

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З КОРИГУВАННЯМ ПОМИЛОК

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі запропоновано критерій ефективності для оцінки методів коригування помилок аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), який враховує інформаційний виграш та складність системи і за допомогою якого можна провести аналіз АЦП. Виконано аналіз числових значень критерію ефективності АЦП, який дозволяє стверджувати, що існуючі методи аналого-цифрового перетворення з коригуванням характеризуються високою складністю та достатньо високим інформаційним виграшем.

Ключові слова: аналого-цифровий перетворювач, критерій ефективності, інформаційний виграш

Abstract

The paper proposes an efficiency criterion for evaluating methods of error correction of analog-to-digital converters (ADC), which takes into account the information gain and complexity of the system and which can be used to analyze the ADC. An analysis of the numerical values of the ADC efficiency criterion was performed, which allows us to state that the existing methods of analog-to-digital conversion with correction are characterized by high complexity and sufficiently high information gain.

Keywords: analog-digital converter, efficiency criterion, information gain

Вступ

Основними параметром аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) є точність. Усім АЦП властиві помилки, пов'язані з нелінійністю, які є наслідком фізичної недосконалості [1]. Традиційно проблеми, які пов'язані із підвищенням точності вирішуються шляхом уведення надлишковості у процес перетворення. Такий підхід призводить до того, що суттєво знижується швидкодія перетворення та ускладнюється апаратна реалізація. Тому аналіз методів коригування помилок АЦП та розробка рекомендацій щодо покращення якісних показників перетворювачів потребує подальшого розвитку.

Метою роботи є аналіз ефективності АЦП з коригуванням та розробка рекомендацій щодо підвищення точності АЦП з коригуванням.

Результати дослідження

Частинними критеріями, за допомогою яких аналізують АЦП є інформаційний виграш і складність. Найбільш розповсюдженими узагальненими критеріями є критерії кваліметрії виду [1]:

$$Q = (Ефект)/(Витрати).$$

Складність реалізації АЦП залежить від кількості цифрових і аналого-цифрових елементів k , які містить АЦП і визначається за формулою [2]:

$$Q_c = \frac{1}{(1 + 0,001 \cdot k)^k}. \quad (1)$$

Оптимальні структури АЦП мають значення даного критерію, що знаходиться в межах 0,9 – 1. Такі АЦП характеризуються невисокою складністю. Для складніших пристроїв аналого-цифрового перетворення даний критерій може приймати значення у межах 0,05 – 0,2.

Одним з основних параметрів пристроїв перетворення сигналів є інформаційний виграш, тобто приріст інформаційної продуктивності АЦП, який визначається за формулою [2]:

$$\Delta I = -F \log_2(1 - \beta), \quad (2)$$

де F - верхня частота в спектрі сигналу, який перетворюється;

β - коефіцієнт, який залежить від похибок АЦП і дорівнює:

$$\beta = (a\sigma_{нч}^2 + b\sigma_{вч}^2 + c\sigma_a^2 + d\sigma_{кв}^2) / \sigma^2, \quad (3)$$

де σ - середньоквадратичні значення результуючої похибки перетворювача;

a, b, c, d - коефіцієнти, які визначаються методом корекції.

На базі наведених частинних критеріїв ефективності можна знайти узагальнений критерій ефективності АЦП, який дорівнює:

$$Q = - \frac{F \log_2(1 - (a\sigma_{нч}^2 + b\sigma_{вч}^2 + c\sigma_a^2 + d\sigma_{кв}^2) / \sigma^2)}{(1 + 0,001 \cdot k)^k}. \quad (4)$$

З виразу (4) очевидно, що чим більше значення Q , тим ефективніший метод коригування і більший інформаційний вигравш. У таблиці 1 наведено оцінки критерію ефективності АЦП з різним методом корекцією помилок.

Таблиця 1 - Числові значення критерію ефективності АЦП з коригуванням помилок

| Варіант структури АЦП Критерій | АЦП на базі на базі надлишкових позиційних систем числення | АЦП порозрядного кодування з автокорекцією характеристики перетворення | Двоступеневий конвеєрний АЦП з корекцією помилок |
|---|--|--|--|
| Інформаційний вигравш, ΔI | 1,34F | 1,26 F | 1,17F |
| Складність системи, Q_c | 0,67 | 0,41 | 0,59 |
| Узагальнений критерій ефективності, Q | 0,89F | 0,51 F | 0,8F |

Згідно таблиці інформаційний вигравш ΔI для різних структур має достатньо високі значення, а реалізація, навпаки, є достатньо складною. Слід відмітити, що останнім часом формується нова методика коригування нелінійності АЦП, яка пов'язана з обробленням спектра вихідного сигналу АЦП. Такий підхід дає можливість визначення тонкої структури сигналу АЦП, що створює умови для підвищення точності калібрування [2].

Метод корекції нелінійності АЦП у спектральній області повинен, по-перше, підвищити значення інформаційного вигравшу за рахунок коригування спектра вихідного сигналу, а по-друге, знизити апаратну реалізацію, тобто складність системи.

Висновки

Розроблено критерій ефективності для оцінки методів коригування АЦП, який враховує інформаційний вигравш та складність системи і за допомогою якого можна провести аналіз АЦП.

Виконано аналіз числових значень критерію ефективності АЦП, який дозволяє стверджувати, що існуючі методи аналого-цифрового перетворення з коригуванням характеризуються високою складністю та достатньо високим інформаційним вигравшем.

Розроблено рекомендації для побудови АЦП з корекцією нелінійності, які базуються на спектральній методиці калібрування, що створює умови для покращення лінійності АЦП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г., Кичак В.М., Пунченко Н.О. Методи та пристрої оцінювання характеристик імпульсно-кодкових модуляторів широкосмугових сигналів : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2014. 147 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.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com

Бріль Михайло Романович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mishkabrill@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

Bryl Mykhailo Romanovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mishkabrill@gmail.com