9. Dougal Main. Q-Processing Nature Magazine (online): https://t3n.de/news/durchbruchquanten-internet-technologie-qubits-silizium-t-center-1486323/.

10. Electrical Properties of Quantum Dot Systems, Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (online): https://www.fkf.mpg.de/.

11. Katherine Tangalakis-Lippert. Microsoft stellt Quantenchip vor, der aus einer neuen Materie besteht – und die Aktie steigt, Business Insider (Online 20.02.2025): https://www.businessinsider.de/wirtschaft/microsofts-stellt-neuen-quantenchip-vor-und-laesst-aktie-steigen/.

DOI https://doi.org/10.36059/978-966-397-491-0-31

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ M5STAMP PICO ДЛЯ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ

Мазур Г. Д.
викладач кафедри комп'ютерної інженерії
та інноваційних технологій
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна

Нагірний Н. В.
здобувач 4-го курсу першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія
Міжнародний гуманітарний університет
м. Одеса, Україна

Розвиток технологій Інтернету речей (IoT) набуває дедалі більшого значення в сучасному цифровому світі, де процеси автоматизації та інтелектуалізації техніко-інформаційних систем стають визначальними напрямками науково-технічного прогресу [1, с. 12]. Особливої уваги заслуговують мініатюрні мікроконтролерні платформи, які здатні забезпечувати ефективну комунікацію та управління у складних мережевих архітектурах. Саме тому дослідження можливостей таких компактних апаратних рішень, як M5Stamp Pico, становить значний науковий та практичний інтерес для фахівців у галузі вбудованих систем та Інтернету речей. Проблемне поле дослідження концентрується навколо питань оцінки потенціалу мікроконтролерних модулів для побудови надійних, енергоефективних та високоінтегрованих мережевих пристроїв, здатних функціонувати в різноманітних умовах з мінімальними апаратними витратами.

Метою даного наукового дослідження є комплексний аналіз технічних характеристик, архітектурних особливостей та практичних можливостей мікроконтролерного модуля M5Stamp Pico для розроблення інноваційних мережевих рішень в контексті концепції інтернету речей [2].

Мікроконтролерний модуль M5Stamp Pico є надзвичайно компактним та потужним апаратним рішенням, розробленим для забезпечення ефективної інтеграції в складні мережеві системи Інтернету речей Архітектура модуля базується на використанні сучасного мікроконтролера ESP32-S3, який має вбудовані механізми підтримки Wi-Fi та Bluetooth комунікацій, що принципово розширює можливості пристрою щодо бездротової взаємодії [3]. Надзвичайно малі фізичні розміри модуля – лише 24x19 мм – дозволяють реалізовувати мініатюрні електронні пристрої з високим рівнем функціональності. Конструктивні особливості M5Stamp Pico передбачають наявність low-power мікроконтролера, достатню кількість цифрових та аналогових портів введення-виведення, Support для програмування через Arduino IDE та MicroPython, що робить його привабливим рішенням для розробників та дослідників у сфері вбудованих систем.

Для всебічної оцінки потенціалу M5Stamp Pico було проведено детальне порівняння його технічних характеристик з іншими популярними мікроконтролерними платформами для IoT-застосувань. Результати порівняння (таблиця 1) демонструють, що M5Stamp Pico має низку суттєвих переваг, зокрема високу енергоефективність, компактність конструкції та широкі комунікаційні можливості.

Порівняльна таблиця 1 демонструє ключові технічні характеристики провідних мікроконтролерних модулів для IoT-застосувань. M5Stamp Pico виділяється серед представлених рішень низкою переваг. Зокрема, він має найвищу тактову частоту процесора – 240 МГц, що забезпечує високу продуктивність обчислень. Обсяг оперативної пам'яті (512 КБ) також є одним з найбільших у порівнянні з іншими модулями, що дозволяє реалізовувати більш складні алгоритми та програмні рішення.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця технічних характеристик мікроконтролерних модулів для IoT

Характеристика	M5Stamp Pico	ESP8266	Arduino Nano 33 IoT	Raspberry Pi Pico W
Мікроконтролер	ESP32-S3	ESP8266	SAMD21	RP2040
Тактова частота	240 МГц	80 МГц	48 МГц	133 МГц
Flash-пам'ять	4 МБ	1-4 МБ	256 КБ	2 МБ
RAM	512 КБ	80 КБ	32 КБ	264 КБ
Wi-Fi	Так	Так	Так	Так
Bluetooth	BLE 5.0	Ні	BLE	BLE 5.0
Розміри (мм)	24x19	24x16	45x18	51x21
Споживання струму	80-160 мА	170-330 мА	50-120 мА	100-200 мА
Діапазон напруги	3.3-5В	3.0-3.6В	3.3-5В	1.8-5.5В
Цифрові вх/вих	18	11	14	26

Порівняння показує, що M5Stamp Pico має збалансований набір характеристик, який дозволяє ефективно використовувати його в різноманітних проектах Інтернету речей – від побутової автоматизації до промислових застосувань. Його технічні параметри перевершують або знаходяться на рівні аналогічних мікроконтролерних модулів за ключовими показниками продуктивності, комунікативності та енергоефективності.

Практичний потенціал M5Stamp Pico в контексті побутової автоматизації розкривається через множину інноваційних сценаріїв впровадження. Зокрема, модуль може бути ефективно використаний для створення інтелектуальних систем кліматичного контролю, де здійснюється моніторинг температурних показників, вологості та якості повітря з подальшою автоматизованою корекцією мікроклімату. Не менш цікавим напрямком є розроблення систем розумного освітлення, здатних адаптивно змінювати яскравість та колірну температуру світлових приладів залежно від денного часу, зовнішньої освітленості та активності користувачів у приміщенні. Перспективним є також використання M5Stamp Pico в системах безпеки, зокрема для віддаленого моніторингу приміщень, контролю доступу та інтеграції з охоронними датчиками руху, відкриття вікон та дверей.

Проведене дослідження переконливо демонструє високий потенціал мікроконтролерного модуля M5Stamp Pico для побудови сучасних мережевих пристроїв в парадигмі інтернету речей. Компактність, висока функціональність, низьке енергоспоживання та розвинені комунікаційні можливості роблять цей модуль перспективним інструментом для реалізації складних технологічних рішень. Подальші наукові розробки варто зосередити на поглибленому вивченні алгоритмів оптимізації енергоспоживання, розширенні спектру протоколів бездротової комунікації та розробці спеціалізованих апаратно-програмних інтерфейсів для спрощення інтеграції модуля в різноманітні IoT-екосистеми. Перспективними напрямками досліджень також є питання підвищення відмовостійкості та розширення діапазону робочих температур мікроконтролерних платформ подібного класу.

Література:

1. Пулеко І. В. Єфіменко А. А. Архітектура та технології Інтернету речей: навч. посіб. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2022. 234 с.

2. Офіційна документація M5Stack. URL: https://docs.m5stack.com/en/core/StampS3 (дата звернення: 07.03.2025).

3. ESP32 Technical Reference Manual/Espressif Systems. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf (дата звернення: 07.03.2025).