

Артюхов В.Г., Дромарецький А.В.

Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна

## Проектування дельта-сигма модулятора для АЦП

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), побудовані на основі дельта-сигма модуляторів, дозволяють отримати високе значення відношення сигнал/шум квантування (SNR), іншими словами - отримати значну ефективну розрядність (ENOB) в порівнянні з іншими типами АЦП. Саме це зумовило їх широке використання в засобах цифрової обробки сигналів. А тому серйозною стала проблема розробки дельта-сигма модуляторів для досягнення високого SNR.

Проектування дельта-сигма модулятора включає обчислення коефіцієнтів обраної структури модулятора (Рис. 1).

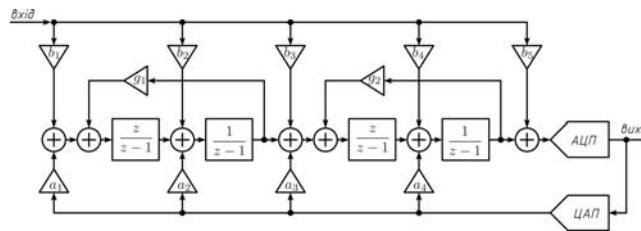


Рис. 1. Структура дельта-сигма модулятора

Як видно з Рис. 1, структура дельта-сигма модулятора високого порядку дуже схожа на структуру рекурсивного цифрового фільтра. Тому розрахунок коефіцієнтів структури виконується аналогічно розрахунку коефіцієнтів цифрових фільтрів. Обчислення виконуються за допомогою функції `realizeNTF` з пакету Delta Sigma Toolbox системи наукових та інженерних обчислень Matlab. Функція обчислює матриці коефіцієнтів для заданої структури дельта-сигма модулятора так, щоб отримана шумова передаточна функція задовольняла заданим вимогам. Наприклад, для шумової передаточної функції виду

$$NTF(z) = \frac{(z-1)^4}{(z^2 - 1,4930z + 0,5647)(z^2 - 1,702z + 0,7871)} \quad (1)$$

матриці коефіцієнтів модулятора з CRFB-структурою мають вигляд

$$a = (0,0061; 0,0524; 0,2500; 0,5500), \quad (2)$$

$$b = (0,0061; 0,0524; 0,2500; 0,5556; 1,0000), \quad (3)$$

$$c = (1; 1; 1; 1), \quad (4)$$

$$g = (0; 0). \quad (5)$$

Проектування дельта-сигма модулятора для простоти проводиться для одиничної амплітуди вхідного сигналу та нормованої частоти. Тому після цього необхідно виконати масштабування динамічного діапазону по амплітуді сигналу для відповідності технічному завданню. Це виконується за допомогою функції `scaleABCD` з пакету Delta Sigma Toolbox. В процесі проектування дельта-сигма модулятора та по завершенні його виконується моделювання для перевірки відповідності параметрів отриманого дельта-сигма модулятора заданим у технічному завданні вимогам. Моделювання виконується з використанням наступних функцій пакету Delta Sigma Toolbox: `simulateSNR` - для визначення SNR для різних амплітуд вхідного сигналу; `peakSNR` - для визначення максимального значення SNR.

**Література.** 1. R. Schreier, G. Temes, «Understanding Delta-Sigma Data Converters», IEEE press, 2004. 2. US Patent No. 7164376 B2. 3. [www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19](http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19)