

АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З БАГАТОФАЗОВОЮ ДИСКРЕТИЗАЦІЄЮ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено метод розширення динамічного діапазону швидкодіючих аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) з багатофазовою дискретизацією. Доведено, що зменшення динамічних похибок в АЦП можна досягнути шляхом мінімізації часових зсувів імпульсів дискретизації. При цьому здійснюється калібрування кожного каналу АЦП шляхом введення затримки імпульсів дискретизації. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки розробленому методу вдається розширити динамічний діапазон 10-розрядного АЦП на 25 дБ у смузі робочих частот.

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

Abstract

The paper presents a method for expanding the dynamic range of high-speed analog-to-digital converters (ADCs) with multiphase sampling. It is proven that reducing dynamic errors in ADCs can be achieved by minimizing the time shifts of sampling pulses. In this case, each ADC channel is calibrated by introducing a delay of sampling pulses. Analysis of the effectiveness of the proposed method confirmed that thanks to the developed method, it is possible to expand the dynamic range of a 10-bit ADC by 25 dB in the operating frequency band.

Keywords: analog-digital converter, resolution, time uncertainty

Вступ

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) на базі багатофазової дискретизації будуються шляхом паралельного ввімкнення кількох модулів АЦП по входам і вибіркам сигналу, що зсунені одна відносно одної. Мультиплексування виходів M модулів АЦП дає можливість збільшити частоту дискретизації в M разів [1]. Але при цьому виникають динамічні похибки аналого-цифрового перетворення, що обумовлені виникненням апертурної невизначеності результатів перетворення в окремих зразках АЦП [2]. Традиційний метод вирішення такої проблеми полягає у прецизійному виборі мікросхем АЦП з ідентичними динамічними параметрами [3]. Реалізація такого підходу ускладнює процес створення пристроїв аналого-цифрового перетворення, тому що вимагає використання складних інформаційно-вимірювальних засобів контролю динамічних параметрів АЦП. Тому задачі підвищення ефективності швидкодіючих пристроїв аналого-цифрового перетворення як і раніше залишаються актуальними.

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

Результати дослідження

Структура пристрою аналого-цифрового перетворення з багатофазовою дискретизацією базується на паралельному нарощуванні кількох АЦП. Перший результат оброблення сигналу на виході такого пристрою з'являється через проміжок часу T , що є основним періодом синхронізації АЦП. Усі наступні результати перетворення будуть з'являтися на виході з інтервалом T/M , де M – число каналів перетворення. Сигнал на виході i -го каналу АЦП з періодом дискретизації T_s дорівнює

$$D_{out_i} = U_{in}[t - (nM + i)T_s], \quad (1)$$

де U_{in} – вхідний сигнал.

Вихідні значення з кожного каналу АЦП через мультиплексор надходять на вихід пристрою аналого-цифрового перетворення, вихідний сигнал якого дорівнює

$$D_{out}(n) = U_{in}[nT_s]. \quad (2)$$

Таким чином, сигнали на виході пристрою з'являються з частотою, що в M разів вища, ніж частота перетворення одного каналу АЦП. Параметри пристрою аналого-цифрового перетворення з багатофазовою дискретизацією визначаються сукупністю параметрів складових блоків АЦП. При цьому домінуючим є ефект апертурної невизначеності, що спричиняє виникнення амплітудних похибок, які 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.

Сумарне значення похибки невизначеності для набору з N відліків можна представити у вигляді

$$\Delta U_{s_i} = |\Delta t_i| \cdot N \cdot \left| \frac{\partial U_{in}(t)}{\partial t} \right|_{t=nT_s}. \quad (3)$$

З виразу (3) видно, що значення ΔU пропорційні модулю часового зсуву $|\Delta t|$. Таким чином, часові зсуви можна оцінити за значеннями ΔU .

В роботі запропоновано спосіб калібрування часового зсуву в каналі АЦП. Значення часового зсуву відліків сигналу в досліджуваному каналі АЦП оцінюється відносно відліків, що формуються в опорному каналі АЦПО. У робочому режимі функціонування пристрою, сформовані при калібруванні часові затримки коригують часові зсуви імпульсів дискретизації АЦП.

Аналіз ефективності запропонованого методу показав, що у смузі низьких частот динамічний діапазон 10-розрядного пристрою аналого-цифрового перетворення обмежується лише розрядністю використаних АЦП [4]. При збільшенні частоти входних сигналів динамічний діапазон АЦП без коригування зменшується на 30 дБ, а використання режиму коригування часових зсувів демонструє незначне зменшення динамічного діапазону на 5 дБ.

Висновки

У роботі запропоновано метод розширення динамічного діапазону АЦП на базі коригування часових зсувів імпульсів дискретизації. Встановлено, що джерелом динамічних похибок в 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. При цьому здійснюється калібрування кожного каналу АЦП шляхом внесення регульованої затримки фронтів імпульсів дискретизації. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки розробленому методу вдається розширити динамічний діапазон 10-розрядного АЦП на 25 дБ у смузі високих 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.
4. Бортник Г.Г., Мінов М.Л., Стальченко О.В., "Аналіз ефективності аналого-цифрового перетворення сигналів у радіотехнічних комплексах", Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 2, С. 12-15, 2011.

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