

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова

**АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА**

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

**13-14 листопада 2023 року**

Навчально-науковий Інститут автоматики і електротехніки  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
м. Миколаїв, проспект Центральний, 3

**МАТЕРІАЛИ**

Миколаїв 2023

УДК 681.5:621.3

П 75

**Автоматика та електротехніка:** Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених [Електронний ресурс]. – Миколаїв: НУК, 2023. – 73 с.

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Автоматика та електротехніка".

Розглянуті питання теорії, практики та розвитку електромеханічних систем і пристроїв суднового та загальнопромислового призначення, а також інформаційно-вимірювального обладнання.

Збірник може бути корисним для наукових співробітників, викладачів, інженерів та студентів.

#### **ОРГАНІЗАТОРИ:**

1. МОН України;
2. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами. Претензії до організаторів не приймаються.

Комп'ютерна верстка:  
Відповідальний за випуск:

М.О. Козлов  
А.В. Обрубов

© Національний університет кораблебудування, 2023

## УДК 621.3.089.2

Трибулькевич С.Л., Чимадуров Р. М.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

**ПРОТОКОЛ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ**

**Метою роботи** є розробка протоколу інформаційного обміну між блоками лабораторного стенду та між лабораторним стендом та ПЕОМ.

**Структурна схема комплексу.** Комплекс має модульну структуру – за кожне завдання відповідає окремий модуль. Структурна схема наведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурна схема лабораторного комплексу

У лабораторному комплексі використовуються наступні інтерфейси передачі даних: USB, UART, SPI, I2C, Ethernet.

USB (Universal Serial Bus) – це універсальна послідовна шина, що призначена для підключення периферійних пристроїв. Шина USB являє собою послідовний інтерфейс передачі даних для високо-, середньо- та низькошвидкісних периферійних пристроїв. Для підключення периферійних пристроїв до шини USB використовується чотиридротовий кабель. Одна пара дротів служать для прийому та передачі даних, інша пара – для живлення периферійного пристрою. Вбудовані лінії живлення дозволяють підключати пристрої без власного джерела живлення. На даний час широко використовуються пристрої, виготовлені відповідно до специфікації USB 2.0.

SPI (Serial Peripheral Bus) – популярний та один з найпоширеніших інтерфейсів для обміну даними між мікросхемами, розроблений компанією Motorola. Призначена для підключення зовнішніх пристроїв. Шина організована за принципом “ведучий-підлеглий”. В ролі ведучого можуть виступати мікроконтролер, програмована логіка, DSP-контролер, Підключенні до ведучого шини зовнішніх пристроїв утворюють підлегли шини. Це мікросхеми, наприклад запам’ятовуючі пристрої, годинники реального часу, цифрові потенціометри, АЦП/ЦАП, спеціалізовані контролери тощо.

UART означає універсальний асинхронний приймач і визначає протокол або набір правил обміну послідовними даними між двома пристроями. UART — дуже простий протокол, у якому використовується лише два дроти між передавачем та приймачем для передачі та прийому в обох напрямках. Обидва кінці також мають заземлення. Зв’язок у UART може бути симплексним (дані передаються тільки в одному напрямку), напівдуплексним (кожна сторона здійснює передачу, але тільки по черзі), або повнодуплексним (обидві сторони можуть передавати одночасно). Дані UART передаються у вигляді кадрів. Далі наведено короткий опис та пояснено формат та вміст цих кадрів.

Ethernet – це найбільш поширена технологія організації локальних мереж. Стандарти Ethernet описують реалізацію двох перших рівнів моделі OSI - дротові з’єднання та електричні сигнали (фізичний рівень), а також формати блоків даних та протоколи керування доступом до мережі (канальний рівень).

Ethernet використовує ідею загального ефіру. Кожна машина посилає дані в ефір та визначає, кому вони адресовані. Дані можуть дійти до всіх машин мережі, але обробляти їх буде тільки та, котрій ці дані призначалися. Промислового застосування стандарту довгий час заважав метод випадкового доступу до мережі, що не гарантував доставку повідомлення в коротке й заздалегідь відомий час. Однак це проблема була вирішена застосуванням комутаторів. Недоліком промислового Ethernet є відносно висока ціна: Ethernet модулі уведення-висновку в середньому в 2 рази дорожче аналогічних Modbus-пристроїв.[1,2]

Дана СК відноситься до ієрархічного типу, тобто передбачає наявність різних рівнів управління. Вона передбачає наявність найвищого рівня, який складається з МК, що працює в режимі master, згідно концепції протоколу Modbus.

Керуючі сигнали формуються на ПЕОМ за допомогою ПЗ і конфігуруються згідно протоколу. Отриманий сигнал приймається і обробляється за допомогою Ethernet контролера, після передається по SPI головному МК, де здійснюється наступна обробка інформації та формування керуючих сигналів для інших блоків.

Після прийому і обробки інформації, головний МК формує пакет з відповідними командами для МК 1-ого рівня, що працює в режимі slave згідно концепції протоколу Modbus, які можуть відповідати керуючому ядру однієї з систем.

Структурну схему ієрархічного зв'язку між модулями показано на рис. 2. Дана СК передбачає необмежену кількість рівнів, тобто при необхідності МК 1-ого рівня може одночасно працювати в режимі slave щодо вищого рівня та в режимі master для наступного рівня (2-го рівня). При необхідності також можна забезпечити зв'язок між МК одного рівня або навіть керування нижчестоящого над вищестоящому МК: налаштування між МК master-slave відносин. За допомогою ускладнення структури СК можна домогтися збільшення її функціональності і гнучкості, також підвищити надійність і швидкість обміну інформації між вузлами.

Обмін інформацією здійснюється згідно протоколу Modbus RTU і з можливість використання різних промислових інтерфейсів, які підтримує протокол: RS-232C, RS-422, RS-485 або ж струмового петля 20 мА, CAN інтерфейс і інші.

Slave TCP та master RTU реалізовано на платі модуля керування з використання середовища розробки MPLABX і мови програмування С (компілятор XC8) [3,4]. Дане ПЗ забезпечує прийом Modbus TCP запиту, його обробку і аналіз, а також формування Modbus RTU запиту та отримання Modbus RTU відповіді, її обробка і аналіз. Блок схема представлена на рис. 3, а. Slave RTU реалізовано на платі вимірювального модуля та модуля комутаторів з використання середовища розробки MPLABX і мови програмування С (компілятор XC8). Дане ПЗ забезпечує формування Modbus RTU відповіді та обробка Modbus RTU запиту і його аналіз. Блок схема представлена на рис. 3, б.

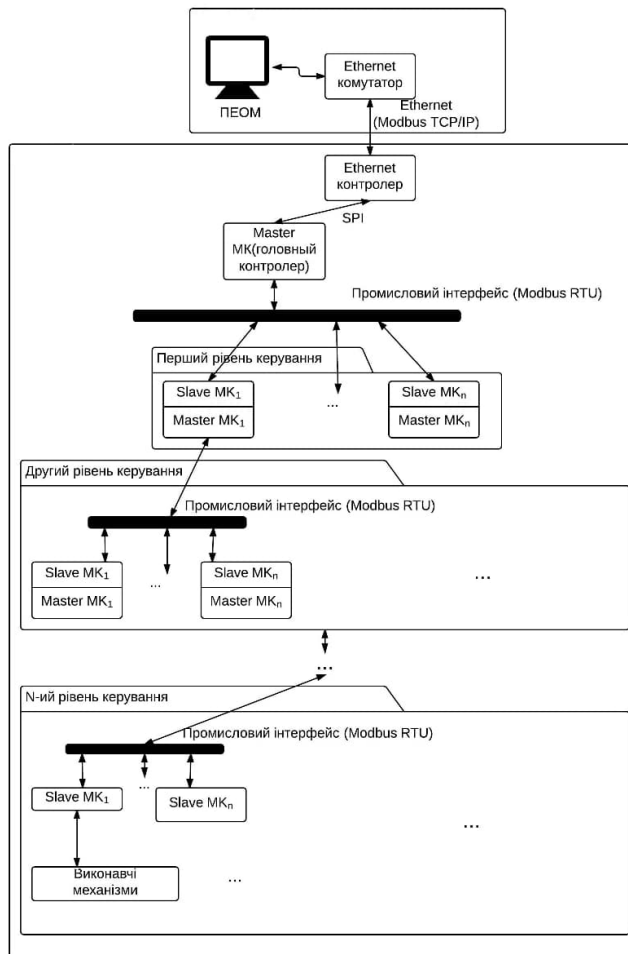
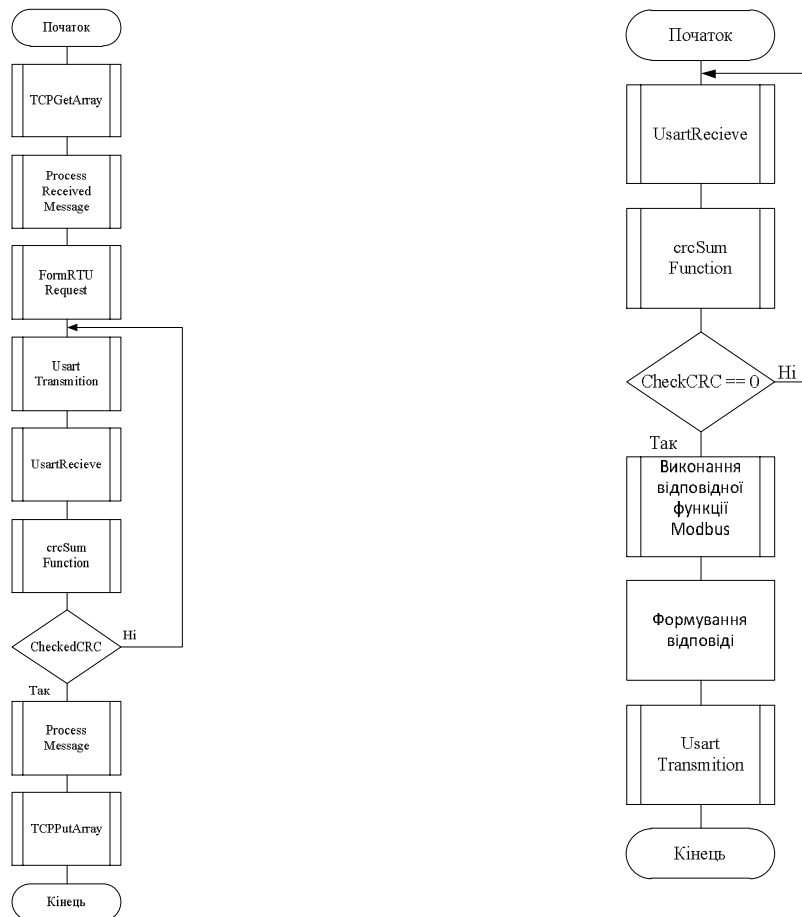


Рисунок 2 – Ієрархічна структура системи керування



а – slave TCP/master RTU; б – slave TCP/master RTU

Рисунок 3 – Блок схема ПЗ

**Висновки.** Розроблено протокол міжблокового зв'язку та керування лабораторним стендом. За основу обрано протокол MODBUS, як стандартний протокол зв'язку у промислових системах. За рахунок використання стандартизованих протоколів можливо використання стандартизованого програмного забезпечення для прийому та передачі на стороні ПК. Також можливе використання даного стенду для вивчення роботи протоколу MODBUS.

Список використаних джерел

1. Промышленная сеть. [Електронний ресурс] // Википедия – 2013 – Режим доступу: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленная\\_сеть](http://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленная_сеть), вільний.
2. Энциклопедия АСУ ТП. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://bookasutp.ru/>, вільний.
3. Введение в протоколы стека TCP IP. [Електронний ресурс] // Режим доступу: [http://citforum.ru/nets/protocols/1\\_02\\_02.shtml](http://citforum.ru/nets/protocols/1_02_02.shtml), вільний.
4. Обзор технологии Ethernet. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://bg.net.ua/content/obzor-tekhnologii-ethernet>, вільний.
5. PIC18F2420/2520/4420/4520 Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
6. PIC18(L)F2X/4XK22 Data Sheet 28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontrollers with XLP Technology. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
7. ENC28J60 Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
8. AN1108 Microchip TCP/IP Stack with BSD Socket API. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
9. Microchip TCP/IP Stack Help. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
10. Протоколы и сети Modbus и Modbus TCP. [Електронний ресурс] // Режим доступу: [www.cta.ru/cms/f/435973.pdf](http://www.cta.ru/cms/f/435973.pdf), вільний.