

ШВИДКОДІЙНИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З КОРИГУВАННЯМ ПОХИБОК ЧАСОВОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено метод покращення роздільної здатності швидкодіючого аналого-цифрового перетворювача сигналів з коригуванням похибок часової невизначеності вихідного сигналу. Доведено, що часова невизначеність вихідного сигналу перетворювача проявляється у вигляді паразитних складових у спектрі вихідного сигналу. Компенсація похибок часової невизначеності виконується за допомогою цифрової фільтрації сигналів у кожному каналі аналого-цифрового перетворювача.

Ключові слова: аналого-цифровий перетворювач, часова невизначеність, роздільна здатність

Abstract

The paper presents a method of improving the resolution of a high-speed analog-to-digital signal converter with correction of the errors of the time uncertainty of the output signal. It is proved that the temporal uncertainty of the output signal of the converter manifests itself in the form of parasitic components in the spectrum of the output signal. Compensation of time uncertainty errors is performed using digital filtering of signals in each channel of the analog-to-digital converter.

Keywords: analog-digital converter, time uncertainty, resolution

Вступ

Швидкодіючі аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) знаходять широке використання в цифрових телекомунікаційних системах. Забезпечення високої швидкодії АЦП здійснюється за рахунок структурного розпаралелювання каналів аналого-цифрового перетворення сигналів з подальшим розгортанням у часі. Така побудова передбачає використання багатофазної дискретизації паралельно ввімкнених M каналів АЦП, що дає можливість підвищити частоту дискретизації пристрою аналого-цифрового перетворення сигналів в M разів [1].

У швидкодіючому АЦП, побудованому на базі багатоканальної паралельної структури процес формування вихідного сигналу супроводжується відхиленням фактичних моментів відліків сигналу від їх номінального положення на часовій осі. У результаті виникають похибки часової невизначеності відліків вихідного сигналу АЦП [2]. Це призводить до зменшення ефективного числа розрядів АЦП і як наслідок зниження роздільної здатності перетворювача [3]. Розробка телекомунікаційних систем передачі високочастотних сигналів з широким динамічним діапазоном обумовлює актуальність дослідження швидкодіючих АЦП з високою роздільною здатністю.

Метою роботи є підвищення роздільної здатності швидкодіючого АЦП за рахунок коригування похибок часової невизначеності відліків вихідного сигналу.

Результати дослідження

Швидкодіючий АЦП містить M каналів, які побудовано на базі паралельних АЦП (ПАЦП), що дискретизуються з частотою F_s/M . На вихідній шині швидкодіючого АЦП формуються відліки вихідного сигналу $y(n)$ з частотою F_s . На виході m -го ПАЦП цифровий сигнал можна представити у такому вигляді:

$$x_m(n) = u_m(t_n) = u_m(nT_1 + mT_s + \Delta t_m), \quad (1)$$

де T_s – період дискретизації; $T_1 = MT_s$ – період тактового генератора;

Δt_m – похибка часової невизначеності вихідного сигналу АЦП.

Вихідний сигнал $y(n)$ швидкокодійного АЦП у частотній області можна знайти, виконавши дискретне перетворення Фур'є:

$$Y(j\omega) = \sum_{m=0}^{M-1} X_m(e^{jM\omega})e^{-j\omega m}, \quad (2)$$

де $\omega = \Omega T_s$ – пронормоване значення частоти Ω вхідного сигналу АЦП.

Підставивши у вираз (2) значення цифрового сигналу m -го ПАЦП та враховуючи амплітудно-частотну характеристику аналогових вхідних вузлів ПАЦП [2], отримаємо:

$$Y(j\omega) = \frac{1}{MT_s} \sum_{k=0}^{\infty} \left[U\left(j\left(\frac{\omega}{T_s} - \frac{2\pi k}{MT_s}\right)\right) \cdot \sum_{m=0}^{M-1} e^{-j\frac{(\omega-2\pi k)\Delta_m/T_s}{M}} e^{-j\frac{2\pi km}{M}} \right]. \quad (3)$$

Спектр вихідного сигналу АЦП містить паразитні складові, що обумовлені наявністю похибок часової невизначеності. Для компенсації цих складових пропонується на виході кожного каналу аналого-цифрового перетворення використовувати фільтри з передатною характеристикою $F_m(j\omega)$. Тоді вихідний сигнал швидкокодійного АЦП з урахуванням коригування паразитних частотних складових, набуде такого вигляду:

$$Y(j\omega) = \frac{1}{MT_s} \sum_{k=0}^{\infty} \left[U\left(j\left(\frac{\omega}{T_s} - \frac{2\pi k}{MT_s}\right)\right) \cdot \sum_{m=0}^{M-1} \left(F_m(j\omega) H\left(j\left(\frac{\omega}{T_s} - \frac{2\pi k}{MT_s}\right)\right) \right) \right]. \quad (4)$$

Знаходження похибок часової невизначеності для кожного каналу АЦП здійснюється на базі тестового сигналу синусоїдальної форми. В результаті аналізу роздільної здатності 8-розрядного швидкокодійного АЦП, що використовує запропонований метод коригування похибок часової невизначеності, отримано ефективну розрядність АЦП на рівні 6-7 біт у робочій смузі частот. Водночас, ефективне число розрядів швидкокодійного АЦП без коригування дорівнює 4-5 біт.

Висновки

У роботі запропоновано метод покращення роздільної здатності швидкокодійного АЦП на базі коригування часової невизначеності вихідного сигналу. Компенсація паразитних складових у спектрі вихідного сигналу АЦП виконується за допомогою цифрової фільтрації. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки коригуванню часової невизначеності вдається підвищити ефективне число розрядів швидкокодійного АЦП на 1-2 біти у смузі робочих частот.

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

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

Бортник Олександр Геннадійович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: alex.bortnik.it@gmail.com

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

Bortnyk Oleksandr Hennadiiovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: alex.bortnik.it@gmail.com