

Оперативне оцінювання відхилень ваг розрядів АЦП послідовного наближення з ваговою надлишковістю

Захарченко С.М.¹, Захарченко М.Г.²

¹доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет
вул. Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, Україна, zahar@vntu.net

²старший викладач, Вінницький технічний коледж
вул. Хмельницьке шосе 91/2, м. Вінниця, Україна, mzahar@i.ua

Анотація — Запропоновано метод оперативного оцінювання відхилень ваг старших розрядів АЦП послідовного наближення, що побудований з використанням вагової надлишковості. Метод базується на аналізі характеристики перетворення АЦП в процесі основного перетворення. В основу методу покладено той факт, що при застосуванні вагової надлишковості множина вихідних кодових комбінацій АЦП буде обмеженою. Проаналізовано зв'язок між переліком можливих комбінацій на виході АЦП та відхиленнями ваг розрядів.

Ключові слова: аналого-цифрове перетворення, вагова надлишковість, АЦП послідовного наближення, відхилення ваг розрядів АЦП.

Operational assessment scales deviations bits successive approximation ADC with weight redundancy

Zakharchenko S.M.¹, Zakharchenko M.G.²

¹ Assistant professor, Department of Computer Facilities, Vinnytsia National Technical University
95 Khmelnytske shose, Vinnytsia, Ukraine, zahar@vntu.net

² Senior Lecturer, Vinnytsia Technical College
91/2 Khmelnytske shose, Vinnytsia, Ukraine, mzahar@i.ua

Abstract — The method of most significant bit's weight deviation operational assessment for successive approximation ADC that is implemented using weight redundancy. The method is based on analysis of a coding scheme in the main coding process. The method relies on the fact that a set of code combinations of ADC will be limited when applying weight redundancy. A relation between the list of possible code combinations in the output of ADC and the bit deviation was analysed.

Keywords: Analog-to-digital conversation, weight redundancy, successive approximation ADC, deviation of ADC bit's weight.

I. ВСТУП

АЦП послідовного наближення займають важливе місце серед пропозицій сучасних виробників. Це обумовлено компромісом між високою роздільною здатністю на рівні 16-18 двійкових розрядів та високою частотою дискретизації до 1 мільйона вибірок за секунду. В той же час, якщо розрядність перетворювача перебільшує 12-14 розрядів вплив зонішних чинників призводить до появи суттєвих відхилень ваг старших розрядів [1], що, в свою чергу, погіршує точнісні характеристики перетворювача. Одним із найпоширених методів подолання згаданої проблеми є застосування процедури калібрування АЦП [2]. Процедура калібрування виконується після включення пристрою та періодично в процесі роботи, причому АЦП може

функціонувати або в режимі основного перетворення, або калібрування. Використання вагової надлишковості при побудові АЦП послідовного наближення дозволило виконувати процедуру калібрування виключно у цифровій формі без фізичного або електричного впливу на ваги розрядів [3]. Застосування методів самокалібрування передбачає вирішення таких задач, як фіксація моменту часу, коли необхідно провести чергове калібрування та організації фоновому калібрування (без переривання процесу основного перетворення). Одним із рішень, що дозволяє в комплексі вирішити обидві задачі є застосування так званої спліт архітектури при побудові АЦП [4]. Однак в даному випадку передбачається використання двох однакових АЦП, що як мінімум вдвічі збільшує апаратні витрати.

Актуальним є дослідження шляхів оперативної ідентифікації відхилень ваг розрядів АЦП послідовного наближення виключно у цифровій формі без застосування додаткових аналогових блоків. Крім того актуальним є встановлення номеру розряду або розрядів, що змінили свої значення та попередня оцінка значень цих відхилень.

II. АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕТВОРЕННЯ АЦП ПОСЛІДОВНОГО НАБЛИЖЕННЯ З ВАГОВОЮ НАДЛИШКОВІСТЮ

Основною статичною характеристикою АЦП є характеристика перетворення (ХП) – залежність між значенням аналогового сигналу на вході і множиною можливих значень вихідного коду. Розрізняють номінальну (ідеальну) ХП та дійсну (реальну) ХП. Номінальну ХП чотирьох розрядного АЦП показано на рис.1а. В даному випадку вона утворюється 16-тю точками. В загальному випадку кількість точок ХП визначається розрядністю перетворювача n і становить 2^n . Для ідентифікації точок ХП будемо використовувати поняття номеру кодової комбінації, який визначається виразом:

$$s = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot 2^i, \text{ де } a_i \in \{0,1\}. \quad (1)$$

При використанні двійкової системи числення точки номінальної ХП розташовані на прямій лінії, що дозволяє однозначно визначити відповідність між вхідним аналоговим сигналом і вихідним кодом. При використанні вагової надлишковості (ВН) (основа системи числення $\alpha < 2$) характер ХП змінюється, зокрема з'являються так звані зони багатозначного представлення. Так при $\alpha=1,618$ вхідному аналоговому сигналу $A_{вх1}$ відповідають дві вихідні комбінації: 0011 (3) та 0100 (4) (рис.1). Таким чином виникає питання, яка з зазначених комбінацій з'явиться на виході перетворювача. Для ідеального АЦП відповідь на це запитання визначається виключно типом алгоритму перетворення.

Принцип функціонування АЦП послідовного наближення передбачає послідовне визначення розрядів вихідного коду, починаючи з найстаршого. Тобто при застосуванні ВН за наявності кількох варіантів вихідного коду для певного значення вхідного сигналу буде вибрано комбінацію з більшим номером.

Таким чином при застосуванні ВН у вихідному коді будуть відсутні певні комбінації, в подальшому будемо називати їх «невикористаними», а всі інші – «використаними». Для наведеного прикладу невикористаних комбінацій 4: 0011 (3), 0110 (6), 0111 (7) та 1011 (11). Кількість «використаних» комбінацій залежить від розрядності перетворювача та основи системи числення. Комбінація буде «невикористаною» за умови, що існує «використана» комбінація вихідного коду з більшим порядковим номером та меншим значенням аналогового сигналу [5]:

$$A(K_G^l) \leq A(K_H^k), \quad (2)$$

де $A(K_H^k)$ та $A(K_G^l)$ значення вхідного аналогового сигналу, що відповідає невикористаній кодової комбінації з номером k та використаній кодової комбінації з номером l відповідно, причому $l > k$.

«Невикористані» комбінації утворюють групи, які називають зонами «невикористаних» комбінацій [6]. Центральна зона називається зоною $(n-1)$ -го рівня. Зона $(n-2)$ -го рівня складається з двох підзон, розташованих симетрично відносно зони $(n-1)$ -го рівня і т.д. Кожна зона містить одну або більше послідовних кодових комбінацій, причому номер найбільшої з них (верхній кордон) є фіксованим і не залежить від системи числення. Нижній кордон зони невикористаних комбінацій (комбінація з найменшим номером) залежить від основи системи числення. При збільшенні останньої він зсувається догори що врешті рещт приводить до зникнення зони [6].

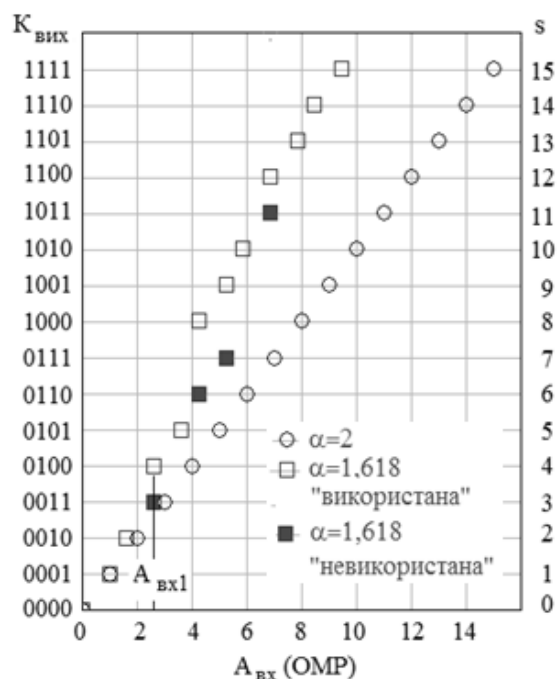


Рисунок 1 – Характеристика перетворення АЦП послідовного наближення з ваговою надлишковістю.

Доведено, що відхилення ваги i -го розряду може вплинути на кількість «невикористаних» комбінацій в i -й зоні, а також в зонах з номерами більше i . Таким чином відхилення ваги найстаршого, $(n-1)$ -го розряду впливає тільки на ситуацію в $(n-1)$ -й зоні, в той же час відхилення всіх інших розрядів так само можуть вплинути на ситуацію в $(n-1)$ -й зоні.

III. ОЦІНЮВАННЯ ВІДХИЛЕНЬ ВАГ РОЗРЯДІВ ЗА АНАЛІЗОМ ХП

Як показали дослідження [5,7] аналіз кількості «невикористаних» комбінацій в кожній із зон дозволяє не тільки визначити факт відхилення ваги певного розряду від ідеального значення, а і

оцінити значення цього відхилення. В роботі [7] запропоновано методику оцінювання поодиноких відхилень ваг розрядів.

На рис. 2 показано залежність між відхиленнями ваги (n-3)-го розряду та кількістю невикористаних комбінацій в зонах (n-1)-го, (n-2)-го та (n-3)-го рівнів.

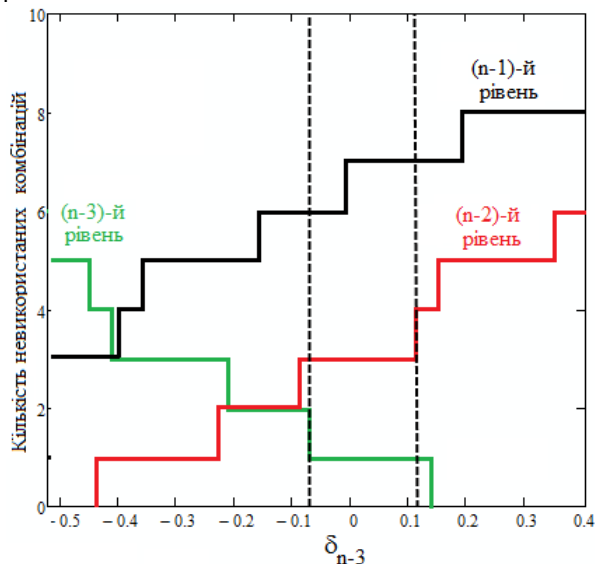


Рисунок 2 – Залежність між відхилення ваги (n-3)-го розряду та кількістю невикористаних комбінацій в зонах різних рівнів.

На рис. 3 показано залежність між відхиленнями ваг (n-1)-го та (n-2)-го розрядів на кількість невикористаних комбінацій в зонах (n-1)-го (p_1) та (n-2)-го (p_2) рівнів.

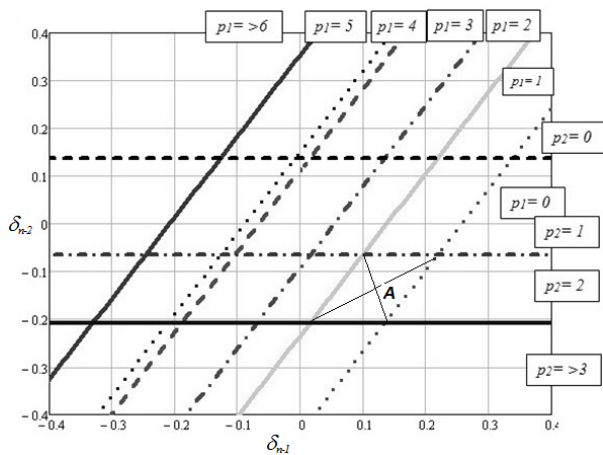


Рисунок 3 – Залежність між відхиленнями ваг (n-1)-го та (n-2)-го розрядів на кількість невикористаних комбінацій в зонах (n-1)-го (p_1) та (n-2)-го (p_2) рівнів.

Для оцінювання значення відхилень ваг розрядів необхідно знайти координати точки, що є рівновіддаленої від кордонів змінення кількості невикористаних розрядів, наприклад координати точки А на рис.3 будуть характеризувати відхилення двох старших розрядів за наявності

однієї невикористаної комбінації в зоні (n-1)-го рівня, та 2-х в зоні ((n-2)-го.

Висновки

Показано, що в характеристиці перетворення АЦП послідовного наближення з ваговою надлишковістю зустрічаються не всі кодові комбінації, при чому кількість і розташування «невикористаних» комбінацій визначається основою системи числення, розрядністю перетворювача та відхиленнями ваг розрядів

Доведено, що в при появі відхилень ваг розрядів від своїх номіналів, спостерігається перехід кодових комбінацій з категорії «використаних» в категорію «невикористаних» і навпаки, що дає змогу шляхом моніторингу вихідного коду перетворювача контролювати факт погіршення лінійності перетворювача.

Показано, що запропонований метод дає змогу не тільки зафіксувати спотворення характеристики перетворення, а і оцінити значення відхилень ваг розрядів, що призвели до нього. Причому похибка оцінки в більшості випадків не перебільшує одиниці молодшого розряду.

REFERENCES

- [1] McCreary J.L. Matching properties, and voltage and temperature dependens of MOS capacitors / J.L. McCreary //IEEE J. Solid-State Circuits.- 1981.-Dec.- Vol.16.- pp. 608-616.
- [2] Hae-Seung Lee, A Self-calibrating 15-bit CMOS A/D Converter/ Hae-Seung Lee, David A.Hodges, Paul R. Gray. // IEEE J. Solid-State Circuits.- 1984.-Dec.- Vol.19, N6.- pp. 813-817.
- [3] Азаров О. Д. Підвищення точності та швидкодії аналого-цифрових перетворювачів методами інформаційної надлишковості / Азаров О.Д., Захарченко С.М., Кравцов М.О. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – №2. – С. 78-83.
- [4] John McNeill “Split ADC” Architecture for Deterministic Digital Background Calibration of a 16-bit 1-MS/s ADC/ John McNeill, Michael C. W. Coln, Brian J. Larivee. //IEEE J. Solid-State Circuits.- 2005. – Dec.- Vol. 40, N12, - pp. 2437-2445.
- [5] Захарченко С.М. Метод оперативного контролю лінійності АЦП послідовного наближення / С.М. Захарченко, А.В. Росошук, М.Г. Захарченко // Вісник національного університету «Львівська політехніка» Серія «Теплоенергетик. Інженерія довкілля. Автоматизація». – 2014. – №792. – С. 21-28.
- [6] Захарченко С.М. Метод визначення основи системи числення надлишкового АЦП за аналізом кодувальної характеристики / С.М. Захарченко, О.В. Бойко, А.В. Росошук // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». Збірник наукових праць. – ДНТУ: Донецьк, 2012. – № 15. – С. 35-39.
- [7] Захарченко С.М. Метод оперативного виявлення поодиноких відхилень ваг розрядів АЦП послідовного наближення з ваговою надлишковістю / С.М. Захарченко, А.В. Росошук, Є.І. Зеленьська, Р.С. Гуменюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – ВНТУ: Вінниця, 2015:Том1, №32. – С. 40-47.