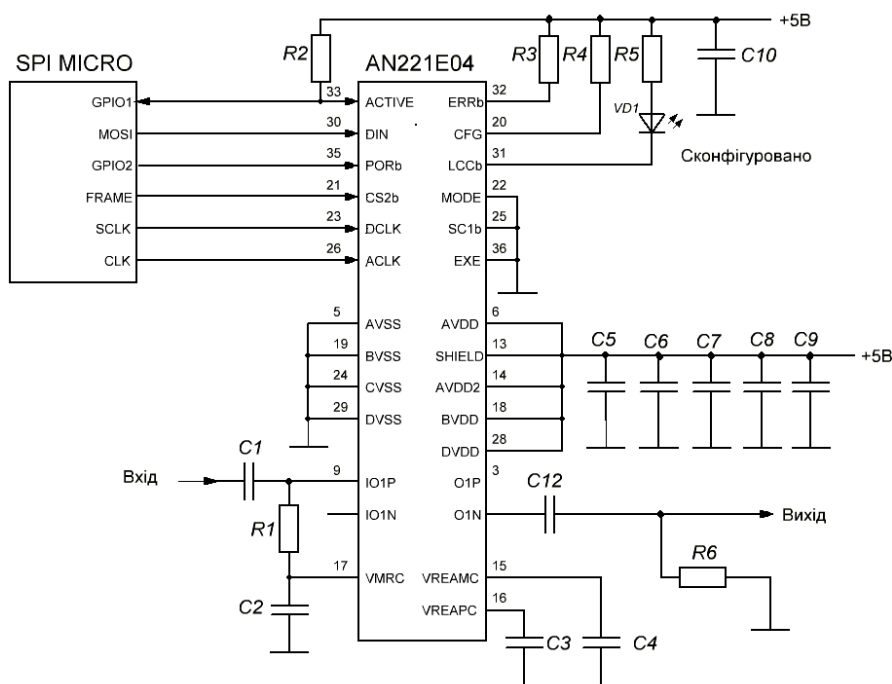


Рис. 3. Вимірювальний фільтр НЧ на ПАІС

## Висновки

Існує велика кількість задач розв'язок яких доцільний на основі аналогових компонентів, тоді як рішення на основі цифрової обробки аналогових сигналів може бути громіздким і недоцільним. ПАІС можуть стати незамінним інструментом при розробці систем для обробки аналогових сигналів з високою точністю, таких як, фільтри, точні вимірювальні системи, пристрої обробки сигналів звукового діапазону частот, системи промислової автоматики, медичного обладнання, автоелектроніки, збору та обробки даних. Але широкому використанню ПАІС перешкоджає мала інформованість виробників обладнання про їх можливості.

## Література

1. Рудик В. Проектування на ПАІС в середовищі Anadigm Designer2/ В. Рудик, В. Тромсюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах – 2012. – № 2. – С. 180-186.
2. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления / Е.П. Попов - М.: Наука. - 1989. - 304 с.
3. Щерба А. Динамическое программирование аналоговых схем Anadigm управляющим методом / А. Щерба // Компоненты и технологии. – 2010. - №12. – С. 7-10.