

РОЗРОБКА TESTBENCH НА БАЗІ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ ІНДУСТРІЇ 5.0

старший викладач Галкін П.В., студент Кудря Т.К.

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра
проектування та експлуатації електронних апаратів, м. Харків, Україна
e-mail: galkinletter@ukr.net, tymur.kudria@nure.ua

Abstract. The rapid advancement of technology in recent years has necessitated the search for and implementation of new approaches to address industrial challenges. The emergence of the Industry 5.0 concept is aimed at not only enhancing but also revolutionizing production, placing a key emphasis on collaboration between humans and automation technologies. In this context, a pressing task arises – the development of a Testbench based on embedded systems for investigating the concept of Industry 5.0. Modern embedded systems have become crucial tools for studying and validating the functionality and efficiency of new production approaches within the framework of Industry 5.0. In this article, we will delve into the key aspects of developing a Testbench for embedded systems, shedding light on the vital interactions between technology and humans critical in Industry 5.0. We will explore the core principles, challenges, and prospects associated with implementing the Industry 5.0 concept in contemporary manufacturing settings.

Ключові слова: вбудовані системи, ІоТ, ІоТ, Testbench, Industry 5.0.

Вступ. Швидкий розвиток технологій в останні роки привів до необхідності в пошуку та впровадженні нових підходів до вирішення завдань у промисловості. Поява концепції Індустрії 5.0 покликано не лише вдосконалити, а й революціонізувати виробництво, надаючи ключовий акцент на співпрацю між людиною та технологіями автоматизації. У цьому контексті виникає актуальна задача – розробка Testbench на базі вбудованих систем для дослідження концепції Індустрії 5.0 [1]. Сучасні вбудовані системи стають важливим інструментом для вивчення та перевірки функціональності та ефективності нових підходів до виробництва в умовах Індустрії 5.0 [2-3]. У цій статті ми детально розглянемо основні аспекти розробки Testbench пристроїв для вбудованих систем, що дозволить висвітлити важливі взаємодії між технологією та людиною, які стають критичними у Індустрії 5.0. Висвітлимо основні принципи, виклики та перспективи, які виникають у зв'язку з впровадженням концепції Індустрії 5.0 в сучасних виробничих умовах.

Основна частина. У змінному ландшафті промисловості сучасного світу концепція Індустрії 5.0 займає центральне місце, прагнучи не лише трансформувати, але й змінити підхід до виробництва. В умовах стрімкого розвитку вбудованих систем, розробка Testbench [4-5] на їх основі стає ключовою ланкою для проведення наукових досліджень та вивчення

взаємодії між технологією та концепцією Індустрії 5.0. Використання бездротових сенсорних мереж (WSN) може бути важливим елементом в розробці Testbench на базі вбудованих систем для дослідження концепції Індустрії 5.0. Існує кілька можливих сценаріїв [4-6], які відображають, як WSN може збагатити такий підхід.

Бездротові сенсори можуть встановлюватися на обладнанні [4] для моніторингу різноманітних параметрів [6], таких як температура, вологість, вібрація тощо. Зібрані дані використовуються для аналізу працездатності обладнання та виявлення потенційних проблем наприклад за допомогою штучного інтелекту, побудованого на базі нейронних мереж [7]. Бездротові сенсори створюють можливість для взаємодії між різними вбудованими системами. Це особливо корисно при тестуванні взаємодії різних компонентів, що використовуються в системах Industry 5.0 [8]. Вбудовані бездротові сенсори можуть служити для вимірювання взаємодії людини з технологією в виробничому середовищі. Це може включати в себе оцінку фізичних зусиль, часу реакції та інших параметрів, що дозволяють краще розуміти, як людський фактор впливає на результативність систем Industry 5.0. Бездротові сенсори дозволяють автоматизовано збирати та передавати дані на центральну систему аналізу, спрощуючи процеси моніторингу та полегшуючи прийняття рішень. За допомогою WSN можна легко розгортати масштабовані системи моніторингу [8-10], які охоплюють велику територію виробничого приміщення чи навіть кілька об'єктів, дозволяючи отримати повний обсяг інформації. Використання бездротових сенсорних мереж розширює можливості тестового середовища [8], забезпечуючи зручність, мобільність та високу гнучкість у вивченні та впровадженні концепції Індустрії 5.0.

Сценарії розробки тестових макетів. Створення тестових макетів на базі мікроконтролерів для дослідження концепції Industry 5.0 може включати різноманітні сценарії та аспекти виробництва. До основних компонентів таких систем можна віднести:

- макет для взаємодії людина-машина (HMI);
- модель автоматизованого виробництва;
- модель IoT-з'єднання;
- система контролю якості на основі вбудованих систем.

Такі тестові макети можуть служити інструментами для вивчення різних аспектів концепції Industry 5.0 та впровадження відповідних технологій у виробничі умови.

Розробка IoT-з'єднання на базі WSN Розробка IoT-з'єднання на базі бездротових сенсорних мереж (WSN) включає в себе використання різних компонентів для забезпечення ефективного моніторингу та обробки даних у промислових умовах. Спеціалізовані сенсори для вимірювання різних параметрів, таких як температура, вологість, тиск, вібрація, рівень рідини тощо. Такі сенсори забезпечують збір великого обсягу даних з

виробничого середовища. Існують різні модулі на основі SoC CC2530, по суті, це плата, на якій розміщено сам CC2530, зовнішній кварцовий резонатор, кілька пасивних компонентів, антенний роз'єм (або вбудована антена) і виходи для підключення до інших пристроїв. Типовий вузол бездротової сенсорної мережі може бути побудований за допомогою мікросхеми CC2530. Цей трансивер може бути готовий до прототипу на платі-модулі PCB, рис. 1.



Рисунок 1 – Модуль трансивер CC2530

Розроблений тестовий стенд на основі CC2530, показаний на рис. 2.

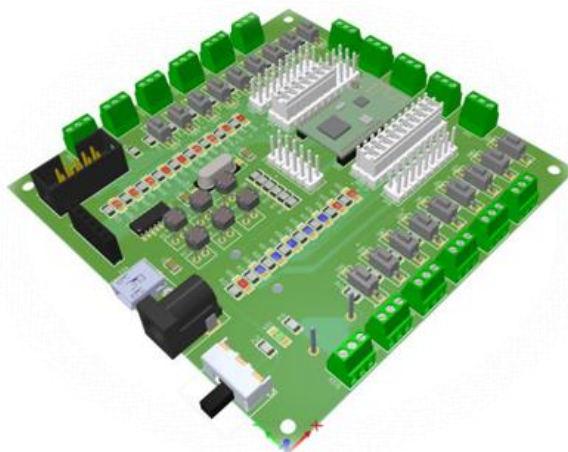


Рисунок 2 – Приклад розробленого тестового макету для IoT-з'єднання на базі WSN

Також слід врахувати, що модулі для бездротового передавання даних від сенсорів до центрального вузла. Це може бути здійснено, наприклад, за допомогою Bluetooth, Zigbee, Wi-Fi або інших протоколів. В нашому випадку це технологія Zigbee на базі CC2530. Такий модуль через периферійні мережі може бути вбудований в промислове рішення, як в роботі [4]. З'єднання модуля, такого як CC2530, з промисловим програмованим логічним контролером (ПЛК), може бути виконане за допомогою бездротових комунікаційних технологій, таких як Zigbee або Bluetooth, або за допомогою стандартних інтерфейсів, таких як UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) чи SPI (Serial Peripheral Interface). Важливо враховувати вимоги конкретного промислового

середовища та вибрати технології та інтерфейси, які найкраще відповідають таким потребам. Інтегрування бездротового з'єднання з загальною системою виробництва чи автоматизації, забезпечить взаємодію з іншими компонентами системи Індустрії 5.0.

Висновки. За останні десятиріччя взаємодія між технологічними інноваціями та промисловістю дедалі посилилася. З метою вдосконалення виробництва та оптимізації витрат, важливим кроком є впровадження концепції ПоТ на основі бездротових сенсорних мереж. Розробка ПоТ-з'єднання на базі бездротових сенсорних мереж є перспективним напрямком для покращення промислового виробництва. Отримані результати вказують на значущий потенціал цього підходу для досягнення інтелектуалізації та оптимізації виробничих умов.

Список використаних джерел.

1. Xu X. et al. Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception //Journal of Manufacturing Systems. – 2021. – Т. 61. – С. 530-535.
2. Leng J. et al. Industry 5.0: Prospect and retrospect //Journal of Manufacturing Systems. – 2022. – Т. 65. – С. 279-295.
3. Akundi A. et al. State of Industry 5.0—Analysis and identification of current research trends //Applied System Innovation. – 2022. – Т. 5. – №. 1. – С. 27.
4. Langmann R. et al. Workshop: The TATU Lab & smart education //2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV). – IEEE, 2016. – С. 400-402.
5. Galkin P., Umiarov R., Grigorieva O. Design embedded system testbench based on FPGA and microcontrollers for TATU smart lab as education component of industry 4.0 //2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – IEEE, 2019. – С. 628-633.
6. Ivan Buhrym, Oleksandr Vynokurov, Pavlo Galkin. Approaches to Designing a Wireless Sensor Network Node // First International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» MC&FPGA-2019, Kharkiv, Ukraine, July 26-27, 2019. – Kharkiv: NURE, MC&FPGA, 2019. – P. 21-24. DOI: 10.35598/mcfpga.2019.007
7. Holikov, M., & Galkin, P. (2018). Analysis of possibilities to use neural network for remote control of electronic devices. Technology Audit And Production Reserves, 6(2(44)), 42-49. doi:http://dx.doi.org/10.15587/2312-8372.2018.149539
8. Pennekamp J. et al. Security considerations for collaborations in an industrial IoT-based lab of labs //2019 IEEE Global Conference on Internet of Things (GCIoT). – IEEE, 2019. – С. 1-7.
8. Галкін П. В. Розробка лабораторного комплексу по вивченню вбудованих систем управління і промислової автоматизації // Матеріали 21-го Міжнародного молодіжного форуму "Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті", 25-27 квітня 2017 р. [Текст] : [збірник] / П.В. Галкін // Т. 2 : Конференція "Автоматизовані системи та комп'ютеризовані технології радіоелектронного приладобудування".- Т. 2.- Харків: ХНУРЕ.- С.94-95.
9. Skobelev P. O., Borovik S. Y. On the way from Industry 4.0 to Industry 5.0: From digital manufacturing to digital society //Industry 4.0. – 2017. – Т. 2. – №. 6. – С. 307-311.
10. Galkin P. Design Testbench for Wireless Sensor Network Based on CC2530 Transceiver //2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). – IEEE, 2019. – С. 1-6.