

Багатоканальні Системи Збору Даних

Марія Семаньків
кафедра інформатики
Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника
Івано-Франківськ, Україна
dlyamarii@gmail.com

Даріуш Сала
кафедра управління
Університет AGH
Краків, Польща
dsala@zarz.agh.edu.pl

Multi-Channel Data Acquisition System

Maria Semankiv
dept. of Computer Science
Vasyl Stefanyk Precarpathian
National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
dlyamarii@gmail.com

Dariusz Sala
dept. of Enterprise Management
AGH University
Krakow, Poland
dsala@zarz.agh.edu.pl

Анотація—розглянуто питання застосування аналого-цифрових перетворювачів в системах збору даних; визначено поняття системи збору даних; розглянуто характеристики і архітектури побудови аналого-цифрових перетворювачів; запропоновано метод зсуву області інтегрування для АЦП Монте-Карло.

Abstract—the application of analog-digital converters in data acquisition system is presented; concept of data collection is defined; architecture and construction characteristics of analog-digital converters are considered; method bias field for integrating ADC Monte Carlo is proposed.

Ключові слова—аналого-цифровий перетворювач; системи збору даних; метод Монте-Карло

Keywords—analog-to-digital converter; data collection system; Monte Carlo

I. ВСТУП

При побудові пристроїв, що використовують обчислювальну техніку для управління і контролю складними процесами, виникає питання обробки в реальному масштабі часу швидкозмінні сигнали, які будуть надходити одночасно від багатьох джерел і давачів, та відновлювати аналогову інформацію і розподіляти її між різними виконавчими пристроями. Для цього слід використовувати аналого-цифрові перетворювачі багатоканальної інформації, що відрізняються наступними характеристиками: швидкодією, собівартістю, точністю перетворення і т.д. Пристрої, які здійснюють нормалізацію і аналого-цифрове перетворення сигналів з подальшим введенням інформації в комп'ютер, називають системами збору даних (СЗД) [1].

Системи збору даних здійснюють функцію перетворення первинних вхідних сигналів від одного або декількох вимірювальних перетворювачів в еквівалентні цифрові сигнали, які придатні для подальшого оброблення, відображення інформації або використання в системах управління. Діапазон застосувань систем збору даних широкий — починаючи з простого поточного контролю значень однієї аналогової змінної і закінчуючи контролем та управлінням сотнею параметрів в складних технічних системах. Відповідно існують як досить дешеві системи збору даних прямого перетворення, так і складні багатоканальні системи, що забезпечують дуже високу точність та надійність[2].

II. СКЛАДОВІ СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ

Для здійснення збору даних в сучасних автоматизованих системах управління технологічним процесом використовують персональні комп'ютери, програмовані логічні контролери, аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) та інше спеціалізоване обладнання. Вибір комплексу технічного забезпечення для системи збору даних проводиться на основі відомостей про технологічний процес і обладнання, значень параметрів технологічного процесу та їх відхилення, вимог до системи автоматизації та типу давачів і виконавчих механізмів, з врахування швидкості передачі інформації, та вимог, що ставляться до точності вимірювання параметрів. Коректність отриманих результатів визначається компонентами системи збору даних, до яких входять:

- давачі;
- виконавчі механізми;
- пристрої узгодження сигналів;

шини передачі даних;

обладнання для збору даних: програмовані логічні контролери, аналого-цифрові перетворювачі (АЦП та інше спеціалізоване обладнання);

персональний комп'ютер;

спеціалізоване програмне забезпечення.

При виборі складу технічного забезпечення автоматизованої системи управління технологічним процесом враховують їх вартість, тому структура простою системи збору даних може складатись з давачів, виконавчих елементів, системи узгодження сигналів, що підключені безпосередньо до одного з портів персонального комп'ютера.

Оснovo вище вказаної системи складає АЦП. Існують три основні типи АЦП: інтегруючий, послідовного наближення і паралельний. Інтегруючий АЦП усереднює вхідний сигнал за часом, є найточнішим, але і "повільним". Час перетворення інтегруючого АЦП лежить в діапазоні від 0,001 до 50 с і більше, похибка становить 0,1-0,0003%. Похибка АЦП послідовного наближення дещо більша (0,4-0,002%), але час перетворення - від ~ 10 мкс до ~ 1 мс. Паралельні АЦП - найшвидкодійні, але і найменш точні: їх час перетворення порядку 0,25 нс, похибка - від 0,4 до 2% [2].

В системах збору даних не ставлять такі високі вимоги до частоти дискретизації, як в цифрових осцилографах, і до роздільної здатності, як в цифрових мультиметрах. Тому в даних системах переважно використовуються АЦП послідовного наближення та сигма-дельта АЦП, що належать до класу інтегруючих перетворювачів.

АЦП паралельного типу (прямого перетворення) володіють найвищою швидкістю, яка визначається швидкістю компараторів і затримками в логічному дешифраторі. Недоліком їх є необхідність великої кількості компараторів. Кількість можливих кодових комбінацій (а отже, і загальна кількість компараторів) дорівнює $2^m - 1$, де m — кількість розрядів АЦП.

АЦП послідовного наближення має дещо меншу швидкість, але істотно більшу розрядність (роздільну здатність). В ньому використовується тільки один компаратор, максимальна кількість спрацювань якого за один цикл вимірювання не перевищує кількості розрядів перетворювача. АЦП послідовного наближення розширили діапазон частот дискретизації до мегагерц [3].

Першими для високоточної реалізації алгоритмів аналого-цифрового перетворення вимірювальних сигналів використовувалися інтегруючі АЦП (ІАЦП). Поєднання високої точності і завадостійкості ІАЦП дозволили вирішити ряд проблем боротьби з перешкодами у вимірювальних каналах. Серед завадостійких ІАЦП, що поєднують аналогові і цифрові методи, лідерами є сигма-дельта АЦП, які реалізують алгоритми аналого-цифрової фільтрації для зменшення шуму квантування.

Для підвищення функціональних можливостей АЦП запропоновано аналого-цифрові перетворювачі Монте-

Карло. Метод Монте-Карло дозволяє вирішувати завдання моделювання випадкових процесів шляхом статистичних досліджень на основі аналітичної формалізації об'єкту та здійснювати перетворення інтегралу вхідної функції в цифровий код в реальному часі. Для цього за допомогою генератора випадкових чисел формуються випадкові відліки, значення яких порівнюються із значенням вхідного параметру, внаслідок чого обчислюється сукупність позитивних результатів статистичного дослідження вхідного параметру. Така реалізація полягає у проведенні статистично незалежних циклічних досліджень із накопиченням вказаних результатів порівняння. Характеристичною для методу Монте-Карло є оцінка маточікування дискретизованих значень випадкової величини вхідного параметру, яка визначає інтеграл функції перетворення за обчисленою сумою відліків позитивних результатів порівняння, внаслідок чого формується результат аналого-цифрового перетворення в області визначення, заданій відомим рівномірним імовірнісним розподілом псевдовипадкового опорного сигналу.

III. ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Від характеристик АЦП залежить кінцевий вибір користувача і їх область застосування. Для цифрової частини АЦП важливим є швидкість передачі даних, яка може перебувати в діапазоні від декількох десятків Гц до декількох ГГц. Розрядність даних на виході АЦП – у сучасних пристроях від 8 до 32 біт даних. З боку аналогових характеристик важливе відношення сигнал-шум (SNR) і динамічний діапазон, який вільний від паразитних складових, що виражаються, як правило, в децибелах (типові рівні SNR лежать в межах 70-80 дБ). Важливими параметрами при виборі АЦП є кількість каналів в одному корпусі, інтерфейс обміну з цифровим вузлом і, зрозуміло, вартість компонента [2-3].

Точність перетворення залежить від:

– похибки квантування і похибок, що створюються електронними вузлами, такими, як ЦАП, компаратор, джерело опорної напруги;

Точність вимірювання, як і точність встановлення будь-якого процесу в електронних вузлах, зменшується по мірі збільшення швидкості перетворення. Похибка при цьому збільшується за логарифмічною залежністю, оскільки вона в основному залежить від сталих часу встановлення сигналу.

Похибка перетворення і швидкість аналого-цифрового перетворювача послідовного наближення визначається в основному параметрами ЦАП (роздільною здатністю, лінійністю, швидкістю) і компаратора (порогом чутливості, швидкістю). Точність АЦП з паралельним перетворенням обмежується точністю і стабільністю кожного компаратора. Похибка інтегруючих перетворювачів визначається нестабільністю порогу спрацювання компаратора. Похибки перетворення однокантного інтегруючого АЦП з пилоподібною напругою поділяються на два основні класи: похибки, що

пов'язані з параметрами пилоподібної напруги, та похибки, що викликані неточністю тактування. Точність перетворення двотактного інтегруючого АЦП не залежить від ємності конденсатора, ні від частоти тактового генератора, оскільки їх вплив однаково позначається на час повернення до нуля. Істотною перевагою методу двотактного інтегрування полягає в тому, що він придатний для створення перетворювачів, що забезпечують зменшення вхідних завад при деяких частотах. Похибка АЦП Монте-Карло визначається кількістю згенерованих на області інтегрування множини випадкових чисел та якістю рівномірності їх розподілу на даній області [4].

– динамічної похибки.

Виникнення динамічних похибок викликано дискретизацією сигналів, що змінюються в часі. Можна виділити наступні параметри АЦП, що визначають її динамічну точність: максимальна частота дискретизації, час перетворення.

АЦП двотактного інтегрування мають високу точність і високу роздільну здатність, а також мають порівняно просту структуру. Це дає можливість виконувати їх у вигляді інтегральних мікросхем. Основний недолік таких АЦП - великий час перетворення.

В АЦП послідовного наближення час перетворення визначається кількістю тактів, які в свою чергу залежать від розрядності АЦП. Але слід відмітити, що робота АЦП послідовного наближення має особливість, яка пов'язана з перехідними процесами у внутрішньому ЦАП. Теоретично, напруга на виході ЦАП для кожного з n тактів перетворення має встановлюватися за однаковий проміжок часу. Але насправді цей проміжок в перших тактах значно більше, ніж в останніх. Тому час перетворення 12-розрядного АЦП послідовного наближення більш, ніж два рази перевищує час перетворення 6-розрядного АЦП даного типу.

Для паралельного АЦП цифровий код, що відповідає вхідній аналоговій напрузі, появляється на виході майже миттєво (якщо не враховувати невеличкої затримки, що пов'язана з роботою компараторів).

Для АЦП Монте-Карло частота перетворення визначається динамічними характеристиками ЦАП і компаратора. Час перетворення являється сталою величиною та дорівнює

$$t_{np} = 2^n T \quad (1)$$

де n – розрядність АЦП, T – період слідування тактових імпульсів, що відповідає часу вибірки одного кванта [5].

IV. МЕТОД ЗСУВУ ОБЛАСТІ ІНТЕГРУВАННЯ В АЦП МОНТЕ-КАРЛО

Розроблено ряд архітектурних рішень аналого-цифрового перетворення Монте-Карло. архітектурного вирішення та апаратних і грошових витрат.

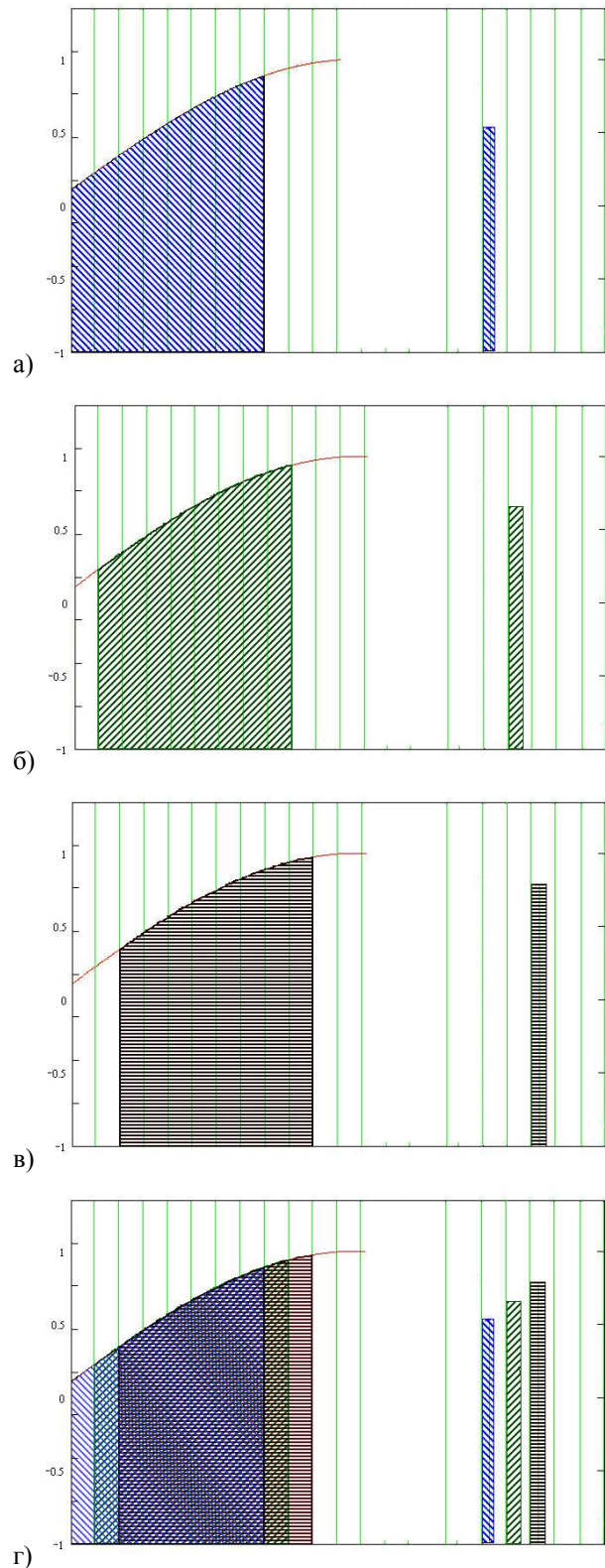


Рис. 1. Графічне подання методу зсуву області інтегрування та усереднені обчисленні значення для кожної області.

Вони реалізують багатовимірне інтегрування за умови співрозмірності архітектурного вирішення та апаратурних і грошових витрат.

Проведено дослідження статистичних характеристик випадкових чисел, які утворені відомими генераторами випадкових чисел за допомогою пакету статистичних тестів (Diehard, пакет NIST STS, критерії Колмогорова-Смірнова). Результати проведених досліджень на визначення типу розподілу послідовності псевдовипадкових чисел, сформованих методом генерування псевдовипадкових чисел Галуа на основі циклічних зсувів, показали найвищу якість випадковості отриманих чисел. Рівномірність розподілу сформованих послідовностей псевдовипадкових чисел вказує на ефективність використання даного генератора в складі аналого-цифрового перетворювача Монте-Карло. Використання методу генерування псевдовипадкових чисел Галуа на основі циклічних зсувів дозволить регуляризувати структуру аналого-цифрового перетворювача Монте-Карло, підвищити швидкість та технологічність виробництва і зменшити вартість продукту.

Для підвищення точності та швидкодії АЦП даного типу запропоновано метод зсуву області сканування-інтегрування (рис. 1.)

Якщо на періоді перетворення (область сканування-інтегрування) сформувавши 2^n значень псевдовипадкового характеру і відповідно здійснити стільки ж порівнянь, то даний тип АЦП відповідатиме за швидкістю та простотою технічної реалізації до послідовних, проте зі значно вищою точністю. АЦП Монте-Карло сканує сигнал на всій області інтегрування порівнюючи вхідний сигнал з генерованими випадковими числами та визначаючи усереднене значення вхідного сигналу на всій області дослідження.

Якщо область сканування зміщувати на один такт, зберігаючи попередні значення порівняння, то даний тип АЦП за швидкістю в один такт відповідатиме паралельним АЦП, проте зі значно простішою технічною реалізацією та розрядністю (меншою похибкою квантування за рівнем). В даному випадку використано один компаратор, на відміну від 2^n компараторів для паралельного АЦП.

Якщо область сканування зміщувати на n тактів, то даний тип АЦП за швидкістю відповідатиме АЦП послідовного наближення, проте з вищою точністю. Адаже зміна вхідного сигналу буде врахована внаслідок усереднення вхідного сигналу [5-6].

На рис. 1. графічно зображено метод зсуву області інтегрування для АЦП Монте-Карло. Подано графіки областей сканування, які зміщені на один такт (рис 1.а-в.). На рис. 1.г всі три області показано одночасно на одній площині. До кожної області інтегрування сигналу показано усереднене значення – результат інтегрування.

Однієї з складових частин аналого-цифрових перетворювачів даного типу є генератори випадкових чисел, якість рівномірності розподілу яких визначаються точність перетворення для перетворювачів даного типу.

V. ВИСНОВКИ

При виборі АЦП враховують область їх використання та технічні параметри, які б задовольняли користувача. Для багатоканальних систем збору даних запропоновано АЦП Монте-Карло, які забезпечують достатню швидкість та точність перетворення для вибраної сфери використання.

При застосуванні методу зсуву області сканування-інтегрування з фіксованою шириною 2^n та величиною кроку зміщення в розмірі одного такту, даний тип АЦП забезпечить час перетворення як для паралельних АЦП, проте зі значно простішою технічною реалізацією. Для АЦП Монте-Карло за такт перетворення формується результат порівняння вхідного та опорного сигналів. Зсув області інтегрування на n тактів віднесе даний тип аналого-цифрових перетворювачів за часом перетворення до перетворювачів послідовного наближення, проте з відслідкуванням зміни вхідного сигналу, що позитивно впливає на точність перетворення.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] М.М. Гельман “Системные аналого-цифровые преобразователи и процессоры сигналов,” М.: Мир, 1999.
- [2] В.А. Романов “Параметры АЦП общего применения и быстродействующих АЦП,” *Электронные компоненты и системы*, 2001, № 8, с. 24-25.
- [3] В.В. Островерхов “Динамические погрешности аналого-цифровых преобразователей,” Л.: Энергия, 1975.
- [4] М.В. Семанків “Преваги аналого-цифрових перетворювачів Монте-Карло,” *Методи та засоби кодування, захисту й уцілювання інформації: п'ята міжнар. наук.-практ. конф.*, Вінниця, 2016. – С.140-142.
- [5] M. Semankiv, D. Dumenchuk “Comparative characteristics of ADC's Monte Carlo,” *52 Konferencje Studenckich Kół Naukowych*, Kraków, 2015. - 295 s.
- [6] М.В. Семанків “Підвищення технічних характеристик багатоканальних аналого-цифрових перетворювачів,” *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія: матеріали статей п'ятої міжнар. наук.-практ. конф.*, м. Івано-Франківськ, 2015 р.–С.102-103.