

Пристрій збору даних вимірювань для навчальної цифрової лабораторії на ESP32

Хижняк І. А., ORCID [0000-0001-9556-1123](https://orcid.org/0000-0001-9556-1123)

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Київ, Україна

Анотація—На сьогоднішній день існує значна кількість навчальних цифрових лабораторій, які знаходять багато сфер використання, починаючи від лабораторних робіт у школі та закінчуючи лабораторіями в університетах. Проте, якщо проаналізувати дані цифрові лабораторії, можна побачити, що вони мають не зручний інтерфейс роботи та налаштування. Метою даної роботи є огляд існуючих рішень, а також пошук рішень для створення покращеної версії навчальних цифрових лабораторій. Головним недоліком існуючих рішень можна вважати відсутність можливості передачі даних за допомогою Wi-Fi або Bluetooth, а також підключення до комп'ютера або смартфона, що могло б значно покращити процес роботи з таким пристроєм. Одним з вирішень даної проблеми є створення навчальної цифрової лабораторії на базі мікроконтролера ESP-32.

Ключові слова — цифрова лабораторія; ESP-32; пристрій збору даних, навчальна лабораторія.

I. ВСТУП

Потенціал використання цифрових лабораторій з кожним роком постійно зростає, оскільки такий пристрій дозволяє проводити дослідження таких галузях як біологія, фізика, хімія та інші природознавчі науки. Доведено, що використання сучасного обладнання підвищує ефективність проведення лабораторних занять у школах [1].

Проте, використання подібних технологій дозволяє проводити лабораторні також в університетах та медичних установах, в залежності від виду дослідів та необхідного устаткування. Важливо відмітити, що за всіх необхідних умов та наявності цифрової лабораторії, можливо проводити лабораторні заняття дистанційно у онлайн формі. На сьогоднішній день це дуже важливо, оскільки існує проблема засвоєння матеріалу студентами та школярами під час дистанційних занять, особливо лабораторних.

Для основи цифрової лабораторії необхідно створити пристрій збору даних, який буде залежати від необхідних для вимірювання датчиків та їх типу під'єднання. У наступних розділах розглядаються існуючі цифрові лабораторії, проте важливо відмітити в них погану масштабованість, залежність від датчиків виробника та обмежений спектр використання.

II. ОБґРУНТУВАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ДО ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Часто необхідно, щоб датчики, які використовуються під час дослідів, працювали одночасно, тобто

передавати виміри паралельно. Отримані результати повинні передаватися для відображення на певний пристрій, комп'ютер або смартфон. Потрібен прилад, який збирає дані зі всіх датчиків та обробляє, саме це і є головною частиною цифрової лабораторії.

Більшість існуючих рішень мають свій власний комп'ютер, який приймає та відображає інформацію [2]. Таке рішення потребує зайвих затрат, а також має низьку ремонтпридатність, у випадку поломки. Проте, є досить вдалі цифрові лабораторії, які передбачають передачу інформації на комп'ютер, проте лише дротовим шляхом [3]. Такі рішення є досить вдалими, проте набагато краще мати можливість приймати інформацію бездротовим шляхом, що дозволить обробити та відобразити дані не тільки на комп'ютері, але і на смартфоні або планшеті.

Для створення цифрової лабораторії, яка буде задовольняти всі потреби користувачів, такі як бездротова передача даних на комп'ютер, смартфон або планшет, необхідно вдало обрати компоненти схеми майбутнього пристрою. Відповідно, необхідні Wi-Fi та Bluetooth модулі, а також мікроконтролер, який буде мати можливість приймати та передавати інформацію для подальшої обробки. Вдалими рішенням буде обрати мікроконтролер ESP-32 [4].

ESP32 – серія бюджетних мікроконтролерів з економним енергоспоживанням. Такий мікроконтролер являє собою єдину систему на кристалі з інтегрованим модулем Bluetooth та Wi-Fi. У основі ESP32 використовується ядро Tensilica Xtensa LX6 (одноядерне та двоядерне). Прикладом існуючої плати на основі ESP-32 є модуль ESP-WROOM-32, зображений на рисунку 1.



Зазвичай такі модулі можна використовувати як і для створення повноцінних пристроїв, так і для макетів, тобто збирати майбутню схему на бредборді. Це дуже зручно, оскільки дозволяє запрограмувати, протестувати, та перевірити майбутній пристрій. Програмування частіше за все здійснюється на мові C, а у якості середовища розробки початківці використовують Arduino. Більш досвідчені інженери обирають середовище Espressif або Eclipse, проте це не обов'язково, можна використовувати іншу зручну для вас IDE, головне щоб була підтримка мови C.

Система включає у себе радіочастотний тракт: симетричний трансформатор, радіочастотні компоненти, фільтри та модулі управління живленням, вбудовані антенні комутатори, низько шумний підсилювач. Мікроконтролер ESP32 був розроблений і створений компанією Espressif Systems, розташованій в Шанхаї, і виробляється по технології 40 нм.[5]

ESP32 включає у себе наступні технічні характеристики: [6]

- Процесор: Xtensa 32-розрядний LX6, двоядерний мікропроцесор, частота 160 або 240 МГц, 600 DMIPS.
- Пам'ять: SRAM 520 Кб.
- Бездротовий зв'язок: Bluetooth: v4.2 BR/EDR та BLE Wi-Fi: 802.11 b/g/n
- Периферійні інтерфейси: 12-розрядний АЦП, до 18 каналів 2 × 8-біт ЦАП, 4 × SPI3 × UART2 × I2C інтерфейси 2 × I2S інтерфейси

ESP-32 вже зарекомендував себе у якості мікроконтролера для систем розумного будинку та відомий серед початківців та досвідчених у сфері робототехніки. Також значної популярності набули такі проект, як:

- DingTalk's M1 (біометрична система відстеження відвідуваності);[7]
- LIFX Mini (серія дистанційно керованих світлодіодних ламп);[8]
- Pium (домашній аромат та аромотерапія).[9]

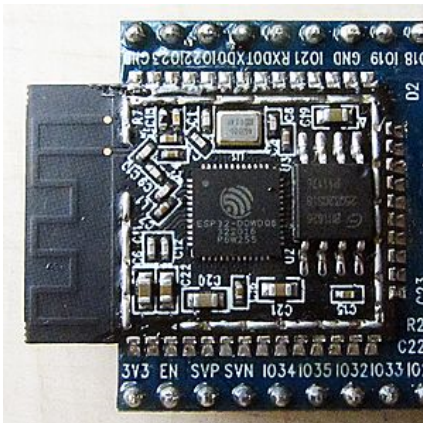


Рисунок 1 – Модуль ESP-WROOM-32 з чіпом ESP32-D0WDQ6.



Рисунок 2 – Пристрій Einstein LabMate II

III. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ЦИФРОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ

Існуючі цифрові лабораторії, які використовуються у деяких школах та університетах для проведення лабораторних занять мають у комплекті базове устаткування та датчики для вимірювань, проте, як зазначалося раніше, данні пристрої не задовольняють у повній мірі потреби користувачів та мають можливості для покращення. До однієї за таких цифрових лабораторій відноситься Einstein LabMate II, зображений на рисунку 2, який має дисплей для відображення результатів вимірювань, проте має досить не широку низку датчиків [10]. Пристрій Einstein LabMate II включає у себе вбудований сенсор вологості, температури, частоти серцевих скорочень, рівня освітченості, ультрафіолету та барометричного тиску. Для обробки та відображення вимірюваних сигналів використовується програмне забезпечення MiLAB X та MiLAB.

Інтерфейс використання дуже зручний, оскільки для передачі даних можна використовувати Bluetooth. Також наявні різнокольорові індикатори, по яким легко орієнтуватися та дізнатися про поточний стан роботи пристрою. Зі всіх цифрових лабораторій, які розглядалися, цей пристрій можна відзначити, оскільки в ньому є можливість передачі результатів вимірювань за допомогою Bluetooth, що дуже важливо для зручного використання та використання зі смартфоном, проте має досить високу ціну.

Технічні характеристики Einstein LabMate II:

- Ємність внутрішньої пам'яті: до 800 000 вимірів.
- Роздільна здатність: 12біт
- Програмне забезпечення: MiLAB
- Зовнішні датчики: 50-60
- Акумулятор: літєвий полімер, 500mAh
- Час роботи: до 24 годин
- Розміри: 90,2мм x 90,2мм x 20мм
- Вага: 120 гр.

Також варто звернути спеціалізований комп'ютер NOVA 5000 компанії FOURIER на рисунку 3, який має комп'ютер у своєму комплекті, що значно збільшує ціну на такий пристрій, а також немає можливості передачі інформації на комп'ютер [11]. Якщо

говорити про цифрові лабораторії без відображення даних, також можна згадати USBLink компанії FOURIER, зображений на рисунку 4, який має можливість передачі даних тільки на комп'ютер, проте тільки дротовим шляхом [12].

Виходячи з розглянутих пристроїв можна зробити певні висновки про кожен пристрій. Технічні рішення та їх реалізація також варті уваги, а також обґрунтування обраних рішень

Всі розглянуті цифрові лабораторії можна поділити на три категорії. До першої категорії належать такі пристрої, які являють собою повноцінний комп'ютер, а для їх роботи необхідні лише сумісні датчики. До другої категорії належать ті цифрові лабораторії, для яких необхідні комп'ютер та датчики, а також відповідне програмне забезпечення для обробки вимірних сигналів та відображення графіків цих сигналів. Третя категорія є поєднання пристрою збору даних та датчиків у одній цифровій лабораторії.

Цифрові лабораторії та пристрої збору даних першого та третього типу можуть використовуватися лише у навчальних цілях, або у вузьких галузях науки, де не потрібна можливість масштабувати даний пристрій. Якщо задача полягає створенні медичного обладнання, або сукупності певних датчиків для неінженерної галузі, то таке рішення є досить вдалим. Але, якщо є мета створити пристрій збору даних, який буде мати низьку ціну, можливість масштабуватися, а також додати до нього всі бажані інтерфейси, такі як Wi-Fi та Bluetooth, набагато краще обирати другий тип пристрою збору даних для основи цифрової лабораторії.



Рисунок 3 - Спеціалізований комп'ютер NOVA 5000 компанії FOURIER



Рисунок 4 - USBLink компанії FOURIER

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши існуючі цифрові лабораторії, можна зробити висновок, що ця сфера потребує покращень, оскільки існуючі на сьогоднішній день технології дозволяють створити значно кращі пристрої з точки зору зручності використання та можливостей застосування у навчальних цілях. Головним елементом, додавання якого значно покращить цифрові лабораторії, є Bluetooth та Wi-Fi. Одним з таких рішень є мікроконтролер ESP-32, оскільки він включає у себе ці модулі, а також його технічні характеристики дозволяють створити пристрій, який буде займатися збором даних одночасно з багатьох під'єднаних датчиків.

Створення цифрової лабораторії з такими характеристиками значно покращить процес проходження лабораторних робіт у школах та університетах, а також дозволить більш організовано проводити заняття дистанційно у онлайн режимі, що позитивно вплине на навчальний процес у школах та університетах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Corter J.E. et al. "Process and learning outcomes from remotely operated, simulated, and hands-on student laboratories" *Computers & Education*. Vol. 57, no. 3. pp. 2054–2067, 2011. DOI: [10.1016/j.compedu.2011.04.009](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.009)
- [2] Samiei E., Tabrizian M., Hoorfar M. "A review of digital microfluidics as portable platforms for lab-on-a-chip applications" *Lab Chip. The Royal Society of Chemistry*, Vol. 16, no. 13. pp. 2376–2396, 2016. DOI: [10.1039/C6LC00387G](https://doi.org/10.1039/C6LC00387G)
- [3] Kim S., Mankoff J., Paulos E. "Sensr: evaluating a flexible framework for authoring mobile data-collection tools for citizen science" *Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. pp. 1453–1462. DOI: [10.1145/2441776.2441940](https://doi.org/10.1145/2441776.2441940)
- [4] Maier A., Sharp A., Vagapov Y. "Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things" *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*. 2017. pp. 143–148. DOI: [10.1109/ITECHA.2017.8101926](https://doi.org/10.1109/ITECHA.2017.8101926)
- [5] Babiuch M., Foltýnek P., Smutný P. "Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing" *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*. 2019. pp. 1–6. DOI: [10.1109/CarpathianCC.2019.8765944](https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944)
- [6] ESP-32 datasheet. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [7] Presence sensor for smart home based on ESP-32. URL: https://www.espressif.com/en/media_overview/news/ding-talk%e2%80%99s-new-biometric-attendance-monitor-based-esp32
- [8] Smart lamp based on ESP-32. URL: <https://www.lifx.com/pages/lights>
- [9] Use of ESP-32-based devices in medicine: URL: https://www.espressif.com/en/media_overview/news/new-esp32-based-aroma-therapy-device
- [10] LabMate II data acquisition device from einstein. Description, documentation. URL: <http://einsteinworld.com/product/labmate-2/>
- [11] FourA data collector NOVA500. Description, price, documentation. URL: <https://fourieredu.com/fwp/ru/store/products/nova5000-ru/>
- [12] USBLink data collector from Fourier. Description, price, documentation. URL: <http://www.KEEPAD.com/usblink.php>

Надійшла до редакції 13 квітня 2021 р.



Measurement Data Collection Device Based on ESP32 for Digital Laboratory

I. A. Khyzhniak, ORCID [0000-0001-9556-1123](https://orcid.org/0000-0001-9556-1123)

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Kyiv, Ukraine

Abstract—The potential use of digital laboratories is constantly growing every year, as such a device allows you to conduct research in such fields as biology, physics, chemistry and other natural sciences. It is proved that the use of modern equipment increases the efficiency of laboratory classes in schools. Today, there are a large number of educational digital laboratories, which find many areas of use, from laboratory work at school to laboratories at universities. However, if you analyze these digital labs, you can see that they do not have a user-friendly interface and settings. The purpose of this work is to review existing solutions, as well as find solutions to create an improved version of digital training laboratories. The main disadvantage of existing solutions is the lack of data transfer via Wi-Fi or Bluetooth, as well as connection to a computer or smartphone, which could significantly improve the process of working with such a device. One of the solutions to this problem is the creation of digital training laboratories based on the ESP-32 microcontroller. After analyzing the existing digital laboratories, we can conclude that this area needs improvement, as existing technologies allow to create much better devices in terms of ease of use and opportunities for educational purposes. Bluetooth and Wi-Fi are the main elements, the addition of which will significantly improve digital laboratories. One such solution is the ESP-32 microcontroller, as it includes these modules, and its technical characteristics allow you to create a device that will collect data simultaneously from many connected sensors. The creation of a digital laboratory with such characteristics will significantly improve the process of laboratory work in schools and universities, as well as allow more organized distance learning online, which will have a positive impact on the educational process in schools and universities.

Keywords — *digital laboratory; ESP-32; data collection device, training laboratory.*