

**Хижняк І.А.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## ПРИСТРІЙ ЗБОРУ ДАНИХ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОЇ ЦИФРОВОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

*Потреба на використання цифрових лабораторій з кожним роком постійно зростає, оскільки такий пристрій дає змогу проводити дослідження в таких галузях, як біологія, фізика, хімія та інші природничі науки. Доведено, що використання сучасного обладнання підвищує ефективність лабораторних занять у школах та університетах. Сьогодні існує велика кількість освітніх цифрових лабораторій, які знаходять багато сфер застосування – від лабораторних робіт у школі до лабораторій в університетах. Проте наявні пристрої мають багато можливостей для покращення зручності використання під час вимірювань. Метою роботи є огляд наявних рішень, а також пошук рішень для створення вдосконаленої версії цифрових навчальних лабораторій. Основним недоліком наявних рішень є відсутність передачі даних через Wi-Fi або Bluetooth, а також підключення до комп'ютера або смартфона, що могло б значно покращити процес роботи з таким пристроєм. Одним із рішень цієї проблеми є створення цифрових навчальних лабораторій на базі мікроконтролера ESP-32. Попередній огляд наявних цифрових лабораторій показав, що ця сфера потребує вдосконалення, оскільки наявні технології дають змогу створювати набагато кращі пристрої з точки зору простоти використання, фінансово вигідніші умови створення та ширший спектр можливостей для навчальних цілей. Bluetooth і Wi-Fi є основними елементами, додавання яких значно покращить роботу цифрових лабораторій. Мікроконтролер ESP-32 включає ці модулі, а його технічні характеристики дають змогу створити пристрій, який буде одночасно збирати дані з багатьох підключених датчиків. Створення цифрової лабораторії з такими характеристиками значно покращить процес лабораторних робіт у школах та університетах, а також дасть змогу більш організованого дистанційного навчання в Інтернеті, що позитивно вплине на навчальний процес у школах та університетах.*

**Ключові слова:** цифрова лабораторія, ESP-32, пристрій збору даних, навчальна лабораторія, датчики вимірювання.

**Постановка проблеми.** Потенціал використання цифрових лабораторій з кожним роком постійно зростає, оскільки такий пристрій дає змогу проводити дослідження в таких галузях, як біологія, фізика, хімія та інші природознавчі науки. Доведено, що використання сучасного обладнання підвищує ефективність проведення лабораторних занять у школах [1]. Використання подібних технологій дає можливість проводити лабораторні також в університетах і медичних установах залежно від виду дослідів і необхідного устаткування. Важливо відмітити, що за всіх необхідних умов і наявності цифрової лабораторії можна проводити лабораторні заняття дистанційно в онлайн формі. Сьогодні це дуже важливо, оскільки існує проблема засвоєння матеріалу студентами та школярами під час дистанційних занять, особливо лабораторних. Залежно від типів датчиків, способу їх під'єднання й очікуваного результату необхідно створювати пристрій збору даних.

Огляд наявних цифрових лабораторій. До однієї з цифрових лабораторій відноситься

Einstain LabMate II, зображений на рисунку 1, який має дисплей для відображення результатів вимірювань, проте має досить нешироку низку датчиків [2]. Пристрій Einstain LabMate II володіє вбудованими сенсорами вологості, частоти серцевих скорочень, температури, барометричного тиску, рівня освітченості й ультрафіолету. Для використання цього пристрою необхідне програмне забезпечення MiLAB та MiLAB X.



Рис. 1. Пристрій Einstain LabMate II

Також цей пристрій володіє здатністю передавати інформацію за допомогою Bluetooth. Інтерфейс використання пристрою досить зручний, адже він включає різнокольорові світлодіоди, за якими можна зрозуміти стан роботи приладу. Якщо зелений індикатор постійно блимає, це вказує на те, що пристрій увімкнено, він не є парним пристроєм Bluetooth. Зі всіх цифрових лабораторій, які розглядалися, цей пристрій можна відзначити, оскільки в ньому є можливість передачі результатів вимірювань за допомогою Bluetooth, проте має досить високу ціну.

Також варто звернути увагу на спеціалізований комп'ютер NOVA 5000 компанії FOURIER на рисунку 2, який має комп'ютер у своєму комплекті, що значно збільшує ціну на такий пристрій, крім того, немає можливості передачі інформації на комп'ютер [3]. Якщо говорити про цифрові лабораторії без відображення даних, можна згадати USBLink компанії FOURIER, зображений на рисунку 3, який має можливість передачі даних тільки на комп'ютер, проте тільки дротовим шляхом [4].



Рис. 2. Спеціалізований комп'ютер NOVA 5000 компанії FOURIER



Рис. 3. USBLink компанії FOURIER

Виходячи з досліджених пристроїв, можемо зробити позитивні та негативні висновки про кожен пристрій. Також важливо відмітити всі технічні рішення, їх реалізацію та обґрунтування обраного рішення.

Для кращого розуміння всі прилади можна поділити на 3 категорії. Перша категорія – це

повноцінні комп'ютери, для яких потрібні лише окремі датчики. Друга категорія – лише ті цифрові лабораторії, для роботи яких необхідні датчики та комп'ютер з програмним забезпеченням для обробки даних і створення відповідних графіків. Третя категорія – поєднання деяких датчиків і пристрою збору даних.

Аналоги цифрових лабораторій, або пристроїв збору даних першого та третього типу є актуальними лише з навчальною метою на початкових етапах та у вузьких галузях науки. Звичайно, якщо завдання – створити таку систему, у яку будуть убудовані всі необхідні датчики та відображення результатів, то така система є досить вдалим рішенням. Проте більшість завдань можна вирішити створенням пристрою збору даних другого типу, що забезпечить низьку вартість готового виробу, буде підходити для багатьох завдань, легко масштабуватися та розширюватися, мати можливість перепрограмування, володіти можливістю передачі інформації за допомогою Wi-Fi та Bluetooth.

**Постановка завдання.** Часто необхідно, щоб датчики, які використовуються під час досліджень, працювали не окремо, а в парі або певній системі з іншими датчиками. Звісно, сигнали із цих приладів потрібно обробляти та передавати для відображення на перший пристрій, комп'ютер або смартфон. Потрібен прилад, який збирає дані зі всіх датчиків та обробляє, саме це і є головною частиною цифрової лабораторії.

Більшість наявних рішень мають власний комп'ютер, який приймає та відображає інформацію [5]. Таке рішення потребує зайвих витрат, а також має низьку ремонтпридатність у випадку поломки. Проте є досить вдалим цифрові лабораторії, які передбачають передачу інформації на комп'ютер, проте лише дротовим шляхом [6]. Такі рішення є досить вдалим, проте набагато краще мати можливість приймати інформацію бездротовим шляхом, що дасть змогу обробити й відобразити дані не тільки на комп'ютері, а й на смартфоні або планшеті.

Для зручності використання також важливо створити можливість авторозпізнавання датчиків, щоб при відображенні значень на екрані комп'ютера можна було побачити, з якого саме датчика ці дані. Це важливо для інтерфейсу, особливо коли використовується декілька датчиків одночасно.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** 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 й передавати інформацію для подальшої обробки. Вдалим рішенням буде обрати мікроконтролер ESP-32 [7].



Рис. 4. Позначення портів на платі ESP32 Espressif ESP-WROOM-32

ESP32 (рис. 4) володіє доволі широкими технічними характеристиками. Основні з них наведені нижче [8].

- Процесор: 2-ядерний, 32-розрядний, 160/240 МГц.
- Пам'ять SRAM, 520 Кб.
- Бездротовий зв'язок: Wi-Fi, Bluetooth: 4.2.
- Периферійні інтерфейси: 12-розрядний АЦП, 18 каналів; 2 × i2s для інтерфейсів; 2 × 8-біт цапи;

- 4 × СВО;
- 3 × UART;
- 2 × I2C інтерфейси;
- SDIO/SPI підпорядкований контролер.

ESP-32 вже зарекомендував себе як мікроконтролер для систем розумного будинку, автоматизації певних процесів, створення розумних приладів і відомий серед початківців і досвідчених у сфері робототехніки.

Для під'єднання датчиків буде використовуватися роз'єм MiniDin, оскільки існує багато датчиків, які можна під'єднати за його допомогою.

На рис. 5 наведено зовнішній вигляд MiniDIN-8, нумерація його портів і їх призначення.

Реалізація можливості авторозпізнавання буде здійснюватися за допомогою так званих кодових резисторів. Кожен датчик має свій резистор, що дає змогу ідентифікувати його, подавши напругу й отримавши унікальне значення струму з кожного датчика. Проте, якщо необхідно використати датчик, у якому кодового резистору немає, у цьому не буде ніякої проблеми.

Отже, знаючи необхідні компоненти та можливості, якими буде володіти майбутній пристрій, створили таку принципову схему (рис. 6).

У таблиці нижче (таблиця 1) наведено мікросхеми, які використовуються в цій схемі. Також схема включає резистори, конденсатори, індуктивності й діоди, проте вони не наведені в таблиці, оскільки наведених даних достатньо для розуміння принципу роботи пристрою та реалізації задуманого функціоналу.

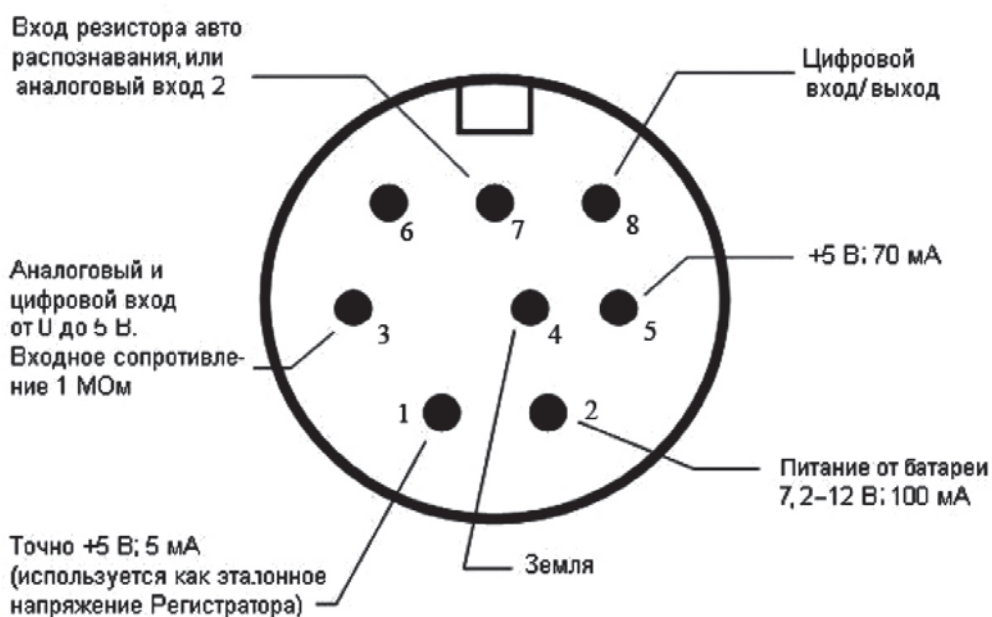


Рис. 5. Призначення контактів MiniDIN-8

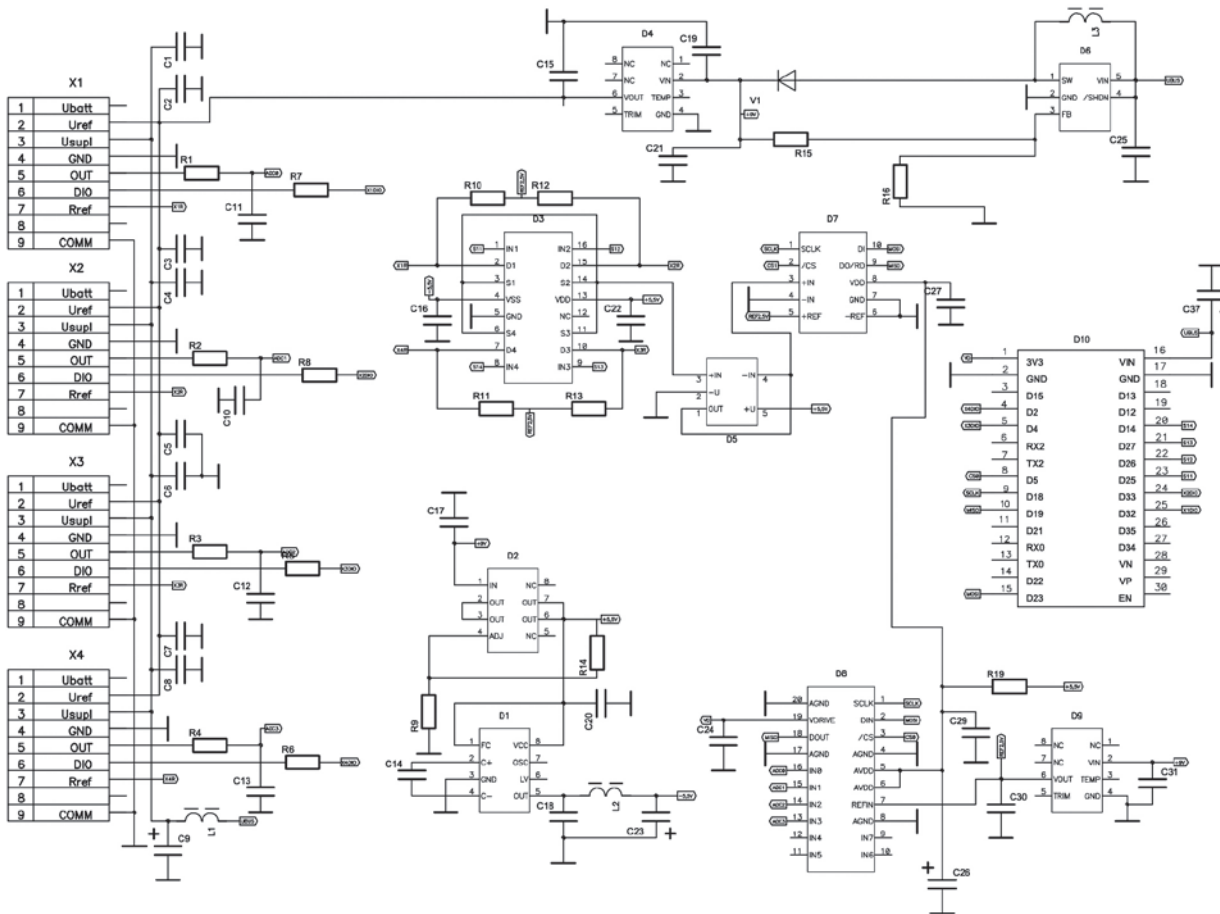


Рис. 6. Принципова схема пристрою збору даних

Таблиця 1  
Мікросхеми, які використовуються у створеній схемі

Позначення	Назва	Кількість	Примітка
D1	LM2660	1	TI
D2	LM317LD	1	TI
D3	ADG1611	1	AD
D4	ADR02	1	AD
D5		1	TI
D6	LT1615	1	LT
D7	AD7788	1	AD
D8	AD7927	1	AD
D9	ADR03	1	AD
D10	ESP32	1	ESP32

**Висновки.** У роботі були розглянуто наявні пристрої збору даних, а також наведено схему створеного пристрою збору даних на базі мікро-

контролера ESP-32. Перевагами створеного пристрою є можливість передачі вимірних даних за допомогою Wi-Fi та Bluetooth на комп'ютер або планшет. Також наведена схема дає можливість автоматичного розпізнавання під'єднаних датчиків за допомогою кодових резисторів, що позитивно впливає на зручність використання. Датчики, відповідно, можуть бути як цифрові, так й аналогові, що значно розширює спектр використання цього пристрою.

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

#### Список літератури:

1. Corter J.E. et al. Process and learning outcomes from remotely- operated, simulated, and hands-on student laboratories. *Computers & Education*. 2011. Vol. 57. № 3. P. 2054–2067.
2. Пристрій збору даних LabMate II від einstein. Опис, документація. URL: <http://einsteinworld.com/product/labmate-2/>.

3. Пристрій збору даних NOVA500 від Fourier. Опис, ціна, документація. URL: <https://fourieredu.com/fwp/ru/store/products/nova5000-ru/>
4. Пристрій збору даних USBLink від Fourier. Опис, ціна, документація. URL: <http://www.keepad.com/usblink.php>.
5. 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*. 2016. Vol. 16. № 13. P. 2376–2396.
6. 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. P. 1453–1462.
7. Maier A., Sharp A., Vagapov Y. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. *Internet Technologies and Applications (ITA)*. 2017. P. 143–148.
8. ESP-32 від espressif. Технічна документація, характеристики. URL: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf).

#### **Khyzhniak I.A. MEASUREMENT DATA COLLECTION DEVICE FOR DIGITAL LABORATORY**

*The need to use digital laboratories is constantly growing every year, as such a device allows for research in areas such 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 and universities. Today, there are a large number of educational digital laboratories that find many areas of application – from laboratory work at school to laboratories at universities. However, existing devices have many opportunities to improve usability during measurements. The purpose of this work is to review existing solutions, as well as to 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 solution to this problem is to create digital training laboratories based on the ESP-32 microcontroller. A preliminary review of existing digital laboratories has shown that this area needs to be improved, as existing technologies allow to create much better devices in terms of ease of use, more cost-effective conditions and a wider range of opportunities for educational purposes. Bluetooth and Wi-Fi are the main elements, the addition of which will significantly improve the work of digital laboratories. The ESP-32 microcontroller includes these modules, and its specifications allow you to create a device that will simultaneously collect data 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 on the Internet, which will have a positive impact on the educational process in schools and universities.*

**Keywords:** digital laboratory, ESP-32, data collection device, training laboratory, sensors for measurements.