

МЕТОД РОЗШИРЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДІАПАЗОНУ ШВИДКОДІЙНИХ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПАРАЛЕЛЬНОГО ТИПУ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено метод розширення динамічного діапазону швидкодійних аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) на базі коригування часових зсувів імпульсів дискретизації. Доведено, що зменшення динамічних похибок у швидкодійних АЦП можна досягнути шляхом мінімізації часових зсувів тактових імпульсів. При цьому здійснюється калібрування кожного каналу АЦП шляхом внесення регульованої затримки фронтів імпульсів дискретизації.

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

Abstract

The paper presents a method for expanding the dynamic range of high-speed analog-to-digital converters (ADCs) based on the correction of time shifts of sampling pulses. It has been proven that the reduction of dynamic errors in high-speed ADCs can be achieved by minimizing the time shifts of clock pulses. At the same time, the calibration of each ADC channel is carried out by introducing an adjustable delay of the edges of the sampling pulses.

Keywords: high-speed analog-to-digital converters, aperture uncertainty, multiphase sampling, dynamic range

Вступ

Перспективність методів цифрового оброблення сигналів (ЦОС) вимагає підвищення швидкодії та розширення динамічного діапазону аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), які є ключовими елементами будь-якої системи з ЦОС. Метод структурного розпаралелювання процесу аналого-цифрового перетворення є ефективним напрямком побудови швидкодійних АЦП. Швидкодійні АЦП з багатофазовою дискретизацією будуються на базі ввімкнення кількох модулів АЦП паралельно по входам. Мультиплексування виходів M зразків АЦП дає можливість підвищити частоту дискретизації в M разів. Реальний динамічний діапазон швидкодійних АЦП з багатофазовою дискретизацією не досягає своїх потенційно теоретичних можливостей внаслідок впливу апертурної невизначеності результатів аналого-цифрового перетворення [1].

Метою даної роботи є розширення динамічного діапазону швидкодійних АЦП з багатофазовою дискретизацією за рахунок коригування фазових зсувів імпульсів дискретизації.

Результати дослідження

Структура швидкодійного пристрою аналого-цифрового перетворення з багатофазовою дискретизацією базується на паралельному нарощуванні декількох АЦП. Перший результат оброблення сигналу на виході такого пристрою з'являється через проміжок часу T , що є базовим періодом синхронізації АЦП. Усі наступні результати будуть з'являтися на виході з інтервалом T/M , де M – число каналів оброблення [2].

Параметри пристрою аналого-цифрового перетворення з багатофазовою дискретизацією визначаються сукупністю параметрів складових блоків АЦП, а також відносним розкидом цих параметрів. При цьому домінуючим є ефект апертурної невизначеності, що спричиняє виникнення амплітудних похибок, які чисельно дорівнюють приросту сигналу ΔU протягом апертурного часу Δt . Наявність

апертурної невизначеності в i -му каналі АЦП призводить до часового зсуву моментів дискретизації на Δt_i між фактичним фронтом тактового імпульсу та ідеальним фронтом.

Відліки вхідного сигналу i -го каналу АЦП здійснюються багаторазово і в результаті генерується послідовність різних ΔU . Сумарне значення похибки невизначеності для набору з N відліків можна представити у вигляді

$$\Delta U_{s_i} = \sum_{n=n_i}^{n_i+N} \left| \Delta t_i \frac{\partial U_{in}(t)}{\partial t} \right|_{t=(nM+i)T_s}, \quad (1)$$

де n_i – початкова точка накопичення похибки невизначеності.

Для випадку $N \rightarrow \infty$ вираз (1) можна записати у такому вигляді:

$$\Delta U_{s_i} = |\Delta t_i| \cdot N \cdot \left| \frac{\partial U_{in}(t)}{\partial t} \right|_{t=nT_s}. \quad (2)$$

З виразу (2) видно, що значення ΔU пропорційні модулю часового зсуву $|\Delta t|$. Таким чином, часові зсуви можна оцінити за значеннями ΔU .

У робочому режимі функціонування пристрою, сформовані при калібруванні часові затримки коригують часові зсуви імпульсів дискретизації АЦП.

Для аналізу ефективності запропонованого методу коригування розроблено модель швидкодіючого пристрою аналого-цифрового перетворення на базі чотирьох каналів 8-розрядних АЦП паралельного типу.

Аналіз моделі АЦП дозволяє стверджувати, що динамічний діапазон пристрою аналого-цифрового перетворення обмежується лише розрядністю використаних АЦП. Зі збільшенням частоти вхідних сигналів динамічний діапазон АЦП без коригування зменшується на 20 дБ, а використання режиму коригування часових зсувів демонструє незначне зменшення динамічного діапазону на 5 дБ.

Висновки

У роботі запропоновано метод розширення динамічного діапазону швидкодіючих АЦП на базі коригування часових зсувів імпульсів дискретизації. Встановлено, що джерелом динамічних похибок у швидкодіючих АЦП з багатофазовою дискретизацією є апертурна невизначеність вибірок сигналу у кожному каналі. Доведено, що зменшення цих похибок можна досягнути шляхом мінімізації часових зсувів тактових імпульсів.

Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки розробленому методу вдається розширити динамічний діапазон 8-розрядного швидкодіючого АЦП паралельного типу на 15 дБ у смузі високих частот.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г. Г., Бортник С. Г., Кичак В. М. Методи та засоби аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів: монографія. – 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

Кирилюк Сергій Олександрович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kso1996.08@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

Kyrylyuk Sergiy Olexandrovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kso1996.08@gmail.com