

УСТРОЙСТВО ЗА РЕГИСТРИРАНЕ НА ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФСКИ СИГНАЛИ

A PHOTOPLETHYSMOGRAPHY SIGNALS REGISTERING DEVICE

Krasimir Cheshmedzhiev

Institute of Robotics

Bulgarian Academy of Sciences

cheshmedzhiev@gmail.com

Abstract

Monitoring a heart rate provides an essential information about health status of a subjects. Photoplethysmography is a low-cost optical technique to monitor blood volume changes in human body. In this article is presented a portable microcontroller system to register PPG signals from two types of sensors, convert them and store data on internal storage or send it to personal computer for next processing.

Keywords: photoplethysmography; microcontroller system, data storage, communications.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Биомедицинските сигнали са физически проявления на физиологичните процеси, протичащи в човешкия организъм, които могат да бъдат измерени и представени под форма, удобна за обработка по електронен път. Използването на електронни устройства за следене на здравословното състояние на човека намира все по-широко приложение в съвременното ежедневие.

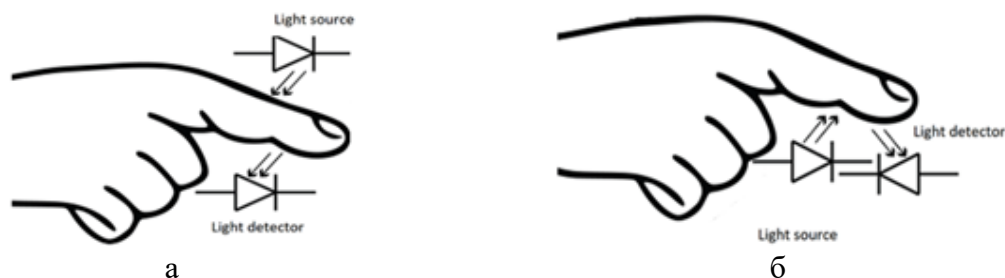
Разработката на нови модели портативни биомедицински устройства е важно направление в съвременната автоматизация на диагностичната дейност в медицината. Портативните медицински устройства за компютърна диагностика на биосигнали са предназначени за автономно изследване на здравословния статус на широк кръг потребители. Интересът към този тип медицински устройства за автоматизиране на диагностичните дейности се дължи на възможността за непрекъснато наблюдение на пациентите в работни и домашни условия, което е резултат от политиката на много държави да повишаване здравословното състояние на населението. Най-често използваните биомедицински сигнали в портативните устройства са: Electrocardiogram (ECG), Photoplethysmogram (PPG), Electroencephalogram (EEG), functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) и др. [2,13,14]. При портативните ЕКГ и холтерни устройства, сигналите обикновено се измерват или с електроди за еднократна употреба, прикрепени към тялото на пациента или с текстилни електроди поставени на гръдния кош [2,19,21]. И двата вида електроди могат да причинят на пациентите дискомфорт, неудобство, дори алергични реакции [3]. ЕКГ сигналите се влияят от различни източници на шум и артефакти [4]. В допълнение, морфологичните вариации в ЕКГ сигнала могат да повлияят на разпознаването на R вълните [5]. Поради тези недостатъци, PPG сигналът е въведен като алтернатива на ЕКГ и се използва в редица приложения, като модерна, неинвазивна техника за регистриране на измененията в обема на кръвта в кръвоносните

съдове [6,12,14,20]. Компютърната диагностика на регистрираните PPG сигнали чрез портативно устройството се осъществява на базата на анализа на времевите серии, състоящи се от нормални интервали между сърдечните пулсации [7,18-20], които са подходящи за компютърна диагностика, чрез прилагане на линейни и нелинейни математически методи [10,16,17]. Промените на интервалите между сърдечните удари са известни като вариабилност на сърдечната честота (ВСЧ) [11,12,15].

Целта на доклада е да се представи ново портативно устройство за регистриране на PPG сигнали, както и експериментални резултати за доказване валидността на получените данни от разработеното портативно устройство.

2. УСТРОЙСТВО ЗА РЕГИСТРИРАНЕ НА ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФСКИ СИГНАЛИ

PPG сензорната технология използва свойствата на светлина и чрез тях се установяват промените в артериалния кръвен обем в затворена зона (върха на пръста, ухото, носа, китката и др). Принципът на действие на PPG сензорите е регистриране на промените, настъпващи в интензитета на светлината при отражение или предаване през тъканта [1]. Тези разлики отразяват промените в кръвоносната перфузия на човешката тъкан. PPG сензорите могат да работят в два режима: режим на предаване и режим на отражение [1]. При метода с предаване, светлинният източник и фотодетекторът са поставени от две различни страни на тъканта фиг. 1а, докато при метода с отражение – от една и съща страна на тъканта фиг. 1б.



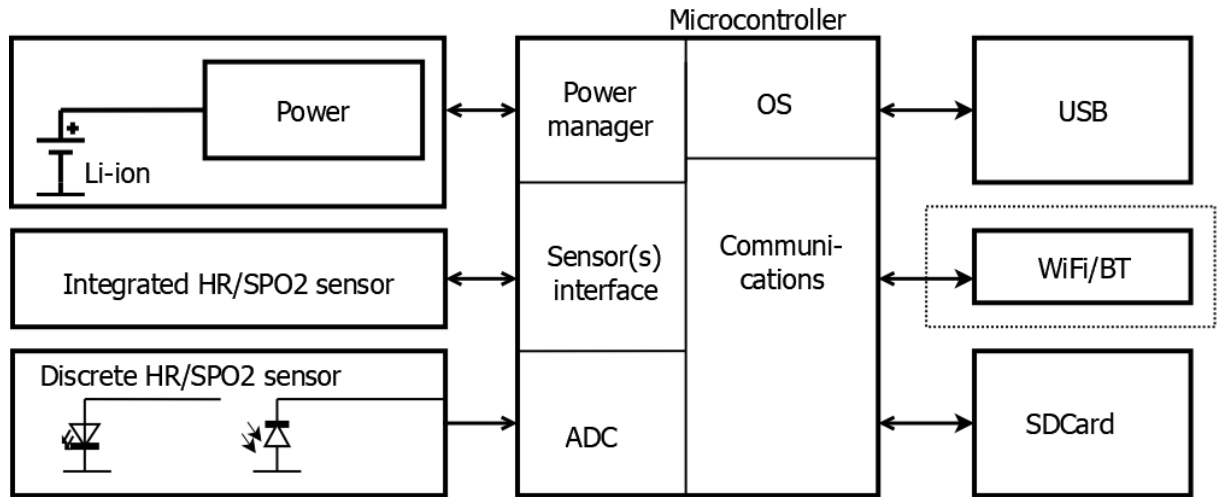
Фигура. 1. Фотоплетизмографски принцип

Блоковата схема на проектираното и разработено фотоплетизмографско устройство е показана на фиг. 2.

То се състои от няколко основни компонента:

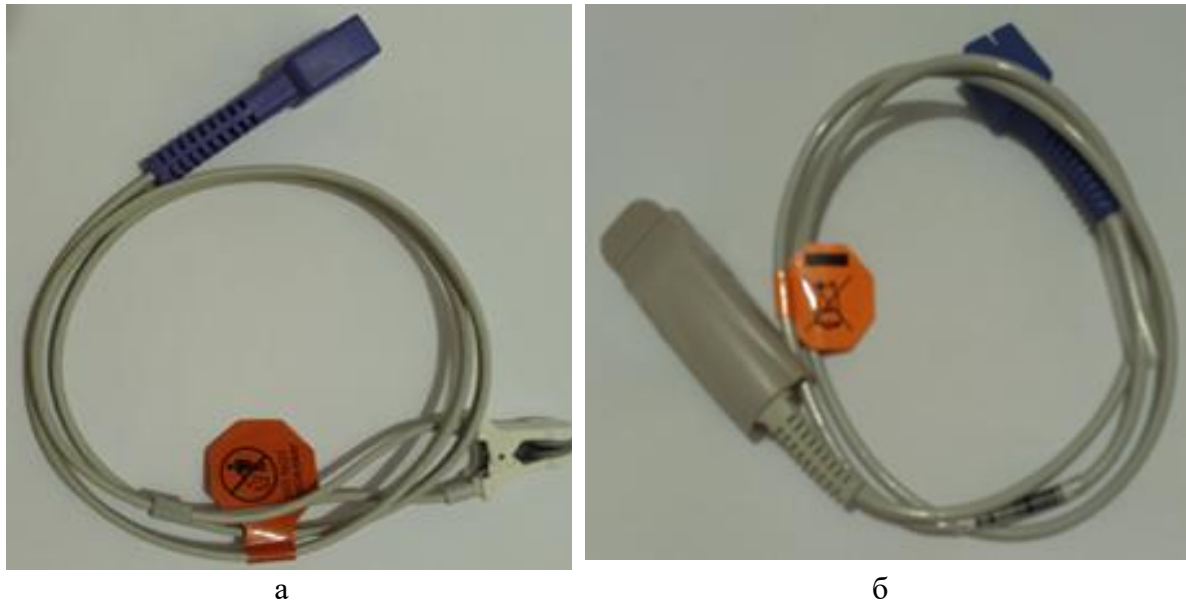
- схема за захранване и схема за управление заряда на батерията;
- интегриран сензор за пулс;
- дискретен/външен сензор за пулс;
- micro sd карта памет;
- usb интерфейс;
- по желание възможност за безжичен модул;
- микроконтролер.

Устройството позволява използването на два типа сензори са регистриране на фотоплетизмографски сигнали. Единият е стандартен сензор за използване на ухо фиг. 3а или на пръст фиг. 3б.



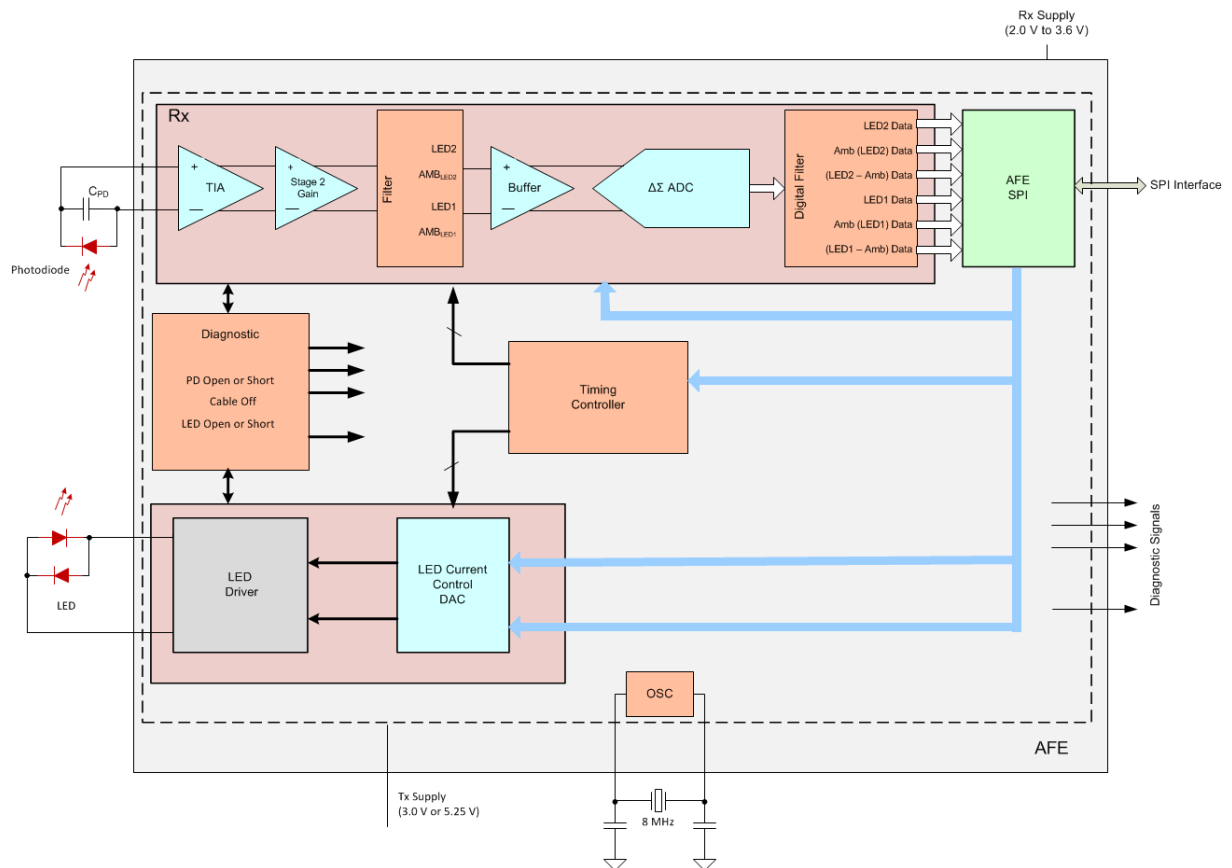
Фигура.2. Блокова схема на устройство за регистриране на фотоплетизмографски сигнали

С цел осигуряване възможност за използване на стандартни сензори е използвана специализирана интегрална схема AFE4490 [22], производство на компанията Texas Instruments за употреба в устройства за измерване на пулс и съдържание на кислород в кръвта (пулсоксиметри).



Фигура.3. Сензор за ухо (а) и пръст (б)

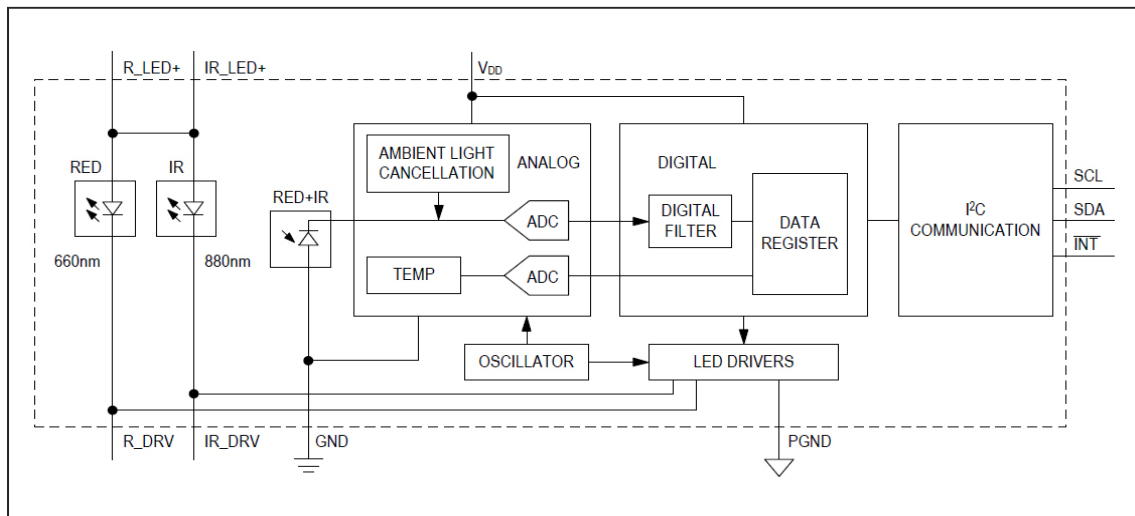
Интегралната схема съдържа нискошумящ приемен канал, 22 битов аналогово-цифров преобразовател, схема за управление на излъчващите светодиоди и схема за определяне на състоянието им, схема за диагностика на сензорите. По такъв начин се осигурява възможност за прецизен контрол на времевите характеристики. На фигура 4 е показана блоковата ѝ схема.



Фигура. 4. Блокова схема на AFE4490

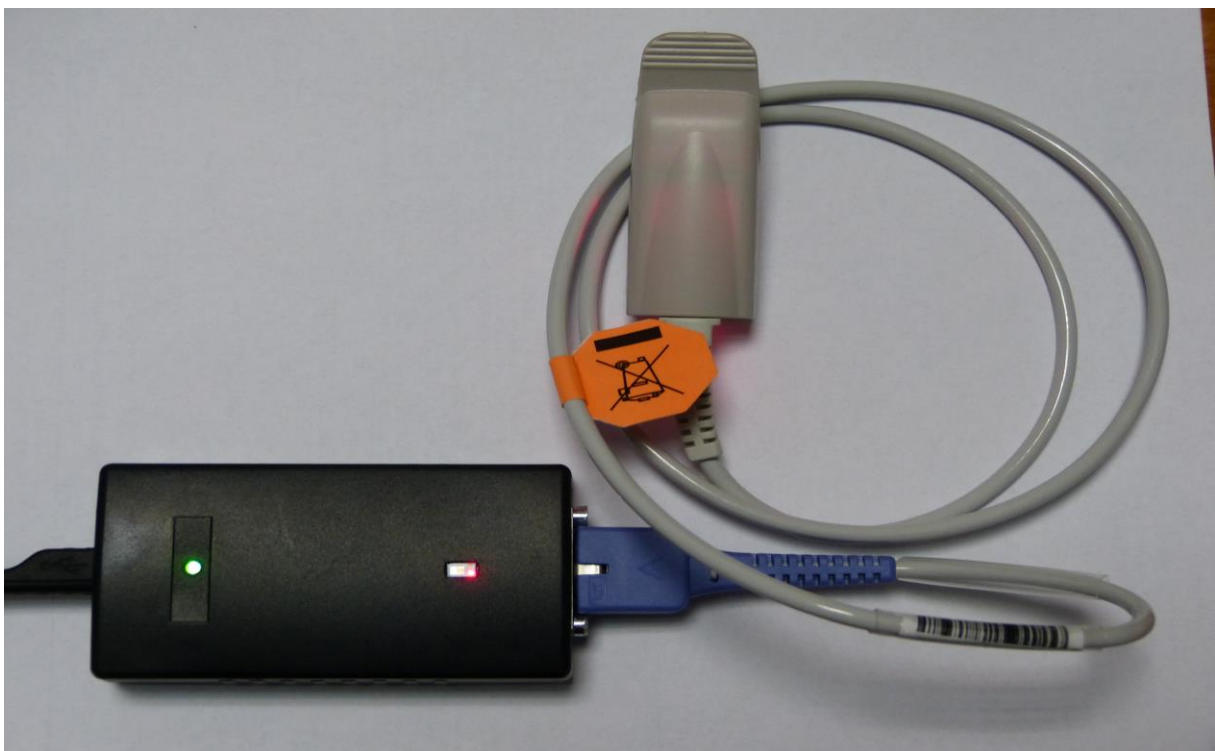
Освен възможност за работа с дискретни сензори, устройството за снемане на кардиологични данни има вграден интегриран сензор позволяващ извършване на краткотрайни измервания. Като сравнително евтин и достъпен вариант е избрана интегралната схема MAX30102 производство на компанията Maxim Integrated [23]. На фиг. 5 е показана блоковата му схема, която се състои от следните основни елементи:

- червен и инфрачервен светодиоди.
- схема за намаляване въздействието на странична светлина;
- вграден температурен сензор за отчитане на температурата;
- аналогово-цифрови преобразователи;
- модул за цифрова филтрация;
- схема да управление на светодиодите;
- интерфейсен модул за връзка с микроконтролер.



Фигура. 5. Блокова схема на MAX30102

На фиг. 6 е показан външният вид прототип на създаденото устройство за регистрация на фотоплетизмографски сигнали.



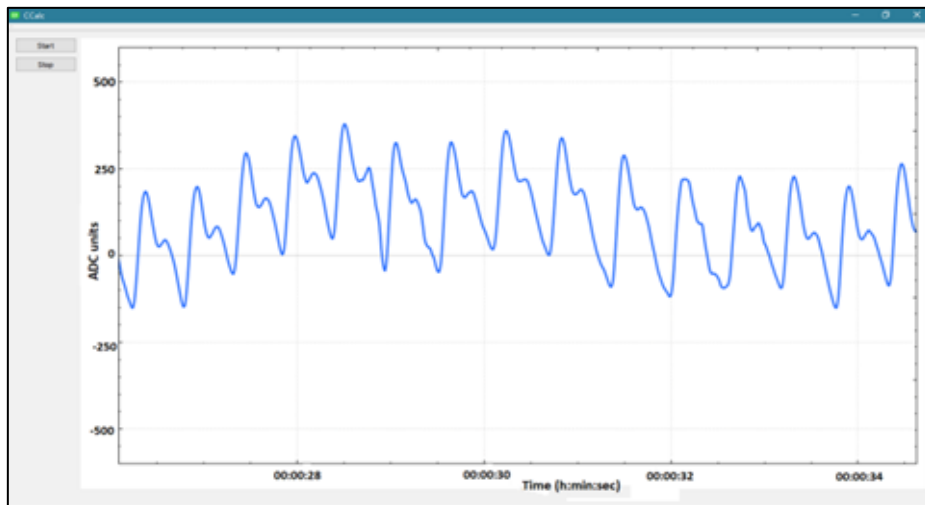
Фигура. 6. Прототип на устройство за регистрация на фотоплетизмографски сигнали

3. РЕЗУЛТАТИ

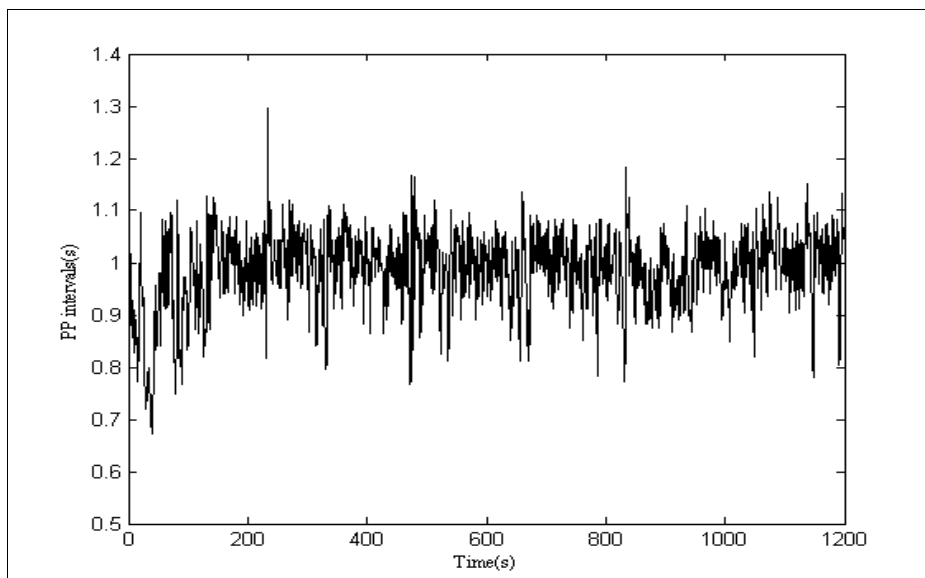
За обработка на PPG сигналите, получени от фотоплетизмографското устройство е създадена софтуерна програма на Microsoft Visual C++.

На фиг. 7 е показана пулсовата вълна, получена от PPG устройството. Тя се състои от 2 пика: първият пик съответства на систоличната вълна, вторият пик съответства на отразената вълна. Продължителността и честотата на пулсовата вълна зависи от работата на сърцето, а формата и размера на неговите върхове зависи от състоянието на кръвоносните съдове.

На фиг. 8 са показани PP интервалите на регистрирания PPG сигнал на изследвания млад субект (20 год).



Фигура.7. PPG сигнал на млад субект



Фигура.8. PP интервална серия на млад субект

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предмет на настоящото изследване е създаване на портативно, измервателно устройство за регистриране на PPG сигнали, от които с подходящ софтуер се получават PP интервални серии, които са подходящи за компютърна диагностика, чрез прилагане на линейни и нелинейни математически методи.

Основните предимства на създаденото портативното устройство за пациентите са следните:

- **мобилност** – регистрирането на PPG сигналите се извършва, докато пациентът работи, пътува, спортува, почива, както и при екстремни ситуации;
- **сигурност** - при необходимост е възможно денонощно наблюдение на пациентите, като при регистриране на отклонение в резултатите на пациента могат да се изпращат кратки съобщения (SMS) на лекуващия лекар, на пациента и неговите близки, неговия личен лекар или на спешен център, според необходимостта;
- **превенция** – установяване на медицински състояния, преди те да са се превърнали в сериозен здравословен проблем;
- **диагностика** - продължителното наблюдение на пациентите дава възможност за установяване на точната диагноза;
- **икономичност** – избягват се редица ненужни изследвания, като и престой в болнично заведение;
- **доверие в здравната система** – засилва се връзката между лекар и пациент.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научното изследване е проведено като част от проекта „Изследване на приложението на нови математически методи за анализ на кардиологични данни“ № КП-06-H22/5 от 07.12.2018 г., финансиран от Фонд „Научни Изследвания“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Acharya, U., Suri, J., Spaan, J., Krishnan, S. 2007. *Advances in Cardiac Signal Processing*. Berlin Heidelberg New York, Springer.
- [2] Allen, J. 2007. Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement, *Physiological measurement*, 28(3), R1-R39.
- [3] Anderson, R., & Parrish, J. 1981. The optics of human skin, *Journal of investigative dermatology*, 77(1), 13-19.
- [4] Buccelletti F., Bocci, M., Gilardi, E., Fiore, V., Calcinaro, S., Fragnoly, C., Maviglia, R., Franceschi, V. 2012. Linear and Nonlinear HRV Indexes in Clinical Practice. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2012.
- [5] Cho, D., Ham, J., Oh, J., Park, J., Kim, S., Lee, N., Lee, B. 2017. Detection of Stress Levels from Biosignals Measured in Virtual Reality Environments Using a Kernel-Based Extreme Learning Machine, *Sensors*, 17, 2435.
- [6] Chon, K., Dash, S., Ju, K. 2009. Estimation of respiratory rate from photoplethysmogram data using time-frequency spectral estimation. *IEEE Trans Biomed Eng*, 56(8), 2054–2063.
- [7] Ernst, G., (2014). *Heart Rate Variability*. London, Springer-Verlag.

- [8] Fleming, S. & Tarassenko, L. 2007. A comparison of signal processing techniques for the extraction of breathing rate from the photoplethysmogram, *International Journal of Biological and Medical Sciences*, 2(4), 232–236.
- [9] Hasan, E., & Cáceres, I. 2015. Heart Rate Variability Analysis Based on Photoplethysmographic Signals, *Revista Cubana de Informática Médica*, 7(2), 113-121.
- [10] Khandoker, A., Karmakar, C., Brennan, M., Voss, A., Palaniswami, M. 2013. *Poincare Plot Methods for Heart Rate Variability Analysis*, New York Heidelberg Dordrecht London, Springer.
- [11] Kim, Y & Lee, J. 2010. Cuffless and non-invasive estimation of a continuous blood pressure based on PTT. *2nd International Conference on Information Technology Convergence and Services*. Cebu, Philippines.
- [12] Kumar, D., Prasannakumar, S., Sudarshan, B., Jayadevappa, D. 2013. Heart Rate Variability Analysis: A Review. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 1(6), 9-24.
- [13] Leonard, P., Grubb, N., Addison, P., Clifton, D., Watson, J. 2004. An algorithm for the detection of individual breaths from the pulse oximeter waveform. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 18(5-6), 309–312.
- [14] Mainsah, B. & Wester, T. 2007. Design of a Dual Heart Rate Variability Monitor. *Worcester polytechnic institute*.
- [15] Malik, M. 1996. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use: Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society for Pacing and Electrophysiology. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 1, 151–181.
- [16] Gospodinova, E., 2019. Graphical methods for non-linear analysis of electrocardiographic data. *CBU International Conference Proceedings 2019: Innovations in Science and Education*, 7, 864-869 DOI:<https://doi.org/10.12955/cbup.v7.1497>, <https://ojs.journals.cz/index.php/CBUIC/article/view/1497/2033>
- [17] Gospodinova, E., 2019, Time Series Analysis Using Fractal and Multifractal Methods. *CompSysTech '19 Proceedings of the 20th International Conference on Computer Systems and Technologies*, ACM New York, NY, USA, ISBN:978-1-4503-7149-0, DOI:<https://doi.org/10.1145/3345252.3345265>, 188-193. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3345252.334526>
- [18] Georgieva-Tsaneva G., Gospodinov M., Gospodinova E. 2020. Improvement of medical training using a software system for processing and modeling information, and creating a physiological database. *14th International Technology, Education and Development Conference*, 2-4 March, Valencia, Spain, 1161-1169, ISBN: 978-84-09-17939-8, ISSN: 2340-1079, doi:10.21125/inted.2020.0407, <https://library.iated.org/view/GEORGIEVATSANEVA2020IMP>.
- [19] Georgieva-Tsaneva G., Gospodinov M., Gospodinova E. 2019. Spectral Analysis of Heart Rate Variability of Holter Records. *Proceedings of The International Conference on Research in Engineering and Technology*, Diamond Scientific Publication, Category: Engineering and Technology, ISBN:978-609-485-022-6 pub <https://www.dpublication.com/wp-content/uploads/2019/12/1-6.pdf>
- [20] Georgieva-Tsaneva G., Gospodinov M., Gospodinova E. 2019. Multi-Sensory Portable Information System for Monitoring and Analysis of Cardiac Data. *Proceedings of The International Conference on Research in Engineering and Technology*, Diamond Scientific Publication, Category: Engineering and Technology, 2019, ISBN:978-609-485-022-6 pub <https://www.dpublication.com/abstract-of-researchconf/3-58/>
- [21] Todorov T., Bogdanova G., Noev N., Sabev N. 2019. Data management in a Holter Monitoring System, *TEM Journal*, 8(3), 801-805.
- [22] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/afe4490.pdf?ts=1591124057079>
- [23] <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf>