

УДК 681.5

Р.П. Вархоляк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТИСКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ

R. Varkholiak

INCREASING THE ACCURACY OF AUTOMATION SYSTEMS FOR PRESSURE AND TEMPERATURE CONTROL IN INDUSTRIAL CONDITIONS

Зростаючий ринок інтелектуальних перетворювачів тиску та температури потребує аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) високої роздільної здатності, лінійності, та мінімального рівня шуму для максимально точної передачі сигналу.

Нижче коротко дослідимо переваги однобітового квантування проти багатобітового. Однобітне квантування, відоме також як дельта-сигма модуляція[1], є методом, який дозволяє значно зменшити нелінійність і збільшити ефективну розрядність аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Відмінною особливістю однобітного квантування є те, що воно використовує лише два рівні квантування, що робить його менш схильним до помилок, порівняно з багатобітовим, де кількість рівнів значно більша. Це сприяє зменшенню нелінійних спотворень, оскільки кожен рівень квантування кодується лише одним бітом, що знижує ймовірність помилки при визначенні амплітуди сигналу. Основна ідея полягає в тому, що сигнал з високою частотою дискретизації перетворюється в однобітний потік даних, де кожен відлік представляється лише одним бітом.[3] Це досягається за допомогою інтегратора, який накопичує вхідний сигнал, і компаратора, який порівнює накопичений сигнал з пороговим значенням. Якщо накопичений сигнал перевищує поріг, на виході формується логічна "1", якщо ні - логічний "0".

Для однобітного квантування важливим параметром є перевищення шуму квантування над сигналом, яке визначається як $(SNR = 6.02 \cdot b + 1.76)$ дБ, де (b) - кількість бітів. Оскільки в однобітному квантуванні $(b = 1)$, то (SNR) буде відносно низьким. Однак, завдяки високій частоті дискретизації і використанню цифрових фільтрів, можливо ефективно фільтрувати шум і підвищувати (SNR) (рис.1). Ще однією важливою характеристикою є динамічний діапазон, який для однобітного квантування може бути виражений через $(DR = SNR + 10 \cdot \log_{10}(f_s / 2 \cdot B))$ дБ, де (f_s) - частота дискретизації, а (B) - смуга пропускання сигналу. Це показує, що зі збільшенням частоти дискретизації можна досягти більшого динамічного діапазону[2].

Ще однією перевагою однобітного квантування є його здатність до легшої інтеграції в цифрові системи. Оскільки воно виробляє високочастотний шум, який легко відділяється від корисного сигналу, це дозволяє простіше впровадження в цифрові обробні системи без необхідності складних аналогових фільтрів. Також, однобітне квантування забезпечує більшу лінійність у порівнянні з багатобітовим, що є критично важливим для приладів, де потрібна висока точність.

Застосування однобітного квантування дозволяє також використовувати більш прості фільтри для відновлення аналогового сигналу, оскільки шум квантування, який генерується, має вищу частоту і може бути легше відфільтрований. Це забезпечує кращу точність і стабільність роботи АЦП, особливо в умовах високих частот, де багатобітове квантування може бути більш вразливим до шумів і перешкод.

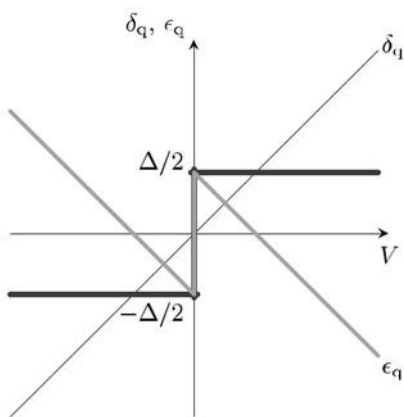


Рис. 1 Приклад кривої, передачі та функції похибок однорозрядного квантування

Завдяки своїй високій швидкодії та низькому рівню шуму, однобітні АЦП в основному підходять для застосування в системах автоматизації, які контролюють та регулюють тиск та температуру. Ці системи вимагають високої точності вимірювальних приладів, оскільки це впливає на якість продукції, безпеку персоналу та енергоефективність. Однобітне квантування дозволяє зменшити помилки, пов'язані з аналоговими перетвореннями, та підвищити точність вимірювань, що є особливо важливим для промислових процесів, де навіть незначні помилки можуть призвести до серйозних наслідків.

Крім того, однобітні АЦП мають властивість шумової стійкості, що дозволяє їм ефективно працювати в умовах електромагнітних перешкод, які часто зустрічаються в промислових середовищах. Це забезпечує більшу надійність систем вимірювання та контролю, зменшуючи ризик помилок або збоїв через зовнішні впливи.[4] Також, однобітні АЦП мають температурну стабільність, що дозволяє зберігати точність вимірювань навіть при зміні температури навколишнього середовища.

Енергоспоживання є ще одним важливим фактором для промислових систем. Однобітні АЦП, як правило, споживають менше енергії порівняно з багатобітовими АЦП, що робить їх більш ефективними для використання в промислових умовах, де енергоефективність може мати значний вплив на загальні витрати підприємства.

Втім, однобітне квантування має і свої недоліки. Наприклад, воно може бути не таким ефективним при низьких частотах сигналу, де багатобітне квантування може забезпечити кращу динамічну характеристику. Також, для досягнення високої точності, однобітні системи вимагають високої швидкості роботи, що може бути проблематичним для деяких систем. І основна проблема виникає з частотою дискретизації, яка зазвичай обмежена встановленням операційного підсилювача. Отже, необхідні альтернативні методи для збільшення смуги пропускання сигналу дельта-сигма АЦП та збереження їх точності.

Література:

1. Steven R. Norsworthy, Richard Schreier, and Gabor "Delta-Sigma Data Converters: Theory, Design, and Simulation" C. Temes Feb. 2006. – C25-26.
2. Richard Schreier and Gabor "Understanding Delta-Sigma Data Converters" C. Temes, Feb. 2007. – C 51-63.
3. B. Boser and B. Wooley, "The Design of Sigma-Delta Modulation Analog-to-Digital Converters," IEEE J. of Solid-State Circuits, Vol. 23, No. 6, Dec. 1988 – C 1298-1308.
4. Jose M. de la Rosa and Belen Perez-Verdu "Sigma-Delta Converters: Practical Design Guide" by, Nov. 2004.