

Матерухин С.Е., Ромашов В.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: materukhin.sergey@mail.ru

Цифровой дельта-сигма модулятор для формирователей сигналов.

Неотъемлемой частью телекоммуникационных систем являются формирователи сигналов, которые формируют информационный сигнал, переносимый на несущую частоту и излучаемый в эфир. Использование дельта-сигма модуляции в схемах цифрового синтеза позволит увеличить выходную частоту сигнала за счет использования высоких зон Найквиста, а также увеличить его отношение сигнал/шум. Данная идея была обозначена в работах, V.F. Кroupa, Masafumi Kazuno и является весьма перспективной[1, 2].

Рассмотрим структурную схему цифрового дельта-сигма модулятора используемого в цифро-аналоговых преобразователях. На рисунке 1 [3, 4] представлена структурная схема модулятора с обратной связью по ошибке. На вход блока дискретной во времени передаточной функции $W(z)$ поступает сигнал ошибки с квантователя $e(n)$. В этом случае порядок модулятора зависит от вида передаточной функции $W(z)$. Выходной сигнал дельта-сигма модулятора можно представить в виде:

$$y = x + (1-W(z)) \cdot e \quad (1)$$

Примем:

$$W(z) = z^{-1} \quad (2)$$

Тогда выражение для дельта-сигма модулятора первого порядка, осуществляющего подавление шума квантования в низкой области частот принимает вид:

$$y = x + (1 - z^{-1}) \cdot e \quad (3)$$

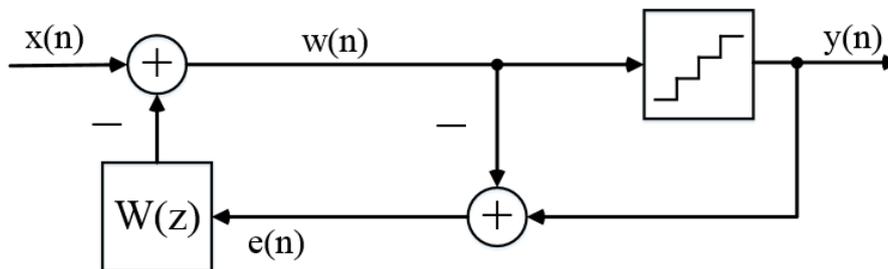


Рис. 1. Структурная схема цифрового дельта-сигма модулятора с обратной связью по ошибке квантования.

Подавление шума квантования возможна не только в области низких частот для этого достаточно просто изменить передаточную функцию $W(z)$, k -порядок модулятора. [5].

Таблица1 Передаточная функция $W(z)$ для различных областей частот

| Тип модулятора | Передаточная функция $W(z)$ |
|-----------------|-----------------------------|
| Низкочастотный | $1-(1-z^{-1})^k$ |
| Полосовой | $1-(1+z^{-2})^k$ |
| Высокочастотный | $1-(1+z^{-1})^k$ |

В дельта-сигма модуляторе может быть реализовано как одноразрядное там и многоразрядное квантование. Рассмотрим основные достоинства и недостатки одноразрядного квантования.

Достоинства:

- максимальная простота, используется одноразрядный ЦАП;
- в роли переключающей ячейки ЦАП может использоваться любое ключевое устройство.

Недостатки:

- невысокий порядок;
- высокий уровень шумов.

Избавиться от недостатков позволяет использование многокаскадного квантования:

- позволяет повышать порядок модулятора при этом сохраняя устойчивость;
- снижает уровень шумов;
- уменьшает требования к выходному фильтру.

Основным недостатком является увеличение разрядности и усложнение структуры ЦАП.

Таким образом, использование дельта-сигма модуляторов позволяет устранить ряд недостатков характерных цифроаналоговым преобразователям со скоростью Найквиста.

1. Позволяет снизить разрядность ЦАП с сохранением динамических характеристик. Возможно понижение разрядности до единицы и использование для формирования выходного аналогового сигнала любого ключевого устройства.

2. Введение цифрового дельта-сигма модулятора для понижения разрядности ЦАП снижает и долю аналоговых блоков в устройстве.

Литература

1. Kroupa, V.F. Direct Digital Frequency Synthesizers. / V.F. Kroupa –New York: John Wiley & Sons, Ltd, 1998. – 396 с.

2. Kazuno, Masafumi & Motoyoshi, Mizuki & Kameda, Suguru & Suematsu, Noriharu. (2018). 26 Hz-Band Direct Digital Signal Generation by a Manchester Coding 1-Bit Band-Pass Delta-Sigma Modulator using It's 7th Nyquist Zone. 1-3. 10.1109/GSMM.2018.8439555.

3. Pavan S., Schreier R., Temes G.C. Understanding Delta-Sigma Data Converters. N.Y.: IEEE, 2017.

4. de la Rosa J.M. Sigma-Delta Converters: Practical Design Guide. N.Y.: IEEE, 2018.

5. Енученко, М.С. Цифроаналоговые преобразователи на основе дельта-сигма-модуляторов / М.С. Енученко, А.С. Коротков // Радиотехника и электроника. – 2022. – Т. 67. – № 1. – С. 3-19. – DOI 10.31857/S003384942201003X. – EDN XYDMRT.