

УДК 621.382:615.471

Малахова О. Ю., студентка, Шевцов І.О., асистент

Науковий керівник: Чумак В.С., асистент кафедри МТС

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2403-020X>

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

ЕЛЕКТРОМІОГРАФ НА FPGA

Електроміографія є методом дослідження біопотенціалів, що утворюються в скелетних м'язах людини і тварин під час збудження м'язових волокон. Електроміографічні дослідження широко використовуються в дослідженнях рухових розладів в ортопедії та протезуванні, фізіології роботи та руху, аналізу втоми і рухових навичок, що також носить загальну назву інженерної психології, а також у передових дослідженнях нервової активності, психофізіологічних дослідженнях вікових особливостей, тому, грамотне призначення ЕМГ-обстеження дозволяє отримати максимум інформації за мінімальних витрат часу, що сприяє великому різноманіттю приладів ЕМГ – електроміографів, які відрізняються функціями, розмірами і технічними характеристиками [1-2].

Сучасні електроміографи є телемедичними програмно-апаратними комплексами, де апаратна частина реалізує операції, що взаємодіють з пацієнтом, а програмна частина – виконання алгоритмів обробки та аналізу біомедичних сигналів, навіть за допомогою нейронних мереж, зберігання та передача інформації, подальше відображення та виконання необхідних спеціалістам сервісних функцій [3-7].

Отже, електроміографічне обстеження є прикладом прикладної нейрофізіології та функціональним дослідженням, що відповідає на певні клінічні питання, тому, спираючись на динаміку охорони здоров'я для забезпечення чудового догляду за пацієнтами при менших витратах, постачальники вимагають підвищеної візуалізації, передачі медичних зображень та відео даних від виробників обладнання [8].

З огляду на різні види існуючих електроміографів можна виділити декілька основних характеристик та загальноприйнятих вимог до даного виду апаратів:

- кількість каналів – 3;
- робоча смуга частот підсилювача (на рівні -3 дБ) – від 0 кГц до 10 кГц;
- середньоквадратичне значення шуму, наведене до входу; трохи більше 1 мкВ;
- діапазон амплітуд вимірюваних сигналів – від 0,1 мкВ до 200 мВ;
- динамічний діапазон АЦП близько 100 дБ;
- розрядність АЦП в діапазоні від 16 до 24;
- діапазон перебудови ФВЧ – від 0 кГц до 1 кГц;
- діапазон перебудови ФНЧ – від 1 Гц до 10 кГц.

Аналізуючи вимоги визначені технічні характеристики та технічні вимоги, що найбільш підходять для конструкції електроміографа доцільно виділити використання сучасних елементів ПЛІС, до яких відносять FPGA [8].

Структура FPGA є звичайним середовищем, що характеризується множинною можливістю переналаштування і, таким чином, логічні можливості сучасних FPGA забезпечують можливість створення великої кількості апаратних фрагментів. На відміну від традиційних засобів комп'ютерної техніки, які інтерпретують алгоритми в програмному забезпеченні, проблемно-орієнтовані засоби, до яких відносять ПЛІС, реалізують інтерпретацію повністю апаратної або гібридної програмно-апаратної структури, яка не є фіксованою, а змінюється відповідно до завдання (алгоритму).

Покращена продуктивність пристроїв, побудованих з використання ПЛІС, зокрема, FPGA забезпечується за рахунок заданої реалізації алгоритму та високого ступеня паралельності в задачах. Високий ступінь паралельності досягається за рахунок одночасного виконання алгоритмів і динамічної переконфігурації всього або частини інтегральної схеми під час виконання завдання.

Інші переваги FPGA включають:

- універсальність, тобто можливість створення практично будь-якого цифрового пристрою при наявності персонального комп'ютера і відповідних інструментів;

- висока швидкість, низьке енергоспоживання та висока надійність, що забезпечується технологією виробництва FPGA;

- низьку в порівнянні з замовленими та напівзамовленими НВІС вартість реалізації проектів за рахунок масового виробництва з регулярною структурою і невеликим часом, що витрачається на розробку проектів та їх верифікацію;

- швидкість обчислення запропонованої мережі в апаратному забезпеченні може бути збільшена, оскільки для реалізації внутрішнього розрахунку мережі використовуються 1-розрядні імпульсні сигнали з дельта-сигма-модуляторами (DSM) [9-11];

Таким чином, електронні прилади та інформаційно-вимірювальні системи дозволяють покращити точність обстеження здоров'я пацієнта, а апаратна реалізація забезпечує порівнянну продуктивність з програмним рішенням на комп'ютері загального призначення. Включення до конструкції апаратної частини електроміографа сучасних елементів ПЛІС, зокрема – FPGA підвищує стабільність системи апарату для медичних досліджень, збільшує швидкість роботи, а також знижує вимоги до продуктивності ЦП; дозволяє розвантажити ПК, знизити обсяг записуваних даних. Складність у цьому, що такі плати розраховані на швидкісні інтерфейси апаратури.

Список літератури

1. R. Soto-Camacho *et al.*, "Design of an acquisition system for bioelectric signals (heart) using an embedded system in FPGA platform," *2014 International Caribbean Conference on Devices, Circuits and Systems (ICCDACS)*, 2014, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCDACS.2014.7016160.

2. Чумак В. С. Оценка возможностей распознавания мимических движений при помощи анализа характеристик лицевой электромиограммы / В. С. Чумак, Т. В. Носова, Т. В. Жемчужкина // Збірник тез доповідей II Всеукраїнської науково-

практичної конференції молодих учених, курсантів та студентів «Авіація, промисловість, суспільство» – Кременчук, 2019. – С. 273-275

3. Аналіз принципів побудови телемедичних комплексів широкого призначення / В. С. Чумак, О. Г. Аврунін, Є. А. Чугуй, І. В. Свид // АСУ та прилади автоматики. 2021. № 177. С. 80-85.

4. V. Semenets, V. Chumak, I. Svyd, O. Zubkov, O. Vorgul, N. Boiko. Features of the Design of a Telemedicine Complex of a Wide Profile Based on FPGA. // III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2021, pp. 41-42, doi: 10.35598/mcfpga.2021.014.

5. V. Semenets, V. Chumak, I. Svyd, O. Zubkov, O. Vorgul, N. a Boiko. Designing the Structure of a General-Purpose Telemedicine Complex. // III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2021, pp. 47-48, doi: 10.35598/mcfpga.2021.016.

6. Чумак В. С. Реализация структуры нейронных сетей на FPGA / Чумак В.С., Свид І.В. // Наука, технології, інновації: тенденції розвитку в Україні та світі: матеріали міжнародної студентської наукової конференції, 17 квітня, 2020 рік. – Харків, Україна: Молодіжна наукова ліга. –Т.2– С. 30-32.

7. В.С. Чумак, І.В. Свид. Перспектива использования продукта FPGA в медицинских системах. XIII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (С. 288-289) 19–22 листопада 2019 року: м. Харків, Україна.

8. Iryna Svyd, Oleksandr Vorgul, Valerii Semenets, Oleg Zubkov, Valeriia Chumak, Natalia Boiko. Special Features of the Educational Component “Design of Devices on Microcontrollers and FPGA”. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 55-57. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017

9. Чумак В. С. Поточне обчислення двійкового логарифму для ПЛІС Artix-7 та синтезатора Vivado / В. С. Чумак, І. В. Свид, Н. В. Бойко // III форум «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2021. – Харків, ХНУРЕ, 2021. – С. 54-55.

10. Чумак В.С. Особливості реалізації вузла швидкого перетворення фур'є на пліс архітектури FPGA / В. С. Чумак, І. В. Свид // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : материалы 25-го Междунар. молодеж. форума, 20–22 апр. 2021 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2021. – Т. 3. – С. 187–188.

11. В. Чумак, І. Свид. Створення модуля VHDL-опису при проектуванні цифрових систем на ПЛІС в Xilinx ISE Design Suite. // Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2019). Тези доповідей на IV Всеукраїнській науково-практичній конференції: 27-29 листопада 2019 р., м. Дніпро. – Дніпро, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2019. – С. 94-95.