

ЦИФРОВИЙ ПУЛЬСОКСИМЕТР КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ

Є. О. Желязков, к. т. н. Є. С. Карплюк, к. т. н. О. Ф. Бондаренко

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, м. Київ
bondarenkoaf@gmail.com

З метою підвищення точності вимірювання рівня насиченості крові киснем та розширення функціональних можливостей відповідного вимірювального приладу – пульсоксиметра – запропоновано спільне використання двох підходів трансмісійної та відбивної пульсоксиметрії. Розроблено структуру вимірювального приладу, що реалізує запропоноване рішення, та надано рекомендації щодо його використання.

Ключові слова: пульсоксиметрія, цифровий вимірювач, точність вимірювання, структурна схема

Відомо багато захворювань, які супроводжуються хронічною нестачею кисню в крові, тому показник насиченості крові киснем зручно використовувати для поточного моніторингу стану пацієнта. Один з методів, що реалізує вимірювання цього показника, має назву пульсоксиметрія, а вимірювальний прилад, відповідно, називають пульсоксиметром. Метод є неінвазивним, безболісним і достатньо точним [1].

Технічно пульсоксиметрія здійснюється шляхом пропускання світла від двох джерел – червоного та інфрачервоного світла – через живу тканину пацієнта і реєстрації відбитого світлового потоку або того, що пройшов крізь досліджувану ділянку. Ґрунтуючись на потужності отриманого світлового потоку, роблять висновки щодо рівня насиченості крові киснем, оскільки між цими показниками є безпосередній зв'язок [2].

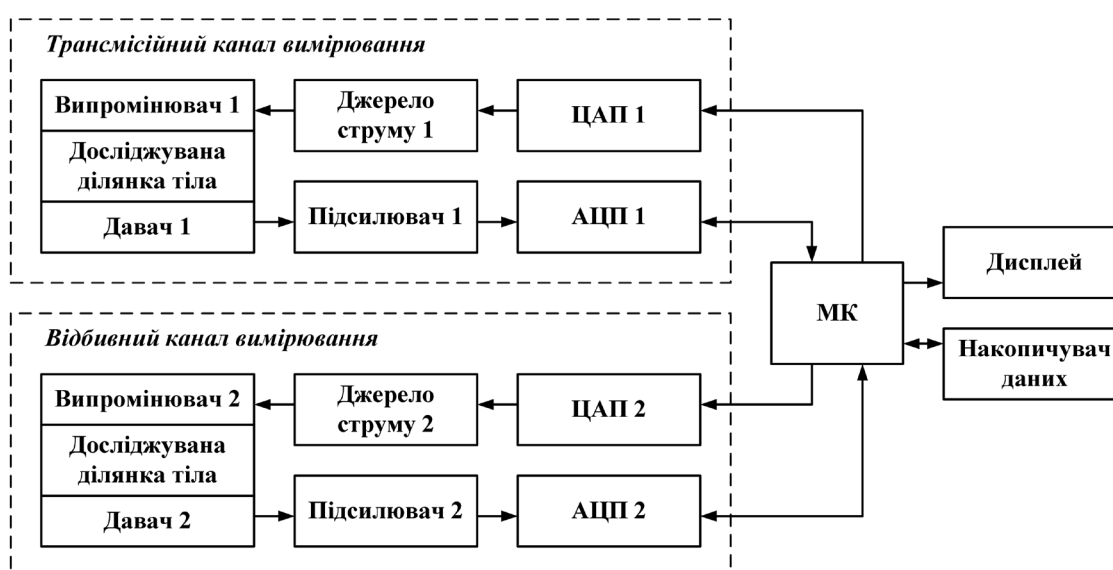
Залежно від того, який світловий потік використовують для подальшого аналізу – прохідний чи відбитий, розрізняють трансмісійну та відбивну пульсоксиметрію [3]. Кожен з цих методів вимірювання має свої переваги та недоліки. Зокрема, трансмісійними пульсоксиметрами можна робити вимірювання тільки на кінчиках пальців або мочці вуха, тоді як відбивні пульсоксиметри можна встановлювати практично на будь-яких ділянках тіла [4]. При цьому загалом вважається, що відбивний метод є дещо більш складним в реалізації, ніж трансмісійний, оскільки вимагає більш точного встановлення пульсоксиметру для отримання адекватних даних вимірювання [5]. Для поєднання переваг обох методів видається доцільною розробка приладу, що працює за комбінованим принципом, в якому паралельно використовуються як трансмісійна, так і відбивна пульсоксиметрія.

Метою даної роботи є підвищення точності вимірювання рівня насичення крові киснем та розширення функціональних можливостей пульсоксиметра через спільне використання трансмісійного та відбивного методів.

Для реалізації комбінованого принципу вимірювання пропонується схема пульсоксиметра, наведена на рисунку. Схема включає два окремих вимірювальних канали, які можуть бути задіяні як одночасно, так і послідовно. Один канал здійснює трансмісійну пульсоксиметрію, другий – відбивну. Кожен канал містить окремий набір випромінювач-давач з перетворювальними колами, до складу яких входять аналого-цифровий і цифро-аналоговий перетворювачі (АЦП і ЦАП), джерело струму та підсилювач сигналу. Спільний мікроконтролер виконує загальне керування приладом та обробку вимірюваних даних, які далі виводяться на дисплей та розміщуються в накопичувачі даних для подальшого зберігання [6]. Як накопичувач може бути задіяний окремий набір мікросхем пам'яті або жорсткий диск персонального комп'ютера. В останньому випадку можна використовувати обчислювальні потужності комп'ютера для обробки отриманих даних.

Застосування обох принципів вимірювання одночасно дозволяє доповнювати результати для підвищення їх повторюваності та достовірності.

Накопичення даних дозволяє розробляти кореляційні моделі та з використанням методів навчання створювати базу даних з результатами вимірювання на різних ділянках тіла.



Використання принципу комбінування двох методів трансмісійної та відбивної пульсоксиметрії в одному приладі для вимірювання рівня насичення крові киснем здатне забезпечити підвищення точності вимірювань та розширення функціональних можливостей приладу за рахунок сумісної обробки даних двох сенсорів різного типу.

Сигнал трансмісійного давача може використовуватись для калібрування давача на відбиття у стані спокою та компенсування сигналу помилки в його конкретному фіксованому положенні. При цьому в таких умовах давач на відбиття здатен забезпечити довготривалу реєстрацію сигналу для різних фізичних станів пацієнта. Розроблена структура пульсоксиметра дозволяє реалізувати запропоноване рішення.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Hooseok Lee, Hoon Ko, Jinseok Lee. Reflectance pulse oximetry: Practical issues and limitations // ICT Express.– 2016.– Vol. 2, iss. 4.– P. 195–198.– <https://doi.org/10.1016/j.ict.2016.10.004>.
2. Nitzan M., Romem A., Koppel R. Pulse oximetry: fundamentals and technology update // Medical Devices.– 2014.– P. 231–239.– <http://doi.org/10.2147/MDER.S47319>.
3. Sang-Soo Oak, Praveen Aroul. How to design peripheral oxygen saturation (SpO₂) and optical heart rate monitoring (OHRM) systems using the AFE4403 // Application Report SLAA655.– 2015, Texas Instruments Incorporated. P.7.– <http://www.ti.com/lit/an/slaa655/slaa655.pdf>
4. Пульсоксиметрия: суть метода, показание и применение, норма и отклонение // СосудИнфо.– <http://sosudinfo.ru/arterii-i-veny/pulsoksimetriya/>. (Available online: 09.04.2018)
5. Lyle E. Kirson, Renee Koltas-Edwards. CHAPTER 23 – Pulse Oximetr // In: Anesthesia Secrets / Ed. by James Duke.– Mosby, Philadelphia, 2011.– P.168–174.– <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-06524-5.00024-6>
6. Зеренков Д.В. Разработка миниатюрного пульсоксиметра // Выпускная квалификационная работа бакалавра, СПбГЭТУ «ЛЭТИ».– Санкт-Петербург, 2016. <http://library.eltech.ru/files/vkr/bakalavri/2203/2016%D0%92%D0%9A%D0%A0220303%D0%97%D0%95%D0%A0%D0%95%D0%9D%D0%9A%D0%9E%D0%92.pdf> (Available online: 09.04.2018)

Ye. Zheliazkov, Ye. Karpliuk, O. Bondarenko

Digital pulse oximeter with combined action

In order to increase the accuracy of measuring the level of blood oxygen saturation and to improve the functionality of an appropriate measuring device, i.e. of pulse oximeter, the combined use of two approaches of transmission and reflexive pulse oximetry is proposed. The structure of the measuring device that implements the proposed solution is developed, and recommendations for its use are given.

Keywords: pulse oximetry, digital meter, measurement accuracy, structural circuit.