

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ВЕЛОКОМП'ЮТЕРА НА БАЗІ ESP32 LILYGO S3 T-DISPLAY ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ЗБОРУ ПОКАЗНИКІВ СПОРТСМЕНА

Представлено результати дослідження та розробки велокомп'ютера на базі ESP32 з підтримкою Strava для точного збору й обробки даних про стан велоспортсмена з метою покращення тренувального процесу та оптимізації навантаження.

Ключові слова: велокомп'ютер, моніторинг, датчики, мікроконтролер, ESP32, 3D-моделювання, 3D-друк

Сучасний спорт зазнає стрімкого технологічного розвитку, що суттєво впливає на методи підготовки та контролю за фізичним станом спортсменів. В умовах глобалізації, цифровізації та соціальних викликів, зокрема пандемії й військового стану, питання автономності тренувань і дистанційного моніторингу набуває особливої актуальності. Одним із рішень, яке відповідає сучасним вимогам, є розробка персоналізованих пристроїв для збору та аналізу фізіологічних показників під час занять спортом [1].

Для моніторингу параметрів здоров'я велосипедиста такий пристрій має бути оснащений датчиками для відстеження частоти серцевих скорочень, рівня насичення киснем артеріальної крові SpO_2 (сатурації), температури тіла, пройденої відстані, швидкості та каденції. Для передачі даних до мобільного застосунку такий пристрій зазвичай підключається через Bluetooth. Мобільний застосунок аналізує дані, зібрані пристроєм, і надає інформацію про загальний стан здоров'я та фізичну форму користувача. Крім того, пристрій призначений для виконання різних функцій, таких як планування розпорядку дня, визначення щоденних та щотижневих цілей користувача, надання регулярних нагадувань про споживання води, GPS-відстеження та сповіщення користувача у разі аномальних коливань життєво важливих показників здоров'я.

Слід зауважити, що велосипедним спортом займаються не тільки абсолютно здорові спортсмени, але й ветерани велоспорту, які можуть мати значні професійні травми у минулому. В такому разі необхідно розробляти спеціальні протоколи моніторингу та вимірювати фізіологічні параметри спортсмена, які можуть значно відрізнятися від звичайних характеристик [2].

Велосипедний спорт вимагає особливої точності у відстеженні таких параметрів: швидкість, каденс, пульс, час тренування, середня швидкість та максимальна швидкість. Саме тому доцільно розробити апаратно-програмний комплекс – велокомп'ютер на базі мікроконтролера ESP32 LilyGO S3 T-Display, який поєднує знання в електроніці, інженерії та програмуванні [3].

Розроблена система виконує повноцінний цикл збору, обробки, збереження й передачі даних у реальному часі. За допомогою бездротових технологій, таких як Wi-Fi та Bluetooth 5.0, інформація може бути передана на хмарні сервіси або візуалізована безпосередньо на дисплеї. Інтерфейс користувача адаптується до індивідуальних потреб завдяки кастомізованим налаштуванням. Одним із головних елементів розробки є схема електричного з'єднання (рис. 1), яка визначає, як саме TFT-дисплей, плата зарядки TP4056, акумуляторна батарея та інші модулі взаємодіють із основним контролером. Для з'єднання використовуються проводи з перетином 26 AWG, що мають мідний сердечник і термостійку ізоляцію. Такі дроти зручні для монтажу в обмеженому просторі корпусу, забезпечують надійність контакту, стійкість до перегрівання та механічних пошкоджень.

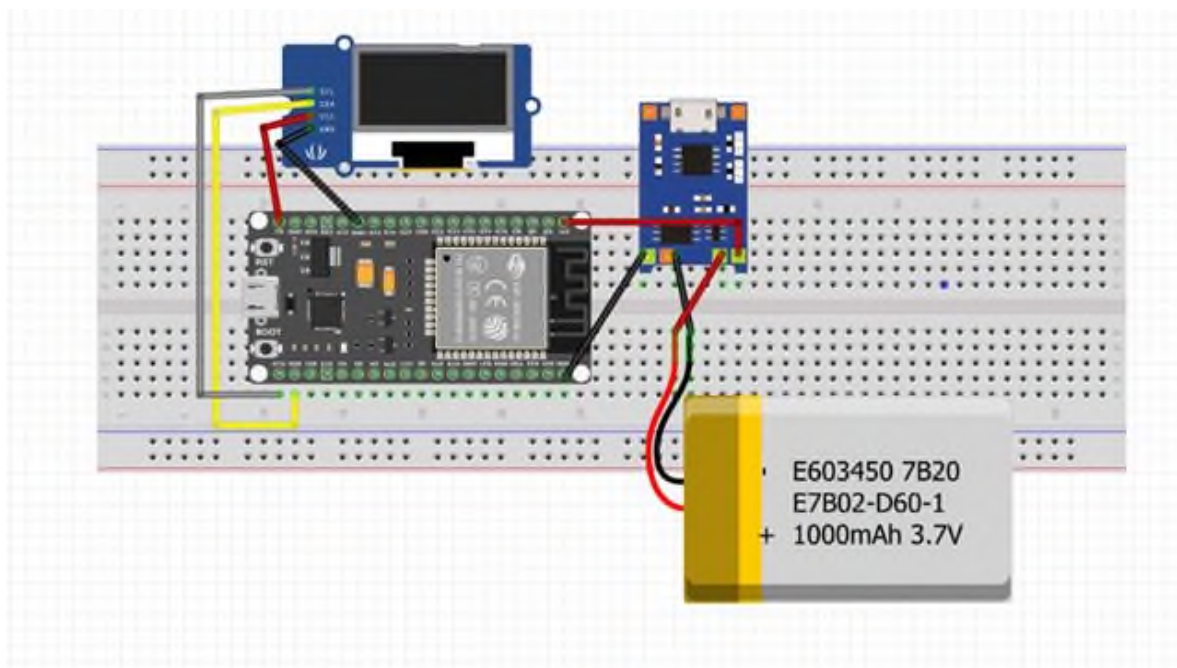


Рис. 1. Схема підключення АПК

Сама схема електрична принципова (рис. 2) передбачає чітко структуровану взаємодію: дисплей з'єднується з контролером через чотири провідники (GND, VCC, SCL, SDA), TP4056 – з акумулятором через контакти B+ і B–, а живлення ESP32 надходить через вихід OUT+ та OUT– модуля зарядки. Датчики каденсу та швидкості підключаються через Bluetooth, що мінімізує кількість фізичних з'єднань і підвищує гнучкість системи.

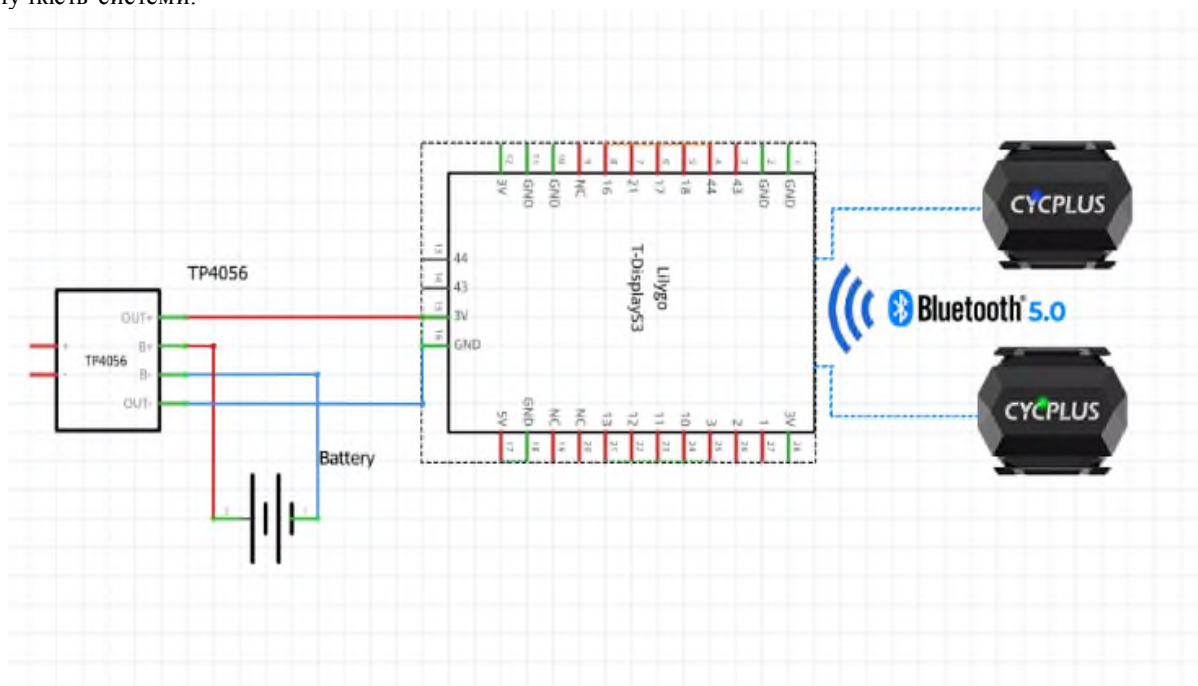


Рис. 2. Схема електрична принципова

Усі компоненти інтегруються в компактний друкований корпус, який було спроектовано за допомогою САПР Autodesk Fusion 360. Під час моделювання корпусу були враховані всі вимоги до точності розмірів, розміщення отворів під дисплей, кнопки, роз'єми та вентиляційні елементи. Також передбачено монтажні заціпки для фіксації плати та кріплення для встановлення на велосипед. Готова 3D-модель експортується у формат STL для друку на 3D-принтері, після чого корпус перевіряється на сумісність з електронними компонентами.

Процес збірки включає кілька етапів: пайка з'єднувальних проводів, встановлення плати до корпусу, підключення акумулятора, монтаж зарядного модуля та Bluetooth-сенсорів. Для забезпечення якісного з'єднання використовуються паяльник, флюс, термоусадкові трубки та інші інструменти. Дисплей з'єднується з платою через FFC-конектор, що спрощує монтаж і знижує ризик пошкодження. Для перевірки

працездатності системи використовується тестова прошивка, яка виводить на екран поточний час і підтверджує з'єднання з Wi-Fi. Також перевіряється функціональність кнопок, стабільність живлення від акумулятора, точність зчитування даних із сенсорів та адекватність реакції системи на зміну параметрів. Особливу увагу приділено перевірці захисту від перезаряджання та глибокого розряду акумулятора.

Експериментальні випробування проводились у реальних тренувальних умовах. Отримані результати порівнювались із показниками, зібраними за допомогою комерційних пристроїв Garmin [4] та Wahoo [5]. Алгоритм, що використовується для моніторингу частоти серцевих скорочень, базується на фотоплетизмографії (ФПГ), тоді як алгоритм відстеження відстані базується на датчиках акселерометра та гіроскопа в пристрої. Датчик GPS використовується для відстеження швидкості велосипедиста, а датчики акселерометра та гіроскопа – для відстеження каденції. Дані, зібрані за допомогою цих алгоритмів, використовуються для розрахунку кількості спалених велосипедистом калорій. Результати продемонстрували мінімальну похибку вимірювань, при цьому власна система виявилася більш адаптивною та енергоощадною. Завдяки відкритій архітектурі ESP32, користувачі мають можливість розширювати функціонал пристрою шляхом додавання нових модулів або оновлення програмного забезпечення.

Одним із додаткових функціональних блоків є підтримка інтеграції з платформою Strava – популярним онлайн-сервісом для трекінгу фізичної активності, який дозволяє зберігати маршрути, аналізувати навантаження, порівнювати результати та будувати персоналізовані графіки продуктивності [6].

Таким чином, розроблений велокомп'ютер поєднує в собі компактність, точність, надійність та доступність, а його використання у тренувальному процесі сприяє не лише підвищенню ефективності підготовки, а й запобіганню травмам, перевтомі та іншим критичним станам. Розроблене рішення є економічно вигідною альтернативою дорогим комерційним пристроям і водночас відкриває широкі можливості для індивідуального налаштування та вдосконалення. Поєднання апаратних компонентів, програмної логіки та 3D-моделювання дозволило створити функціональний пристрій, готовий до практичного використання в польових умовах, що має значний прикладний потенціал для сучасного велоспорту. Підвищення точності пристрою та особливості, характерні для велосипедистів, створюють перспективу для подальших досліджень фізіологічних параметрів велосипедистів, що дозволяє покращити їхнє загальне здоров'я та фізичну форму.

References

1. Joshi S., Chavan H., Darade P., Nikam I., Pimprale V. Wearable device to monitor the health parameters of a cyclist. In book: *ICT Analysis and Applications*. LNNS. Vol. 782. Springer Nature Link, 2023. P. 63–71. DOI: 10.1007/978-981-99-6568-7_7.
2. Forte P., Marinho D. A., Neiva H. P., Morais J. E., Sampaio T., et al. Assessing the aerodynamics of an able-bodied cyclist and a shoulder-amputee cyclist by computer fluid dynamics. *Cultura, Ciencia y Deporte*. 2024. Vol. 19 (62), No. 2188. DOI: 10.12800/ccd.v20i62.2188.
3. ESP32 LilyGO S3 T-Display. Retrieved from: https://www.lilygo.cc/products/t-display-s3-ca?_pos=7&_sid=d9b4a890c&_ss=r (Last accessed: 10.05.2025).
4. Garmin Edge 530 Bundle. Retrieved from: https://garmin-official.com/p/1053120558-velonavigator-edge-530-bundle/?o=IdqJM12uYI1w7gYwUF6puQ==&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwpP63BhDYARIsAOQkATZFzmj26wBd44xs3fSYV1hlZ93oZINPB5b-Da8NY_tnjxl4YVYIaAurTEALw_wcB (Last accessed: 10.05.2025).
5. Wahoo ELEMENT Roam. Retrieved from: https://bikestory.com.ua/ua/velokompyuter-wahoo-elemnt-roam-gps/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwpP63BhDYARIsAOQkATa9o_8c3fma7OJd32ZNP1XMHYN834YRH-62FzrzAPXfZuM-j_RGs1MaAhH1EALw_wcB Last accessed: 10.05.2025).
6. Strava – Record. Sweat. Share. Kudos. Retrieved from: <https://www.strava.com/features?hl=en-EN> (Last accessed: 10.05.2025).

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.25

Bohdan Pylypchuk

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A CYCLE COMPUTER BASED ON ESP32 LILYGO S3 T-DISPLAY FOR MONITORING AND COLLECTING ATHLETE'S INDICATORS

Development of a cycling computer based on ESP32 with Strava support for accurate collection and processing of data on the cyclist's condition to improve the training process and optimize the load.

Keywords: cycle computer, monitoring, sensors, microcontroller, ESP32, 3D modeling, 3D printing

Відомості про авторів / Information about the Authors

Богдан Пилипчук, магістр з комп'ютерної інженерії, провідний спеціаліст сектору інформаційних технологій та цифровізації в УДМС України в Миколаївській області, м. Миколаїв, Україна. E-mail: pylypchuk50@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0009-0003-3893-5311>.

Bohdan Pylypchuk, Master in Computer Engineering, Leading Specialist of the Information Technology and Digitalization Sector at the State Migration Service of Ukraine in Mykolaiv Oblast., Mykolaiv, Ukraine. E-mail: pylypchuk50@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0009-0003-3893-5311>.

Ірина Журавська, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: iryna.zhuravska@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8102-9854>.

Iryna Zhuravska, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Computer Engineering Department at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: iryna.zhuravska@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8102-9854>.

© Б. Пилипчук, І. Журавська
20.05.2025.

Стаття отримана редакцією

