

АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ПАРАЛЕЛЬНО-ПОСЛІДОВНОГО ТИПУ З КОРИГУВАННЯМ ПОХИБОК НЕЛІНІЙНОСТІ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі запропоновано метод підвищення роздільної здатності паралельно-последовного аналого-цифрового перетворювача (ППАЦП) за рахунок коригування похибок нелінійності. Розроблений ППАЦП дозволяє виконувати перетворення сигналів у широкій смузі частот і характеризуються високою роздільною здатністю та відповідністю похибок перетворення задекларованій роздільній здатності ППАЦП. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що вдається підвищити ефективну розрядність 12-розрядного швидкокодійного ППАЦП на 1,9 біта у смузі високих частот.

Ключові слова: аналого-цифровий перетворювач, похибки нелінійності, роздільна здатність, ефективне число розрядів

Abstract

The paper proposes a method for increasing the resolution of a parallel-to-serial analog-to-digital converter (PSADC) by correcting nonlinearity errors. The developed PSADC allows you to perform conversion of signals in a wide frequency band and is characterized by high resolution and the correspondence of conversion errors to the declared resolution of the PSADC. The analysis of the effectiveness of the proposed method confirmed that it is possible to increase the effective bit rate of a 12-bit high-speed PSADC by 1,9 bits in the high frequency band.

Keywords: analog-to-digital converter, nonlinearity errors, resolution, effective number of bits

Вступ

Паралельно-последовні аналого-цифрові перетворювачів (ППАЦП) знаходять широке використання в сучасних системах з цифровим обробленням сигналів. Такі АЦП характеризуються вищою швидкодією порівняно з последовними АЦП [1]. Водночас роздільна здатність ППАЦП у широкій смузі частот нижча потенційно можливої, що визначається розрядністю ППАЦП [1].

Незважаючи на інтенсивні дослідження методів коригування похибок АЦП, вони у ряді випадків є малоефективними, зокрема слабо досліджена ефективність коригування похибок нелінійності для швидкокодійних ППАЦП, що отримали найбільшого поширення [2]. У зв'язку з цим задача дослідження методів коригування похибок нелінійності ППАЦП є актуальною.

Метою даної роботи є підвищення роздільної здатності АЦП паралельно-последовного типу за рахунок коригування похибок нелінійності.

Результати дослідження

Найбільш перспективним шляхом підвищення роздільної здатності ППАЦП у теперішній час є застосування методів коригування похибок нелінійності перетворювачів.

ППАЦП містить декілька каскадів, у кожному з яких є малорозрядний АЦП паралельного типу (ПАЦП), цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) та аналоговий віднімальний пристрій. Такий ППАЦП містить два малорозрядні ПАЦП, які працюють последовно у часі. Аналоговий сигнал $U_{\text{вх}}$ подається на вхід першого ПАЦП1. На його виході утворюються старші розряди двійкового коду N_1 , які перетворюються ЦАП та у вигляді напруги $U_{\text{ЦАП}}$ відповідного коду старших розрядів, потрапляють на один із входів операційного підсилювача (ОП). На другий вхід ОП подається вхідний сигнал. ОП виконує функції формувача різницевого сигналу $U_{\text{вп}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{ЦАП}})$ та підсилювача різниці $U_{\text{вп}}$ з коефіцієнтом підсилення $k = 2^{N_1}$. Вихід-

ний сигнал ОП зі значенням $k \cdot (U_{\text{вх}} - U_{\text{ЦАП}})$ потрапляє на вхід другого ПАЦП2, на виході якого формуються молодші розряди коду N_2 . Похибка нелінійності ППАЦП залежить від похибок аналогових вузлів перетворювача: ЦАП і ОП, а також похибки АЦП першого каскаду.

При визначенні розрядних похибок використовується така методика. Подача тестового сигналу з кодовим еквівалентом (N_T) на вхід АЦП спричиняє формування на його виході кодів: N_1 та N_2 . Загальний код результату перетворення N дорівнює сумі кодів N_1 , N_2 зі зсувом, що відповідає коефіцієнту послаблення сигналу з виходу допоміжного ЦАП. При цьому різниця загального коду результату N та точного коду вхідного сигналу N_T відповідає значенню у коді другого АЦП алгебраїчної суми похибок розрядів у стані «1» ($\alpha_i = 1$):

$$\sum_{i=1}^n \Delta m_i \cdot \alpha_i = N_T - (N_1 - N_2) = N_T - \left(\sum_{i=1}^n 2^{-i} \cdot \alpha_i + \sum_{n+p-m}^{n+p} 2^{-i} \cdot \alpha_i \right). \quad (1)$$

Використовуючи властивість (1), на першому етапі коригування подають на вхід АЦП тестові сигнали. За результатами перетворення сигналів формують рівняння вигляду (1) відносно n значень розрядних похибок. Таким чином, подаючи на вхід АЦП відповідні тестові сигнали, за результатами перетворень N_1 та N_2 визначають розрядні похибки у коді АЦП, які записують у постійний запам'ятовувальний пристрій (ПЗП) перетворювача. Далі відбувається процес формування та уведення поправок. Точне значення вихідного сигналу АЦП дорівнює

$$N_T = (N_1 + N_2) + \sum_{i=1}^n \Delta m_i \cdot \alpha_i. \quad (2)$$

З урахуванням виразу (2), у процесі перетворення сигналів в АЦП1 порозрядно зчитуються з ПЗП значення розрядних похибок. Ці значення надходять у накопичувальний суматор, де формується залежно від сигналу (α_i), значення коригувальної поправки до похибки перетворення АЦП1. Це значення підсумовується з вихідним кодом АЦП1 (N_1) та кодом АЦП2 (N_2). У результаті, на виході суматора формується точне значення вихідного сигналу (N_T).

Висновки

У роботі запропоновано метод покращення роздільної здатності АЦП паралельно-послідовного типу на базі коригування похибок нелінійності. Компенсація похибок нелінійності виконується у цифровій формі з використанням суматора на виході АЦП. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що вдається підвищити ефективну розрядність 12-розрядного швидкодійного ППАЦП на 1,9 біта у смузі високих частот.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Методи та засоби аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів: монографія / Г. Г. Бортник, С.Г. Бортник, В. М. Кичак. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 128с.
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 Gennadiiovych – Ph.D., docent of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sbortnyk@gmail.com