УДК 004.382
Є. Голотенко; Р. Королюк
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МІКРОКОНТРОЛЕРИ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ: ОГЛЯД АРХІТЕКТУР

UDC 004.382
Y. Holotenko; R. Koroliuk

MICROCONTROLLERS OF INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS: ARCHITECTURE OVERVIEW

Мікроконтролери стали невід'ємною частиною промислового інтернету речей (IoT), виступаючи своєрідним «мозком» розподілених систем. Вони не лише збирають дані з сенсорів, а й виконують локальну обробку, керують актуаторами, забезпечують моніторинг технологічних процесів та підтримують безпеку інформації [1]. Надійність і швидкодія IoT-систем значною мірою залежать від архітектури мікроконтролерів, адже навіть потужна платформа може бути неефективною у складних промислових умовах [2].

При виборі мікроконтролера промислового класу оцінюють стійкість до температурних коливань від -40°C до +85°C, вібрацій, електромагнітних завад, а також підтримку промислових протоколів зв'язку (Ethernet, CAN, Modbus, ProfiNET) [2]. Енергоефективність має критичне значення для автономних сенсорних вузлів, тоді як апаратні засоби безпеки криптомодулі, захист прошивки, Secure Boot - стали обов'язковими вимогами [1].

Серед архітектур, які широко використовуються в промисловості, особливе місце займає ARM Cortex-M. Вона охоплює спектр від енергоощадних M0 до високопродуктивних M7, підтримує RTOS, апаратні засоби безпеки та великий набір периферії [3]. Мікроконтролери ESP32 вирізняються вбудованим Wi-Fi/Bluetooth, двоядерною архітектурою та апаратним шифруванням, що робить їх придатними для бездротових вузлів IoT [1]. У простих системах часто застосовують AVR, тоді як Renesas RX/RL78 і TI MSP430 орієнтовані на стабільність і низьке енергоспоживання [4]. Платформи Microchip PIC залишаються популярними для задач керування завдяки широкому набору лінійок [4].

Вибір конкретної архітектури зумовлений балансом між продуктивністю, енерго-ефективністю, умовами експлуатації та підтримкою промислових стандартів. Тенденції розвитку IoT включають локальну аналітику, підвищені засоби безпеки та активну інтеграцію бездротових рішень [2–4].

Література

1. Industrial Internet of Things enabled technologies, challenges, and future directions. Computers & Electrical Engineering. 2023. T. 110. C. t. № 109063.
2. Vdovichenko O., Perepelitsyn A. Analysis of product range of microcontrollers for creation of elements of home automation. Automation of Technological and Business Processes. вип. 5 C. 6.
3. Zand N. Design and implementation of intelligent packet filtering in IoT microcontroller-based devices : preprint. 2023. C. 12 .
4. Мазуренко В. Б. Дослідження рівня відповідності мікроконтролера ESP32 міжнародним стандартам з кібербезпеки Інтернету речей. Системні технології. 2024. вип. 3152. C. 7.