

О.Д.Азаров, д.т.н., проф.; Л.В. Крупельницький, к.т.н., доц.; С.В. Богомолов, к.т.н.

ВИСОКОТОЧНІ АНАЛОГО-ЦИФРОВІ СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ

Ключові слова: аналого-цифрова система, прецизійність, підсилення, комутація, перетворення, комп'ютерне опрацювання, біомедицина.

Роботу присвячено дослідженню і розробці структурних, схемотехнічних та алгоритмічних рішень для створення точних і швидкодіючих самокаліброваних аналого-цифрових систем опрацювання сигналів мікроелектронних гальваномагнітних і оптичних біомедичних сенсорів. До аналого-цифрових систем віднесено підсилювачі струму і напруги, аналогові комутатори, схеми живлення резистивних і мостових сенсорів постійною і імпульсною напругою і струмом, аналого-цифрові перетворювачі, комп'ютерні інтерфейси, програмне забезпечення з обробки сигналів.

Об'єктом дослідження є процеси, що протікають в системах живлення, комутації, підсилення і перетворення сигналів мікроелектронних гальваномагнітних і оптичних сенсорів біомедичних пристроїв. Предметом дослідження є методи розширення функціональності, збільшення точності та швидкодії опрацювання сигналів за рахунок самокалібрування і самокоригування аналого-цифрових систем сигнального перетворення.

Проблема, на вирішення якої спрямовано дослідження, полягає в створенні нової біомедичної апаратури, що містить гальваномагнітні і оптичні сенсори, - за рахунок нових апаратних і алгоритмічних рішень при опрацюванні сигналів. Актуальність досліджень полягає в тому, що сучасні діагностичні та вимірювальні системи потребують більш точних, чутливих і швидкодіючих пристроїв для підсилення і аналого-цифрового перетворення сигналів.

Низький рівень інформативних сигналів більшості сенсорів обумовлює необхідність використання малошумних підсилювачів, аналогових і цифрових фільтрів. Вимоги до їх швидкодії підвищуються при побудові багатоканальних (трьохвимірних, просторових, решітчастих, матричних) мікроелектронних структур сенсорів з комутацією кіл живлення і сигналу. В багатоканальних системах суттєвої ваги набирає ідентичність статичних та динамічних характеристик каналів, яку потрібно забезпечувати самокалібруванням вимірювальних кіл.

Використання традиційних методів структурної побудови сигнальних перетворювачів, навіть на найсучаснішій импортній елементній базі, - не вирішує всіх проблем опрацювання сигналів мікроелектронних гальваномагнітних і оптичних сенсорів. Так, поширена комбінація класичного інструментального підсилювача напруги на операційних підсилювачах та дельта-сигма «мікро-АЦП» - не здатна забезпечити потрібну швидкодію при роботі з імпульсними та високочастотними сигналами і завадами. А багатоканальне застосування таких схем, крім збільшення складності, вартості, енергоспоживання, - зумовлює ще й значну міжканальну неідентичність.

Ефективне вирішення описаних задач автори вбачають у розробці і застосуванні нових структурних, схемотехнічних і алгоритмічних методів опрацювання сигналів мікроелектронних сенсорів в рамках спеціалізованих аналого-цифрових систем з самокалібруванням та коррекцією. Для вирішення поставлених задач проекту пропонується комплексний підхід, який ґрунтується на таких сучасних методах опрацювання сигналів: струмове підсилення, імпульсне живлення, самокалібрування при підсиленні та порозрядному аналого-цифровому перетворенні.

Принцип струмового підсилення забезпечує високу швидкозмінність вимірювальних сигналів, низьку чутливість до зовнішніх завад та шумів. Струмові підсилювачі мають обмежену глибину зворотнього зв'язку та, як наслідок - малий час перехідного процесу.

Імпульсне живлення мостових сенсорів, світлодіодів дозволяє збільшити рівень корисного сигналу, знизити енергоспоживання і саморозігрів сенсорів, скомпенсувати термо е.р.с. контактів, виділити спектр корисного сигналу на фоні шумів. В багатоканальних системах комутація виходів сенсорів також приводить до аналого-цифрового перетворення швидкозмінних сигналів.

Метод самокалібрування передбачає, що в аналоговій частині сигнальних перетворювачів оптимізуються лише окремі, некориговані параметри (шум, лінійність, швидкодія). Частина інших параметрів (зсув, коефіцієнт підсилення, форма АФЧХ та інш.) - може бути визначена та відкалібрована в цифровому вигляді.

Метод інтегрального часового перетворення передбачає формування в окремих вимірювальних каналах цифрового коду безпосередньо таймерами мікроконтролерів, що спрощує реалізацію сенсорних пристроїв та розширяє їх функціональні можливості. Метод базується на сучасній інтегральній схемотехніці на комутованих конденсаторах.

Вказані методи в цілому спрощуть аналогову схемотехніку та породжують оригінальні схемотехнічні, структурні та алгоритмічні рішення аналого-цифрових систем. Зокрема, в повній мірі можна використати ідеї та підходи, розвинуті в техніці порозрядного аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення.

В результаті досліджень очікуються такі нові наукові і практичні результати:

- обґрунтовані пріоритетні задачі щодо практичного впровадження методології самокоригуючих систем в нових біомедичних приладах і діагностичних системах, впровадження яких до цього часу ускладнювалось через недостатню точність і швидкодію сигнальних перетворювачів;

- запропоновані нові структурно-алгоритмічні і схемотехнічні способи отримання і опрацювання імпульсних і модульованих сигналів сенсорів та запропоновані алгоритми спектрального аналізу та цифрової фільтрації для виділення корисної вимірювальної інформації з шумів і завад;

- досліджені нові комплексні методи калібрування статичних і динамічних характеристик як окремих складових, так і аналого-цифрових систем в цілому – фізичних сенсорів, схем живлення, підсилення, перетворення сигналів;

- на основі запропонованої наукової методології створені інженерні взірці універсальних самокаліброваних АЦ-систем з програмованими джерелами живлення сенсорів, підсилювачами напруги і струму, фільтрами, самокоригуючими АЦП, комп'ютерним інтерфейсом та програмним забезпеченням для опрацювання результатів вимірювань.

Список літературних джерел

1. Азаров О. Д. Аналого-цифрове порозрядне перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення з ваговою надлишковістю: монографія / Азаров О. Д. – Вінниця, ВНТУ, 2010. – 232 с.
2. Крупельницький Л.В., Азаров О.Д. Аналого-цифрові пристрої систем, що самокалібруються, для вимірювань і оброблення низькочастотних сигналів: монографія / під заг. ред О. Д. Азарова. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 167 с.
3. Богомолів С. В. Високолінійні аналогові пристрої для багаторозрядних аналого-цифрових систем / Азаров О. Д., Богомолів С. В. // Проблеми інформатизації та управління. Національний авіаційний університет. – 2011. – №4(36). – С. 6-18. – ISSN 2073-4751.
4. Богомолів Сергій Віталійович. Високолінійні аналогові пристрої на базі двотактних симетричних структур для багаторозрядних аналого-цифрових систем: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 / Богомолів Сергій Віталійович. – Вінниця, 2012. – 184 с. – Бібліогр. : с. 150-181.