

КОТЕЛЕНЕЦЬ ЮЛІЯ

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

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-4011-1221>[knopkaz566@gmail.com](mailto:knopkaz566@gmail.com)

БОНДАРЕНКО НАТАЛІЯ

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

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9237-8187>[nalbondarenko@gmail.com](mailto:nalbondarenko@gmail.com)

БОНДАРЕНКО ВІКТОР

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

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1663-4799>

## СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЧАСУ З ДОДАТКОВИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

Системи контролю часу стали невід'ємним елементом у багатьох сферах людської діяльності, таких як транспорт, електроніка, телекомунікації та ін. Однак створення функціональних систем управління часу з додатковими можливостями стає все більш важливим завданням. Наприклад, сучасні мобільні пристрої, що використовуються в різних сферах, потребують точних систем контролю часу для забезпечення роботи різних функцій, таких як геолокація, фотозйомка і відеозйомка, а також для реалізації інших додаткових функцій.

Запропоновано систему контролю часу з додатковими функціями на основі кварцового резонатора. Система має розширені можливості, які можуть бути використані для виконання різних функцій, таких як виведення даних на екран, обробка даних з датчиків температури та вологості, що використовуються для моніторингу кліматичних умов в приміщенні. Система використовує високоякісні компоненти, такі як кристал з інтерфейсом I2C для взаємодії та РК-дисплей. Пристрій забезпечує точну синхронізацію часу відповідно до використання Wi-Fi модуля. Система живиться через USB-порт і тому може бути легко підключена до комп'ютера або ноутбука. Має компактні розміри та може бути використана в різних пристроях, які потребують точного відстеження часу. Завдяки відносно низькій вартості компонентів і простоті виготовлення, система може бути використана для створення прототипів і невеликих партій обладнання в різних промислових і наукових галузях.

Ключові слова: система контролю часу, годинник, мікроконтролер, РК-дисплей, інтерфейс I2C.

KOTELENETS YULIYA, BONDARENKO NATALIYA, BONDARENKO VIKTOR

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

### TIME CONTROL SYSTEM WITH ADDITIONAL FEATURES

Time management systems have become an integral element in many areas of human activity, such as transportation, electronics, telecommunications etc. However, creating functional time management systems with additional features is becoming an increasingly important task. For example, modern mobile devices used in various fields require accurate time control systems to ensure the operation of various functions, such as geolocation, photography, and video, as well as to implement other additional functions.

A time control system with additional functions based on a quartz resonator has been developed. The system has advanced features that can be used to perform various functions such as displaying data on the screen, processing data from temperature and humidity sensors used to monitor indoor climate conditions. The system uses high quality components such as a crystal with an I2C interface for communication and an LCD display. The device provides accurate time synchronization according to the use of the Wi-Fi module. The system is powered via a USB port and can therefore be easily connected to a computer or laptop. It has a compact size and can be used in a variety of devices that require accurate time tracking. Due to the relatively low cost of components and ease of manufacture, the system can be used to create prototypes and small batches of equipment in various industrial and scientific fields.

Keywords: time control system, clock, microcontroller, LCD display, I2C interface.

### Вступ

Зважаючи на важливість точного відліку часу в багатьох галузях, розробка систем контролю часу стає все більш актуальною, а забезпечення додаткових можливостей таких систем розширяє області їх застосування. У цій статті розглянемо процес розробки системи контролю часу на базі мікроконтролера. Система дає змогу точно відслідковувати час та може бути застосована у різних сферах, таких як автоматизація промислових процесів, розумні будинки та багатьох інших.

### Теоретичні відомості

Система контролю часу з додатковими можливостями, або електронний годинник – це пристрій, що використовується для точного вимірювання часу та має додаткові функції, такі як будильник, таймер, годинник зворотного відліку тощо. Електронні годинники з плином часу стали важливим елементом нашого життя, адже вони не лише показують час, але й повідомляють про надходження повідомлень, дзвінків, контролюють фізичний стан людини під час занять спортом та багато іншого.

Кварцовий резонатор системи генерує коливання з частотою 32 768 Гц, які перетворюються на імпульси для підрахунку часу. Досить висока точність електронного годинника в порівнянні з механічним та подальший розвиток мікроелектроніки призвели до майже повного витіснення механічних стрілкових годинників з життя людини до кінця ХХ століття. Поступово електронний годинник-будильник став вбудовуватися в різні побутові прилади та пристрої, дозволяючи керувати ними (вмикати, перемикаєти

режими роботи, вимикати) [1].

Основними компонентами електронного годинника є мікроконтролер або мікросхема, кристалічний резонатор, дисплей і кнопки керування. Мікроконтролер відповідає за відлік часу та керування функціями годинника. Кварцовий резонатор генерує стійкі коливання для відліку часу. На дисплеї відображається час та інша додаткова інформація, а кнопки керування використовуються для налаштування та керування функціями годинника.

### Аналіз існуючих рішень

Перед початком розробки власної системи контролю часу, необхідно проаналізувати існуючі рішення на ринку. На сьогоднішній день на ринку існує велика кількість різних електронних годинників, які можна розподілити на кілька типів:

- Звичайні електронні годинники з додатковими функціями (наприклад, будильник, календар тощо).
- Електронні годинники з радіочастотним приймачем для синхронізації часу з сигналом міжнародного стандарту часу (наприклад, WWVB, DCF77, MSF).
- Електронні годинники з GPS-приймачем для синхронізації часу та відображення географічних координат.
- Електронні годинники з WI-FI модулем для синхронізації.

Кожен з наведених типів електронних годинників має свої переваги та недоліки. Наприклад, звичайні електронні годинники з додатковими функціями є доступнішими за ціною, проте їхня точність може бути меншою порівняно з годинниками з радіочастотним приймачем або GPS-приймачем.

Годинники з радіочастотним приймачем забезпечують високу точність, оскільки вони отримують сигнал із зовнішнього джерела, проте вони можуть бути вразливі до перешкод, наприклад, відстань до джерела сигналу може бути критичним параметром.

GPS-приймачі у складі годинника також забезпечують високу точність, проте необхідно забезпечити наявність сигналу GPS для отримання точного часу та координат.

Електронний годинник з Wi-Fi синхронізацією може автоматично оновлювати час, використовуючи Wi-Fi з'єднання з Інтернетом. Зазвичай, ці годинники підключаються до мережі Wi-Fi у вашому домі або офісі і отримують точний час від сервера часу Інтернету. Це дає змогу годиннику завжди показувати точний час, без необхідності вручну оновлювати його на основі показів інших годинників.

Існує багато варіантів реалізації подібного пристрою. Декілька популярних рішень: Мікроконтролери (мікропроцесори) дають змогу створити повнофункціональний електронний годинник, який може бути налаштований на певний перелік функцій. Зазвичай, такі годинники мають такі функції, як відображення часу, дати, таймер, будильник і т. д. Мікроконтролер (мікропроцесор) дає змогу створити годинник з високою точністю та точністю збереження часу.

- Програмне забезпечення: існують програмні засоби, такі як LabVIEW або MATLAB, які дають змогу створювати електронні годинники без програмування мікроконтролерів (мікропроцесорів), але можливості програмних засобів обмежені в порівнянні з мікроконтролерами (мікропроцесорами), тому не всі функції можуть бути реалізовані.

- Інтегральні схеми, такі як RTC (Real-Time Clock), мають вбудований кварцовий генератор та RTC, що дозволяє створювати електронний годинник без програмування мікроконтролерів (мікропроцесорів). Однак, такі годинники зазвичай мають обмежену функціональність і можуть бути менш точні порівняно з мікроконтролерами (мікропроцесорами).

- Схеми на базі TTL-елементів: технологія TTL (Transistor-Transistor Logic) базується на транзисторах для реалізації логічних елементів, які використовують для створення електронного годинника. Цей спосіб може бути дуже ефективним для створення простих годинників, що відображають тільки час або час та дату.

Отже, найкращим варіантом є використання мікроконтролерів (мікропроцесорів): завдяки цьому можна забезпечити високу точність та широкий функціональний діапазон, а також можливість легко оновлювати та розширювати функціональність у майбутньому.

Також пристрій може мати різні типи дисплеїв. Проаналізуємо ринок для визначення найбільш оптимального варіанту. Існує декілька типів дисплеїв, які можуть бути використані для реалізації електронного годинника:

- LED-дисплеї є дуже популярними для реалізації електронних годинників, мають високу яскравість, гарну читабельність та довгу тривалість служби.

- LCD-дисплеї також досить популярні для реалізації електронних годинників, мають високу якість зображення, дозволяють відображати більшу кількість інформації та мають низьке споживання енергії.

- OLED-дисплеї мають високу якість зображення та глибокі чорні кольори, низьке споживання енергії та потребують меншої електричної потужності, однак OLED-дисплеї можуть бути досить дорогими, особливо якщо потрібен великий розмір екрану.

- TFT-дисплеї є одними з найбільш розповсюджених дисплеїв, які використовуються для відображення інформації, мають високу якість зображення та можуть відображати кольорову графіку.

Найбільш доступні дисплеї – це LCD-дисплеї, які дешеві у виробництві та забезпечують гарну

якість зображення. Таким чином, для економії витрат на реалізацію електронного годинника краще використовувати LCD-дисплей. Якщо стоїть задача розширити функціонал, то можна замінити даний вид дисплея на TFT.

Для аналізу додаткового функціоналу розглянемо деякі конкретні приклади електронних годинників різної цінової категорії, а саме TFA 60.2528.01, WS-8157U-CH-IT та Xiaomi qingping clock.

У всіх трьох пристроях час відображається на цифровому дисплеї. У TFA 60.2528.01 та WS-8157U-CH-IT використовується LED-дисплей, а у Xiaomi clock – LCD-дисплей. Годинники TFA 60.2528.01 та WS-8157U-CH-IT мають великі цифри, які легко зчитуються здалеку, Xiaomi clock має менші цифри.

У годиннику TFA 60.2528.01 використовується кварцовий генератор для забезпечення точності часу. Для налаштування часу використовуються клавіші, що знаходяться на задній стороні годинника. Xiaomi clock має вбудований Bluetooth-модуль, який дозволяє синхронізувати час зі смартфоном через спеціальний додаток Mi Home. Це дозволяє не лише налаштувати точний час, але й використовувати годинник як будильник, додавати нагадування та отримувати інформацію про погоду та інші параметри.

Атомний годинник WS-8157U-CH-IT використовує радіосигнал для синхронізації часу. Годинник приймає сигнал від стандарту часу NIST (National Institute of Standards and Technology) США, що дозволяє забезпечити точність часу на рівні 1 секунди на 10 мільйонів років. Однак, для синхронізації годинника необхідно забезпечити наявність сигналу радіостанції WWVB, що може бути проблемою у деяких регіонах.

Годинники TFA 60.2528.01 та Xiaomi clock мають кілька додаткових функцій. Обидва пристрої можуть служити як будильники, тобто відтворювати звуковий сигнал у заданому часі. Крім того, Xiaomi може вимірювати температуру та вологість повітря. У порівнянні з цими пристроями, атомний годинник має значно більшу кількість додаткових функцій. Наприклад, він може відображати погодні умови та прогнозувати погоду, використовуючи власні сенсори та отримуючи дані з Національної метеорологічної служби США. Також він має функцію автоматичного переходу на літній час та зимовий час, яка є досить корисною для користувачів, які мешкають в регіонах, де змінюється час.

#### **Функціональність**

Запропонована система контролю часу має наступні характеристики:

- точне та надійне відображення часу в форматі годин, хвилин та секунд;
- відображення часу у 24-годинному або 12-годинному форматі;
- можливість синхронізації годинника з точним джерелом часу;
- можливість встановлення будильника та налаштування часу спрацювання будильника;
- помітний для користувача сигнал про спрацювання будильника;
- можливість встановлення таймера та налаштування часу спрацювання таймера;
- можливість вимірювання температури повітря у градусах Цельсія або Фаренгейта;
- вимірювання поточної вологості повітря в приміщенні;
- LCD-дисплей, що забезпечує легке зчитування часу, навіть здалеку;
- зручний інтерфейс для керування системою;
- можливість встановлення секундоміра та його налаштування;
- можливість ручного встановлення часу та дати;
- невисока ціна.

Також наявність у складі датчика для вимірювання температури дає можливість використати його для сповіщення при надмірних чи недостатніх для комфортного життя людини показниках температури.

#### **Опис реалізації**

Структурна схема системи контролю часу наведена на рис. 1 і складається з трьох частин:

- Вхідний блок.
- Блок обробки даних.
- Вихідний блок.

#### **Вхідний блок**

Блок включає в себе USB роз'єм, котрий забезпечує вхідну напругу. Також передбачений стабілізатор живлення для забезпечення вихідної напруги 3.3 В. До блоку входять такі елементи, як керування пристроєм, датчик для вимірювання показників навколишнього середовища та Wi-Fi модуль для взаємодії з мережею.

Елемент керування характеризується п'ятьма тактовими кнопками, які з'єднані з блоком обробки даних за допомогою GPIO [2]. Цей елемент блоку забезпечує керування пристроєм, а саме: зміну відображення часового формату, зміну відображення температурного формату, налаштування дати та часу, налаштування функції будильника, її деактивацію та відкладення, налаштування функції таймера та секундоміра, а також перемикання між різними стилями відображення інформації на дисплеї. Тобто даний елемент блоку відповідає за вибір режиму роботи та налаштування пристрою безпосередньо користувачем.

Датчик вимірювання показників навколишнього середовища здійснює вимір показників температури та відсоток вологості у приміщенні, де знаходиться прилад. Взаємодія з блоком обробки даних здійснюється аналогічно до елемента керування.

Wi-Fi модуль здійснює взаємодію з Wi-Fi мережею для синхронізації показників часу, дати. Також даний елемент можна використати більш розширено, наприклад, для отримання інформації про прогноз погоди на декілька днів. Для взаємодії з блоком обробки даних використовується інтерфейс UART [3].

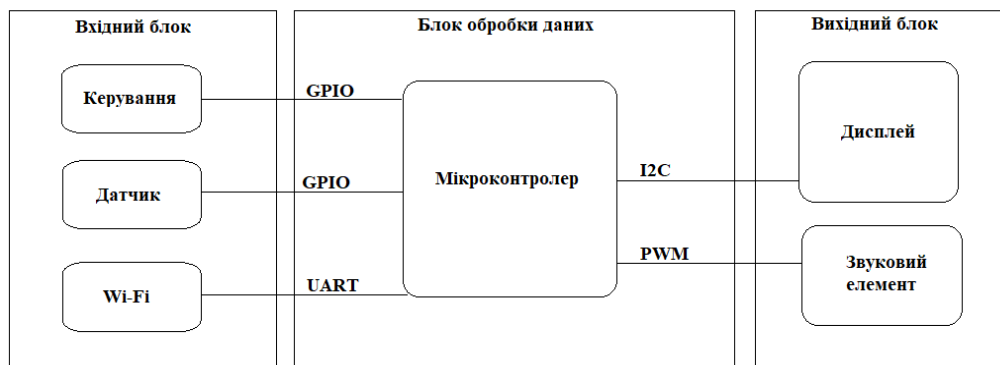


Рис. 1. Структурна схема пристрою

### Блок обробки даних

Даний блок обробляє інформацію, яка надійшла від вхідного блоку, тобто обробляє дані з датчику, інформацію від Wi-Fi модуля, налаштування, які надійшли від елемента керування. Також даний блок оброблену інформацію передає до вихідного блоку для відображення її на дисплеї чи поданні звукового сигналу. Для забезпечення обробки використано мікроконтролер з вбудованим блоком реального часу, а саме – STM32 [4].

### Вихідний блок

Даний блок відображає всі дані, котрі він отримав від блоку обробки даних. Він представлений LCD-дисплеєм 20x04, для відображення інформації у чотири ряди по двадцять символів у кожному, що дає змогу відобразити більше інформації для користувача в один проміжок часу. З блоком обробки даних вихідний блок взаємодіє по інтерфейсу I2C [5], завдяки такому рішенню забезпечується зручний інтерфейс між мікроконтролером та дисплеєм, знижується кількість необхідних пінів на мікроконтролері та спрощується схема підключення. Також у вихідному блоці наявний звуковий елемент, котрий сповіщає користувача про спрацювання таких функцій, як будильник, таймер, секундомір тощо. Звуковий елемент з'єднується з мікроконтролером завдяки GPIO.

### Висновок

Запропоновано систему контролю часу з розширеними додатковими можливостями в порівнянні з рішеннями, представленими на ринку. Варіант реалізації системи з визначеною функціональністю представлений структурною схемою та описом взаємодії блоків системи між собою. Взявши за основу дану реалізацію системи, для подальшого її вдосконалення можна реалізувати:

- заміну LCD дисплея на TFT дисплей;
- заряджання від сонячної батареї, що дасть змогу використовувати систему у походах чи подорожах в автономному режимі;
- розширений мовний інтерфейс для користувача.

### Література

1. Електронний годинник. Науково-популярний блог. 2014. URL: <https://www.npblog.com.ua/index.php/hi-tech/elektronnij-godinnik.html>.
2. Zhu Y. Embedded Systems with ARM Cortex-M Microcontrollers in Assembly Language and C: Third Edition. E-Man Press LLC, 2017. 738 p.
3. Noviello C. Mastering STM32. 2018. 823 p.
4. Yiu J. The definitive guide to the ARM Cortex-M3. Amsterdam: Newnes, 2010.
5. Himpe V. Mastering the I2C Bus: LabWorX 1. PUBLITR ELEKTOR, 2011. 247 p.

### References

1. Elektronnyi hodynnyk. Naukovo-populiarnyi bloh. 2014. URL: <https://www.npblog.com.ua/index.php/hi-tech/elektronnij-godinnik.html>.
2. Zhu Y. Embedded Systems with ARM Cortex-M Microcontrollers in Assembly Language and C: Third Edition. E-Man Press LLC, 2017. 738 p.
3. Noviello C. Mastering STM32. 2018. 823 p.
4. Yiu J. The definitive guide to the ARM Cortex-M3. Amsterdam: Newnes, 2010.
5. Himpe V. Mastering the I2C Bus: LabWorX 1. PUBLITR ELEKTOR, 2011. 247 p.