

Г.Г. БОРТНИК, М.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ

Вінницький національний технічний університет
ПАТ „Укртелеком“
т. 043-2-59-86-74
E-mail: bgen88@gmail.com

ПРИСТРІЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ

Властивості та характеристики аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) безпосередньо впливають на ефективність функціонування інформаційно-вимірювальних систем, комп'ютерних систем діагностування та контролю параметрів процесів і середовищ, пристрій контролю технологічних процесів. Тобто, ефективність практичного використання сучасних комп'ютерних систем і компонентів у різних галузях визначається рівнем і перспективами розвитку АЦП, які є перетворювачами форми інформації та здійснюють з високою точністю перетворення неперервної форми представлення інформації у дискретну форму [1].

Незважаючи на ряд вже вирішених питань, при застосуванні АЦП, існує ще багато проблем, які стримують широке використання АЦП в комп'ютерних системах. А саме: низька роздільна здатність при перетворенні широкосмугових вхідних сигналів [2].

Метою роботи є підвищення роздільної здатності пристрій аналогово-цифрового перетворення шляхом коригування динамічних похибок, що виникають при перетворенні широкосмугових сигналів у комп'ютерних системах.

Для досягнення високої лінійності аналогово-цифрового перетворення у динамічному режимі застосовується принцип коригування із заміщенням. Для даного принципу вихідний код АЦП, що підлягає коригуванню є адресою скоригованого значення АЦП. Тобто, виконується заміщення коду $y(i)$ скоригованим кодом $y_c(i)$: $y(i) \rightarrow y_c(i)$. Якщо АЦП характеризується похибкою $\Delta y(i)$, то в таблиці скоригованих значень (ТСЗ) записується значення $y_c(i)$. Таким чином, коригування відбувається шляхом зіставлення вихідної вибірки АЦП $y(i)$ з відповідною адресою таблиці $A(i)$.

Даний принцип коригування має лише одну послідовну ввімкнену ланку оброблення вихідного сигналу АЦП, що дає можливість покращувати технічні характеристики швидкодійних АЦП. Тому коригування із заміщенням при реалізації ТСЗ на базі ПЗП з розрядністю 8÷16 біт створює умови для збереження високої швидкодії пристрій аналогово-цифрового перетворення. Таким чином, такий принцип коригування є ефективним при побудові пристрій аналогово-цифрового перетворення зі статистичним коригуванням у комп'ютерних системах.

Калірування АЦП шляхом записування у таблицю відповідних скоригованих значень і вибір тестових сигналів для цього є непростою задачею. Точність коригування залежить від методу визначення динамічних характеристик досліджуваного АЦП. Коригувальні коефіцієнти визначаються на основі статистичного методу коригування похибок лінійності АЦП при перетворенні широкосмугових сигналів. Даний метод, на відміну від існуючих базується на оцінюванні спотоворень функції розподілу вхідного тестового сигналу при каліруванні, що дає можливість повніше оцінити динамічні властивості контролюваного АЦП, а це створює умови для підвищення роздільної здатності АЦП у режимі коригування.

Як найбільш оптимальний тип тестового впливу запропоновано чотиритональний сигнал, що використовується при статистичному коригуванні похибок лінійності АЦП. Аналіз статистичних властивостей даного тестового сигналу довів, що він з одного боку, дає змогу забезпечити режими функціонування АЦП, які є адекватними реальним, а з іншого – просто реалізується при використанні широкої номенклатури стандартних генераторів високочастотних сигналів.

Структура пристрію аналогово-цифрового перетворення широкосмугових сигналів на базі методу статистичного коригування похибок лінійності наведена на рис. 1.

Дана структура містить: вхідну шину U_{in} , вихідну цифрову шину $y_c(i)$, вихідну аналогову шину U_{out} , шину інтерфейсу Centronics, підсилювач напруги (ПН), аналоговий комутатор (АК), цифроаналоговий перетворювач (ЦАП), базовий АЦП, ПЗП скоригованих значень (ПЗП СЗ), ПЗП значень тестового сигналу (ПЗП ЗС), генератор тактових імпульсів (ГТИ), блок керування (БК), елемент затримки (ЕЗ), двійковий лічильник адреси (ДЛА), подільник частоти (ПЧ), контролер введення-виведення даних (КВВД).

Пристрій аналогово-цифрового перетворення функціонує у двох режимах. У режимі калірування формується псевдовипадковий (четиритональний) тестовий сигнал за допомогою внутрішнього цифроаналогового генератора. Цей генератор містить подільник частоти (ПЧ), ДЛА, ПЗП ЗС, ЦАП, ПН, причому він побудований на базі принципу прямого цифрового синтезу тестового сигналу.

Прямий цифровий синтез сигналів здійснюється шляхом опитування запам'ятовувального пристрою, у якому зберігаються відцифровані відліки сигналу заданої форми з перетворенням їх в аналоговий сигнал за допомогою швидкодійних ЦАП [3]. Генерація сигналу з точно заданою частотою базується на формуванні адреси відліків сигналу.

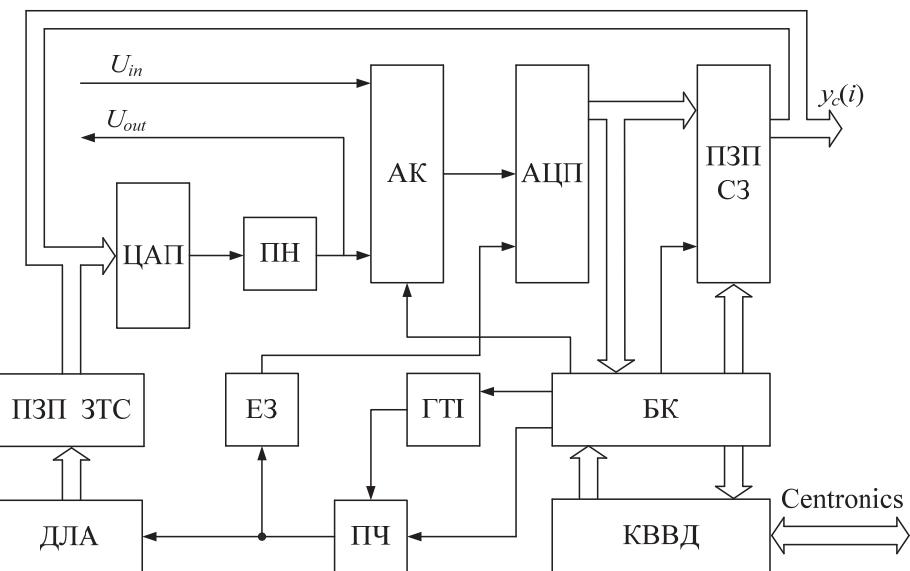


Рис. 1. Структура пристрою аналого-цифрового перетворення широкосмугових сигналів зі статистичним коригуванням

Блок ПЗП зберігає шаблони цифрових сигналів заданої форми. ЦАП відповідної розрядності та швидкодії перетворює цифровий сигнал в аналоговий, який підсилюється буферним підсилювачем ПН. Порівняно з аналоговими цифрові генератори характеризуються вищими метрологічними характеристиками, а саме високою точністю та стабільністю встановлення частоти й амплітуди. Okрім того, вбудований цифровий генератор тестових сигналів створює можливості для автоматизації налаштування частоти згідно заданої програми. Надлишковість пристрою аналого-цифрового перетворення за рахунок вбудованого тестового генератора невисока, тому що найскладніші блоки генератора ЦАП і ПН використовуються як в режимі калібрування, так і в режимі контролю форми вихідного сигналу АЦП.

У робочому режимі коригування результатів аналого-цифрового перетворення відбувається шляхом заміщення вихідних кодів АЦП, які є адресами комірок скоригованих значень. Тобто, в ПЗП СЗ зберігається не $\Delta y(i)$, а результат $y_c(i) = y(i) + \Delta y(i)$. При цьому, розрядність ПЗП n_{ROM} відповідає розрядності базового АЦП, тобто $n_{ROM} = n_{ADC}$. У результаті зі схеми пристрою аналого-цифрового перетворення вилучається цифровий суматор. Тому з'являється можливість для збереження високої швидкодії АЦП. Слід відмітити, що залежно від режиму роботи через АК за сигналом керування з БК подається чи тестовий сигнал з вхідної шини U_{in} чи вхідний сигнал U_{in} з виходу ПН.

Проведено аналіз граничної точності запропонованого пристрою аналого-цифрового перетворення широкосмугових сигналів на базі методу статистичного коригування. Отримані аналітичні вирази залежності втрати ефективної кількості розрядів від диференціальної нелінійності та нормованої динамічної похибки підтверджують, що статистичний метод коригування похибок лінійності АЦП дає змогу підвищити ефективну кількість розрядів на 1,5 ÷ 4,5 біти залежно від ступеня спотворення характеристики перетворення базового АЦП.

Література

1. Гельман М.М. Системные аналого-цифровые преобразователи и процессоры сигналов / М.М. Гельман. – М.: Мир, 1999. – 559 с. – ISBN 5-03-003316-5.
2. Кестер У. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов: пер. с англ. / Уолт Кестер. – М.: Техносфера, 2010. – 328 с. – ISBN 978-5-94836-243-4.
3. Кестер У. Аналого-цифровое преобразование: пер. с англ. / Уолт Кестер. – М.: Техносфера, 2007. – 1016 с. – ISBN 978-5-94836-146-8.