

АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ТРАКТ ЗАСОБІВ ЦИФРОВОГО ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено метод розширення динамічного діапазону аналого-цифрових трактів засобів цифрового оброблення сигналів за рахунок цифрової фільтрації вихідних сигналів аналого-цифрового перетворювача. У рамках запропонованого методу отримано вирази для оцінювання нелінійних спотворень сигналів в аналого-цифровому тракті. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що вдається розширити динамічний діапазон аналого-цифрового тракту на 8 – 10 дБ порівняно з існуючим методом аналогової смугової фільтрації вхідного сигналу.

Ключові слова: аналого-цифровий тракт, аналого-цифровий перетворювач, смугова фільтрація, цифрова фільтрація, динамічний діапазон

Вступ

Аналого-цифровий тракт (АЦТ) є одним з найважливіших складових сучасних і перспективних засобів цифрового оброблення сигналів (ЦОС) в інфокомунікаційних системах та в значній мірі визначає їх граничні можливості за швидкістю і за динамічним діапазоном [1]. Тому основну увагу розробники інфокомунікаційних систем зосереджують на розширенні динамічного діапазону АЦТ. Однак, використання відомих методів у покращенні характеристик АЦТ засобів ЦОС не дозволяють реалізувати потенційно досяжний динамічний діапазон [2]. Таким, чинном актуальною задачею є розробка АЦТ з розширеним динамічним діапазоном при збереженні потенційно високої швидкодії засобів ЦОС.

Метою роботи є розширення динамічного діапазону АЦТ засобів оброблення сигналів за рахунок цифрової фільтрації вихідних сигналів аналого-цифрового перетворювача.

Результати дослідження

Оброблення сигналів в ідеальній аналоговій частині АЦТ, що не вносить власних шумів і спотворень, може змінити динамічний діапазон за рахунок смугової фільтрації. Така процедура використовується для забезпечення вимог теореми Котельнікова-Шеннона при дискретизації сигналів в аналого-цифровому перетворювачі (АЦП).

Смугова фільтрація повинна виконуватись за умови відсутності спотворень оброблюваних сигналів. Але смуга пропускання цього фільтра Δf_{bf} може бути вужчою, ніж частотна смуга вхідного РС Δf_{in} . Коефіцієнт фільтрації для ідеальної аналогової частини АЦТ дорівнює

$$Q_{iap} = 10 \log \frac{\Delta f_{in}}{\Delta f_{bf}}. \quad (1)$$

Цей вираз демонструє вигравш у динамічному діапазоні для аналогової частини АЦТ, що не вносить власних спотворень і шумів.

Вираз для визначення коефіцієнта фільтрації цифрової частини має вигляд аналогічний виразу (1) і з урахуванням втрат α_d при цифровому обробленні сигналів набуде такого вигляду:

$$Q_{rdp} = 10 \log \frac{\Delta f_{bf}}{\Delta f_{out}} - \alpha_d. \quad (2)$$

Наявність втрат α_d обумовлено таким чинником, як вагове зважування (при цьому значення втрат залежать від типу застосованої віконної функції).

Структура АЦТ, що функціонує на базі запропонованого методу, представлена на рис. 1.

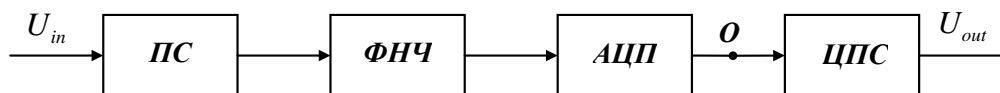


Рис. 1. Структура АЦТ з цифровою фільтрацією вихідного сигналу

Аналогова частина АЦТ містить послідовно ввімкнені каскади підсилення (ПС) та фільтра нижніх частот (ФНЧ). Вихідний сигнал АЦП обробляється у цифровому процесорі сигналів (ЦПС) за алгоритмом цифрової фільтрації.

При оцінюванні ефективності методу вважаємо, що динамічний діапазон вхідної аналогової частини АЦТ ширший, ніж динамічний діапазон аналого-цифрового перетворювача. Динамічний діапазон АЦП у робочій смузі частот дорівнює задекларованому у паспортних даних значенню D_{ADC} . Динамічний діапазон на виході АЦТ ширший динамічного діапазону в точці O на значення коефіцієнта фільтрації цифрової частини:

$$D_{ADT_{df}} = D_{ADC} + 10 \lg \frac{f_s}{2(c^2 + 1)\Delta f_{out}} - \alpha_d. \quad (3)$$

Таким чином, запропонований метод дає можливість суттєво розширити динамічний діапазон АЦТ засобів ЦОС та забезпечити функціонування інфокомунікаційних систем з широким класом сигналів.

Висновки

У роботі представлено метод розширення динамічного діапазону АЦТ засобів ЦОС, який базується на процедурі цифрової фільтрації вихідного сигналу АЦП. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки розробленому методу вдається розширити динамічний діапазон АЦТ на 8 – 10 дБ порівняно з існуючим методом аналогової смугової фільтрації вхідного сигналу. Запропонований метод можна використовувати в інфокомунікаційних системах для ЦОС у режимі реального масштабу часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г. Г., Кичак В. М., Стальченко О. В. Аналого-цифрові тракти комп'ютерних систем з цифровим обробленням високочастотних сигналів : монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 140 с.
2. Бортник Г.Г., Бортник С.Г., Кичак В. М. Методи та засоби аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів : монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 128с.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com

Бортник Сергій Геннадійович – канд. техн. наук, доцент кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sbortnyk@gmail.com

ANALOG-DIGITAL PATH OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING DEVICES IN INFOCOMMUNICATION SYSTEMS

Abstract

The paper presents a method for expanding the dynamic range of analog-digital paths of digital signal processing devices by digital filtering of the output signals of the analog-digital converter. Within the framework of the proposed method, expressions for evaluating nonlinear signal distortions in the analog-digital path are obtained. Analysis of the effectiveness of the proposed method confirmed that it is possible to expand the dynamic range of the analog-digital path by 8-10 dB compared to the existing method of analog bandpass filtering of the input signal.

Keywords: analog-to-digital path, analog-to-digital converter, bandpass filtering, digital filtering, dynamic range.

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, bgen88@gmail.com

Bortnyk Serhii Gennadiiovych – Ph.D., docent of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sbortnyk@gmail.com