

**Загребя А.Я.**

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

**Лебедев Д.Ю.**

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

## РОЗРОБКА СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ЦИФРОВОГО МЕТЕО-ХРОНОМЕТРА

*Темою даної роботи є створення цифрового хронометра з додатковим функціоналом та підключенням до комп'ютера. Звичайний годинник, як відомо, є пристроєм, який вказує актуальний час, дозволяючи людям планувати свій день і здійснювати різні дії відповідно до точного часу. Проте, одним з головних недоліків багатьох готових виробів є їх залежність від живлення. Якщо живлення втрачається, годинник втрачає змогу показувати актуальний час, і при відновленні живлення необхідно знову налаштовувати його. Це може бути надзвичайно незручно, адже для цього необхідний інший годинник або пристрій з доступом до Інтернету.*

*У даній роботі було прийнято рішення зв'язати годинник зі службою точного часу в автоматичному режимі, щоб уникнути цих недоліків. Завдяки цьому цифровий хронометр зможе сам встановити актуальний час при відновленні живлення і не буде потребувати налаштування.*

*Додатково, була додана функція емуляції натискання «Ctrl+S» для автоматичного збереження даних на персональному комп'ютері, що дуже корисно, особливо коли електроенергія непередбачувано вимикається та зникає живлення комп'ютера.*

*Проект містить блоки розширення функціоналу, зокрема підключення барометру BMP280, налаштування роботи емуляції клавіатури кнопками та енкодером на самому годиннику, автоматична зміна яскравості дисплею в залежності від освітлення у приміщенні, режим сну для збільшення часу життя батареї та інші можливості.*

*Не використана у проекті шина SPI контролера STM32 була виведена на додатковий роз'єм, що дає можливість у майбутньому підключати додаткові модулі до годинника, і навіть реалізувати розумний дім. В якому головним пристроєм (хабом) буде саме цей годинник.*

*Дана стаття присвячена опису електричної схеми годинника.*

**Ключові слова:** годинник, цифровий хронометр, збереження часу, розумний дім, хронометр, STM32.

**Постановка проблеми.** Через війну в Україні часто стало зникати електропостачання у житлових будинках, а великий попит на джерела безперебійного, або резервного живлення призвели до того що не всі можуть їх придбати.

У сучасному світі майже кожен працює за комп'ютером (далі ПК) та непередбачувані відключення електропостачання призводять до втрати даних та як наслідок, багатьох годин роботи людини. Крім того, через необхідність зменшення навантаження на мережу доводиться вимикати системи енергозабезпечення.

Постає необхідність в автоматизованій системі контролю часу, яка б не залежала від не запланованих відключень електромережі.

**Постановка завдання.** Для вирішення цих проблем було прийнято рішення розробити цифровий хронометр, який міг би заряджатися від

ПК коли є живлення та допомагати орієнтуватися у часі коли живлення відсутнє. Крім того, при підключенні до комп'ютера цифровий засіб повинен з заданою періодичністю емулювати натискання комбінації «Ctrl+S» для збереження відкритого файлу, що має значно зменшити втрати при раптовому вимиканні світла.

Також для контролю за температурою у приміщенні буде використовуватись барометр BMP280, який дозволить досить точно вимірювати температуру оточуючого середовища та атмосферний тиск.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найближчі аналоги даного годинника – це Losso GT та DS-3625L.

Порівняння між цифровим метео-хронометром та дзеркальними настільними годинниками Losso GT та DS-3625L можна провести за допомогою декількох параметрів.

По-перше, годинник на STM32 [1, 2] має вбудовану синхронізацію через інтернет, що дозволяє точно синхронізувати час зі світовими стандартами. У порівнянні з цим, дзеркальні настільні годинники Losso GT [3] та DS-3625L [4] мають менш точну синхронізацію, оскільки їх часові механізми базуються на механічних елементах, які з часом вносять похибку.

По-друге, годинник на STM32 має вбудований термометр і барометр, що дозволяє вимірювати температуру та атмосферний тиск. Ці параметри можуть бути корисними для тих, хто цікавиться метеорологією, або для тих, хто працює в спеціалізованих умовах (наприклад, у медичній лабораторії). Дзеркальний настільний годинник Losso GT має лише термометр, а DS-3625L немає вбудованого термометра та барометра.

По-третє, усі годинники мають можливість увімкнути будильники. Losso GT – підтримує до двох будильників, на DS-3625L можна увімкнути лише один будильник, а цифровий хронограф підтримує до 13.

Отже, годинник на STM32 має ряд переваг над дзеркальними настільними годинниками Losso GT та DS-3625L, зокрема, більш точну синхронізацію, вбудований термометр та барометр, функцію збереження даних на ПК. Ці переваги можуть вплинути на вибір користувачів на користь даного годинника.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

##### ***Вибір мікроконтролера***

Для реалізації даного проекту було обрано контролери двох серій – STM32F407 та STM32F103.

STM32F407 було обрано з міркувань його поширеності, доступності на ринку та низької вартості. Крім того, він встановлений на платі GlobalLogic, яка використовувалася для початкової відладки прототипу.

STM32F103, не дивлячись на те, що цей мікроконтролер вже знятий з виробництва, все ще зберігається на складах та доступний для придбання. Ця серія контролерів також відома своєю низькою вартістю, доступністю та легкістю використання. Тому він був використаний для годинника, зібраного на друкованій платі.

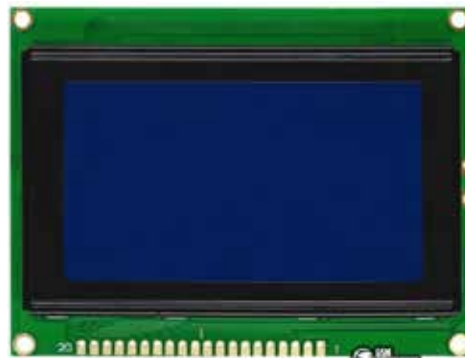
Обидва контролери підтримують USB HID (Human Interface Device) протокол, UART та I2C шини, а також мають достатню кількість GPIO виводів для реалізації всіх необхідних функцій.

##### ***Вибір дисплею***

Для виведення інформації в годиннику було використано два типи дисплеїв: 1602 та

LCD12864B (рис. 1). У першій версії годинника було обрано дисплей типу 1602, оскільки його функціонал був достатнім, і він вже був встановлений на платі GlobalLogic, яка була використана для початкової відладки цього прототипу годинника.

Для другої версії годинника було обрано дисплей типу LCD12864B. Цей дисплей має той самий інтерфейс обміну даними, що й 1602, проте він є більшим і має достатньо місця для виведення великого, зручного циферблата та додаткової інформації, такої як атмосферний тиск, температура, стан Wi-Fi та затримка емуляції «Ctrl+S». Однак, на друкованій платі закладено перемички для встановлення дисплею типу 1602, що дозволяє використовувати його у випадку, якщо дисплей типу LCD12864B недоступний.



**Рис. 1. Дисплей LCD12864B**

##### ***Вибір контролерів DC-DC перетворювачів***

Для успішної роботи мікроконтролера STM32 необхідно забезпечити стабільне живлення з напругою 3,3 В, в той час як дисплей типу 1602 вимагає живлення з напругою 5 В. Оскільки передбачається використання живлення від батареї, необхідно забезпечити зниження напруги до 3,3 В та її підвищення до 5 В.

Для реалізації понижуючого перетворення було використано компактний та економічний контролер понижуючого DC-DC інвертора ST13470.

У свою чергу, для забезпечення підвищення напруги до 5 В було обрано контролер підвищуючого DC-DC інвертора MT3608. Віддаючи перевагу цій мікросхемі, автор проекту керувався її широким поширенням на ринку та власним досвідом роботи з цими контролерами.

##### ***Підключення дисплея***

Для підключення дисплея до контролера використовується 4-провідний протокол, але у схемі передбачено декілька перемичок, що забезпечують сумісність з дисплеями 1602 та LCD12864B. Схема підключення зображена на рис. 2.

## 1602/LCD12864B

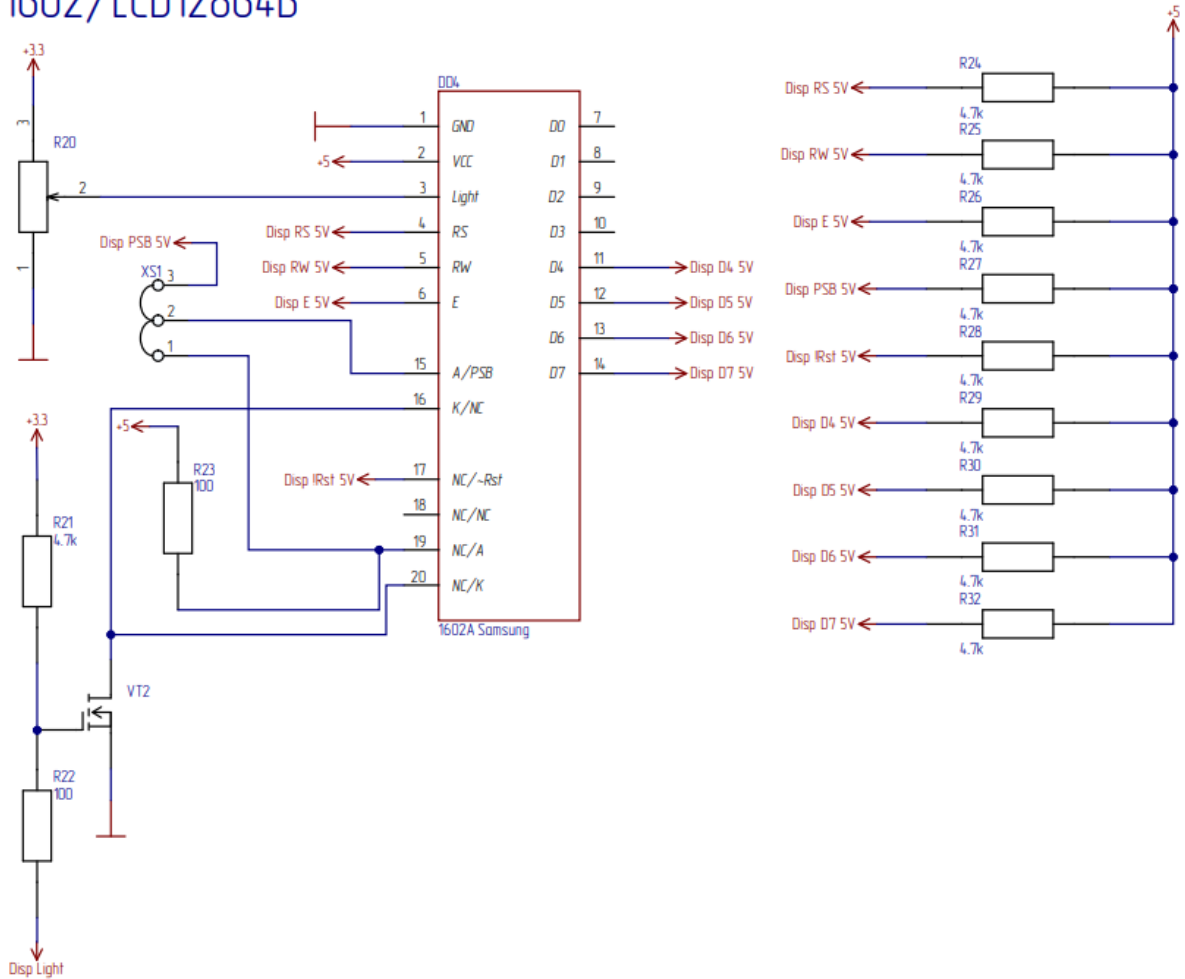


Рис. 2. Схема підключення дисплея

На схемі видно наявність транзистора, що відповідає за керування підсвіткою дисплея. Крім того, передбачено використання резисторів для забезпечення узгодження логічних рівнів, оскільки дисплей розраховано на напругу 5 В, тоді як STM32 може видавати тільки 3,3 В. Завдяки використанню open-drain режиму GPIO та підтягуванню напруги до 5 В через резистори, можна організувати логіку з напругою 5 В.

### Підключення ESP8266

На рисунку 3 зображена схема підключення ESP8266 до STM32. Вхід Enable та RST було підключено до STM32 з метою забезпечення повного контролю над ESP8266 зі сторони керуючого контролера. Таке підключення дозволяє здійснювати включення/виключення модуля ESP8266, а також перезавантаження у випадку, коли модуль заблокується. Крім того, таке підключення дозволяє забезпечити гладке включення модуля при старті годинника, що забезпечує стабільну роботу всієї системи.

## ESP8266

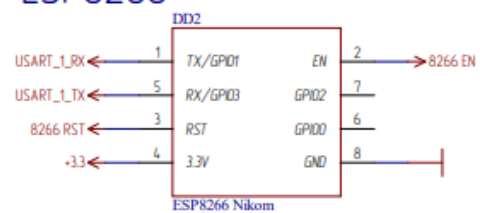


Рис. 3. Схема підключення ESP8266

### Підключення BMP280

На рисунку 4 наведено схему підключення BMP280. За допомогою перемички XS2 можна обрати адресу по якій можна буде зв'язатися з BMP280 по шині I2C. Якщо перемичка буде замкнена на землю адреса буде 1110110b, якщо на 3,3 В – адреса буде 1110111b.

Можливість вибору адреси дозволяє підключити додатковий пристрій по шині I2C і не викликати конфліктів пристроїв.

Конденсатори C10 та C11 додано для зменшення пульсацій живлення та більш стабільної роботи мікросхеми.

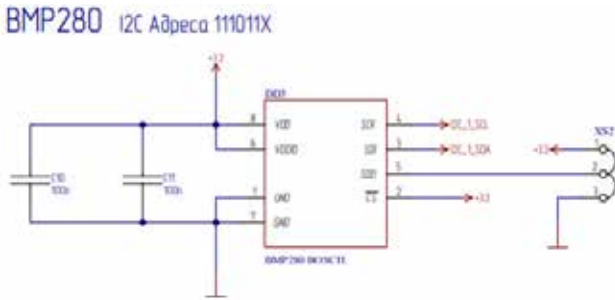


Рис. 4. Схема підключення BMP280

**Підключення енкодера та кнопок**

На рисунку 5 наведено схему підключення енкодера та кнопок керування. Енкодер, який використовується для керування пристроєм, зазвичай має два вихідних канали з фазовим зсувом на 90 градусів між ними, що дає змогу визначати напрямок обертання та кількість обертів. Кожен канал підключено до відповідного входу мікроконтролера STM32. Крім того, до мікроконтролера підключено дві кнопки керування, з «підтяжкою» до 3,3 В та конденсаторами для зменшення ефекту брязкоту контактів кнопок.

На рисунку 6 наведено схему підключення кнопки перезавантаження STM32. Резистор потрібен для «підтяжки» до 3,3 В, щоб коли кнопка не натиснута була логічна 1, а коли натиснута, вона замикає лінію на землю, тобто логічний 0.

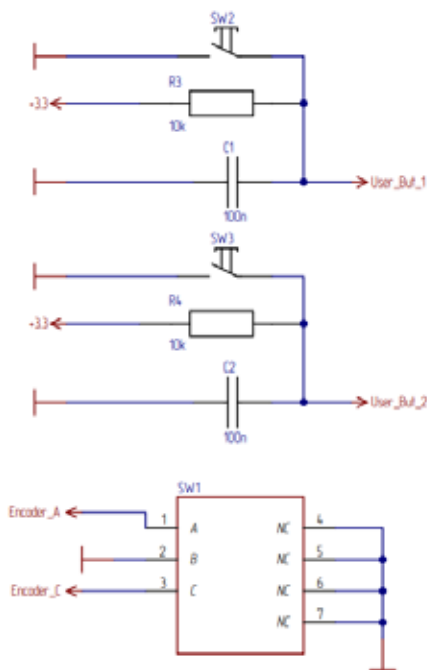


Рис. 5. Схема підключення енкодера та кнопок

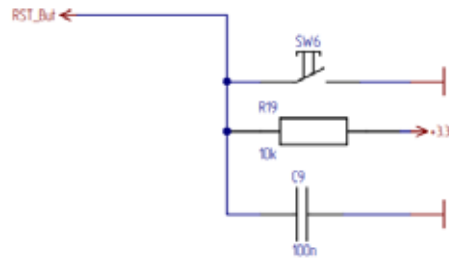


Рис. 6. Схема підключення кнопки перезавантаження

За допомогою мосфет-транзистора VT1 зумер може бути включено або виключено. Для забезпечення більш надійної роботи мосфет-транзистора VT1 використовується резистор R12, який розряджає затвор мосфет-транзистора та допомагає забезпечити надійне «запирання».

Представлена на рисунку 7 схема підключення STM32 є ключовим компонентом системи управління. У ній наведені назви всіх ліній, які підключаються до мікроконтролера.

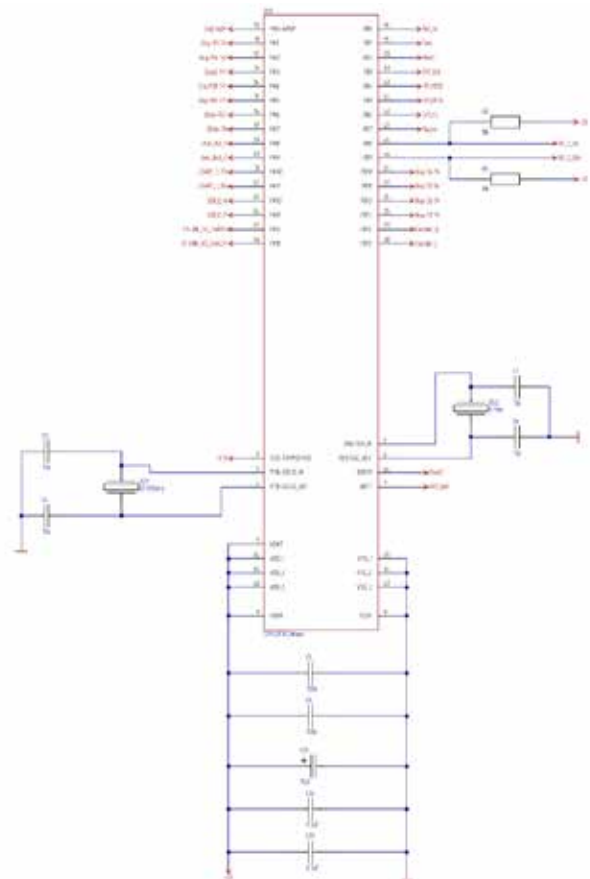


Рис. 7. Схема підключення STM32

На схемі підключені два кварцевих резонатора, один для системи тактування мікроконтролера, а інший – для стабілізації швидкості обміну даними по шині USB.

**Висновки.** У даній роботі ми представили годинник з розширеним функціоналом, що включає автоматичну синхронізацію часу з Інтернетом, підключенням до ПК, функцію емуляції натискання клавіш для автоматичного збереження даних на ПК, а також відображення температури з атмосферним тиском. Наша електрична схема була розроблена і протестована, щоб забезпечити надійну роботу годинника.

Проект містить плани на подальше розширення функціоналу, такі як налаштування роботи емуляції клавіатури кнопками та енкодером на самому годиннику, управління через команди чат-

боту для подальшої обробки, що може відбуватися за допомогою кодування даних [5], автоматична зміна яскравості дисплею в залежності від освітлення у приміщенні, режим сну для збільшення часу життя батареї та синхронізація з системою контролю енергоспоживання від відновлювальних джерел енергії [6].

Проект також має потенціал для розширення через додатковий роз'єм SPI контролера STM32, який дає можливість підключати додаткові модулі до годинника. Ми сподіваємося, що наша робота буде корисною для дослідників інженерної галузі, які працюють над розробкою подібних проектів.

### Список літератури:

1. RM0008 Reference manual. URL: [https://www.st.com/resource/en/reference\\_manual/cd00171190-stm32f101xx-stm32f102xx-stm32f103xx-stm32f105xx-and-stm32f107xx-advanced-arm-based-32-bit-mcus-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00171190-stm32f101xx-stm32f102xx-stm32f103xx-stm32f105xx-and-stm32f107xx-advanced-arm-based-32-bit-mcus-stmicroelectronics.pdf).
2. PM0056 Programming manual. URL: [https://www.st.com/resource/en/programming\\_manual/pm0056-stm32f10xxx20xxx21xxx11xxxx-cortexm3-programming-manual-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/programming_manual/pm0056-stm32f10xxx20xxx21xxx11xxxx-cortexm3-programming-manual-stmicroelectronics.pdf).
3. Зеркальний годинник Losso GT. URL: [https://losso.com.ua/p1340890996-tsifrovye-chasy-nastolnye.html?source=merchant\\_center&gclid=Cj0KCQjwtsCgBhDEARIsAE7RYh2avZqmTRQN1QDlwx8Ubh3MruoMcZyplWGdgyd0DLz0R8TDFS8YgGoaAp7CEALw\\_wcB](https://losso.com.ua/p1340890996-tsifrovye-chasy-nastolnye.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQjwtsCgBhDEARIsAE7RYh2avZqmTRQN1QDlwx8Ubh3MruoMcZyplWGdgyd0DLz0R8TDFS8YgGoaAp7CEALw_wcB).
4. Зеркальний годинник BS- 3625L. URL: <https://bt.rozetka.com.ua/327717373/p327717373/characteristics/>.
5. Шаповал І.В., Лебедев Д.Ю. Алгоритм роботи пристрою AES шифратора. *Проблеми інформатизації та управління*. Київ, 2016. № 1(53). С. 87–91.
6. Бодак Є.Є., Лебедев Д.Ю. Розробка системи контролю енергоспоживання для відновлюваних джерел енергії. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, Серія: Технічні науки*. 2022. Том 33 (72). № 4. С. 21–26. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/05>

### Zahreba A.Ya., Lebedev D.Yu. DEVELOPMENT OF THE CIRCUIT ENGINEERING SOLUTION FOR A DIGITAL WEATHER CHRONOMETER

*The topic of this work is the creation of a clock with additional functionality. A traditional clock is a device that displays the current time, allowing people to plan their day and perform various actions according to the hours and minutes.*

*However, one of the main disadvantages of many ready-made products is their dependence on power supply. If the power is lost, the clock loses the ability to count time, and when power is restored, it needs to be reconfigured. This can be extremely inconvenient, as it requires another clock or device with internet access.*

*In this work, the decision was made to connect the clock to the internet to avoid these drawbacks. This way, the clock can automatically retrieve the correct time upon power restoration and will not require any inconvenient configuration.*

*Additionally, a function was added to emulate the «Ctrl+S» keypress for automatic data saving on a personal computer, which is very useful, especially when the power unexpectedly goes out and disconnects the computer's power supply.*

*The project includes plans to expand the functionality, including connecting the BMP280, setting up keyboard emulation using buttons and an encoder on the clock itself, automatic display brightness adjustment depending on the room's lighting, sleep mode to extend battery life, and other possibilities.*

*The unused SPI bus of the STM32 controller was output to an additional connector, providing the ability to connect additional modules to the clock in the future and even implement a smart home, with the clock serving as the main device.*

*This article is dedicated to describing the electrical circuit of the clock.*

**Key words:** clock, information storage, smart home, autonomous devices, STM32.