

МЕТОД РОЗШИРЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДІАПАЗОНУ ШИРОКОСМУГОВНИХ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З КОРИГУВАННЯМ ЧАСОВОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі запропоновано метод розширення динамічного діапазону широкосмугових аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) на базі коригування часової невизначеності вихідного сигналу. Доведено, що часова невизначеність вихідного сигналу АЦП проявляється у вигляді періодично повторюваних складових широкосмугового шуму у спектрі цифрового сигналу АЦП. При цьому здійснюється компенсація похибки часової нестабільності у цифровій формі з використанням розкладання у ряд Тейлора.

Ключові слова: аналого-цифрові перетворювачі, часова невизначеність, багатофазова дискретизація, динамічний діапазон

Abstract

The paper proposes a method of expanding the dynamic range of broadband analog-digital converters (ADCs) on the basis of adjusting the time uncertainty of the output signal. It is proved that the temporal uncertainty of the ADC output signal manifests itself in the form of periodically repeating broadband noise components in the spectrum of the ADC digital signal. At the same time, the compensation of the temporal instability error is carried out in digital form using Taylor series expansion.

Keywords: analog-digital converters, time uncertainty, multiphase sampling, dynamic range

Вступ

Широкосмугові аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) знаходять широке використання в сучасних програмно-визначених радіоприймальних пристроях. Для підвищення швидкодії таких АЦП використовують архітектуру структурного розпаралелювання процесу аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів [1].

Дискретизація вхідного сигналу в реальних АЦП паралельного типу супроводжується відхиленням фактичних моментів формування відліків сигналу від їх номінального положення на осі часу. В результаті виникає явище часової невизначеності вихідного сигналу АЦП. Це призводить до появи у спектрі вихідного сигналу перетворювача паразитних частотних складових, які звужують динамічний діапазон АЦП [2]. Поява нових радіоприймальних пристроїв з розширеною смугою вхідних сигналів підвищує вимоги до динамічного діапазону перетворюваних сигналів, що обумовлює актуальність дослідження АЦП з розширеним динамічним діапазоном.

Метою даної роботи є розширення динамічного діапазону широкосмугових АЦП з багатофазовою дискретизацією за рахунок коригування часової невизначеності вихідного сигналу.

Результати дослідження

У засобах аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів використовується структурна побудова, що базується на принципі розпаралелювання каналів оброблення з розгортанням у часі. Перший результат оброблення сигналу на виході АЦП з'являється через інтервал часу T_I , що дорівнює часу перетворення сигналу в одному каналі АЦП. Відхилення реальних моментів відліків t_i , від їх номінальних значень призводить до того, що вибірки сигналу виконуються в моменти часу \tilde{t}_i , що відрізняються від номінальних значень на Δt . За час Δt вхідний сигнал встигає змінитись на значення ΔU , що призводить до появи у вихідному сигналі паразитних складових. Для послаблення цього явища пропонується виконувати коригу-

вання часової невизначеності вихідного сигналу АЦП. Процес коригування складається з двох етапів: оцінювання та компенсації. На першому етапі необхідно виконати оцінювання значення часової невизначеності. Взаємодію цього чинника з шумами інших джерел можна представити у вигляді сумарного відношення сигнал/шум n -розрядного АЦП SNR_{Σ} . Значення часової нестабільності вихідного сигналу АЦП та його залежність від частоти вхідного тестового сигналу можна знайти з виразу для SNR_{Σ} . Для цього необхідно виконати два вимірювання. Перше вимірювання виконується для низькочастотного тестового сигналу. Для цього випадку вираз для SNR_{Σ} необхідно перетворити для знаходження нелінійності характеристики перетворення АЦП

$$\delta = 2^n \cdot 10^{-\frac{SNR}{20}} - 1, \quad (1)$$

де SNR – відношення сигнал/шум АЦП, що визначене при низькочастотному сигналі.

Наступним етапом вимірювання є визначення відношення сигнал/шум АЦП SNR_{Σ} на граничній частоті тестового вхідного сигналу. Компенсацію похибки часової нестабільності пропонується здійснювати у цифровій формі з використанням розкладання у ряд Тейлора. Вихідний сигнал АЦП зі скомпенсованою похибкою часової нестабільності в межах i -ї точки відліків буде мати вигляд

$$\hat{U}_i = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{U_i^{(r)}}{r!} \Delta t_i^r. \quad (2)$$

Етап калібрування виконується в умовно-реальному масштабі часу, а розрахунок коригувальних членів та запис їх значень в блоці коригування сигналу (БКС) виконується з частотою, доступною для функціонування комп'ютера. У робочому режимі на вхідну шину АЦП подається реальний аналоговий сигнал. Скоригований вихідний сигнал АЦП з виходу БКС подається на вихідну шину пристрою.

Висновки

У роботі запропоновано метод розширення динамічного діапазону широкосмугових АЦП на базі коригування часової невизначеності вихідного сигналу. Встановлено, що дискретизація вхідного сигналу в реальних АЦП супроводжується відхиленням фактичних моментів формування відліків сигналу. В результаті виникає явище часової невизначеності вихідного сигналу паралельного АЦП. Процес коригування складається з двох етапів: оцінювання та компенсації. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки розробленому методу вдається розширити динамічний діапазон 16-розрядного швидкодіючого АЦП на 25 дБ у смузі високих частот.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.В. Стальченко, “Пристрій аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів”, Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, № 3, С. 82-85, 2013.
2. 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.

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

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bgen88@gmail.com

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