

ЕМУЛЯЦІЯ RASPBERRY PI ЗА ДОПОМОГОЮ QEMU ДЛЯ РОЗРОБКИ ТА ТЕСТУВАННЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ

Галкін П.В., Кожевникова В.Г.

e-mail: valeriia.kozhevnykova@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА
м. Харків, Україна

Embedded systems play a crucial role in modern technology, powering devices from consumer electronics to industrial solutions. Raspberry Pi is widely used for embedded development due to its affordability and extensive community support. However, testing on physical hardware presents challenges such as limited access, debugging complexity, and resource constraints. QEMU provides an efficient way to emulate Raspberry Pi, enabling software testing without physical hardware. This article explores the setup, capabilities, and limitations of QEMU for Raspberry Pi emulation in embedded systems development.

У цій статті розглядається використання емулятора QEMU для розробки та тестування вбудованих систем [1] на базі Raspberry Pi. Аналізуються можливості QEMU щодо емуляції апаратних компонентів Raspberry Pi, а також переваги та обмеження цього підходу. Представлено методологію налаштування емулятора для тестування вбудованих додатків[2], взаємодії з периферійними пристроями.

Вбудовані системи відіграють ключову роль у сучасних технологіях[3], забезпечуючи функціональність широкого спектра пристроїв – від побутової електроніки до складних промислових рішень[4]. Raspberry Pi є однією з найпопулярніших платформ для розробки вбудованих рішень завдяки своїй доступності, широкій підтримці спільноти та можливості роботи з різноманітними периферійними пристроями. Однак процес розробки та тестування програмного забезпечення на реальному обладнанні часто супроводжується труднощами[5], такими як потреба в фізичному доступі до пристрою, обмеженість ресурсів та складність відлагодження. Віртуалізація на основі QEMU дає змогу ефективно емулювати Raspberry Pi, забезпечуючи можливість тестування додатків без потреби у фізичному пристрої. Це значно пришвидшує процес розробки, спрощує налагодження та зменшує ризики, пов'язані з помилками програмного забезпечення. У цій статті розглянуто методологію використання QEMU для емуляції Raspberry Pi, його можливості, обмеження та перспективи застосування у вбудованих системах.

QEMU є потужним інструментом емуляції, що підтримує різні архітектури процесорів, зокрема ARM, і дозволяє запускати операційні системи та програмне забезпечення без фізичного обладнання. Для емуляції Raspberry Pi він забезпечує базову підтримку апаратних компонентів, таких як процесор, пам'ять і деякі периферійні інтерфейси (UART, USB). Хоча

QEMU не повністю відтворює всі апаратні можливості Raspberry Pi, він залишається ефективним рішенням для розробки, тестування та налагодження програмного забезпечення у віртуальному середовищі. На рисунку 1 – приведений графік підтримки різних архітектур у QEMU, чим вище значення на шкалі, тим краще реалізована підтримка для відповідної архітектури.

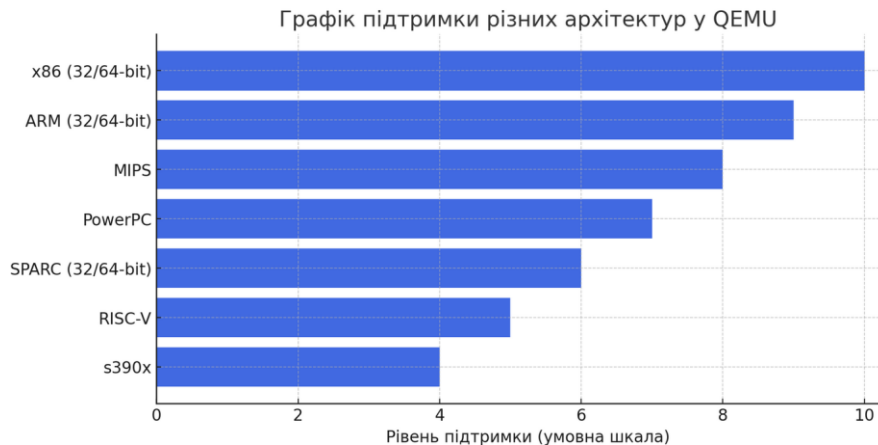


Рисунок 1 – Графік підтримки різних архітектур у QEMU

На рисунку 2 приведений Алгоритм налаштування QEMU для емуляції Raspberry Pi.

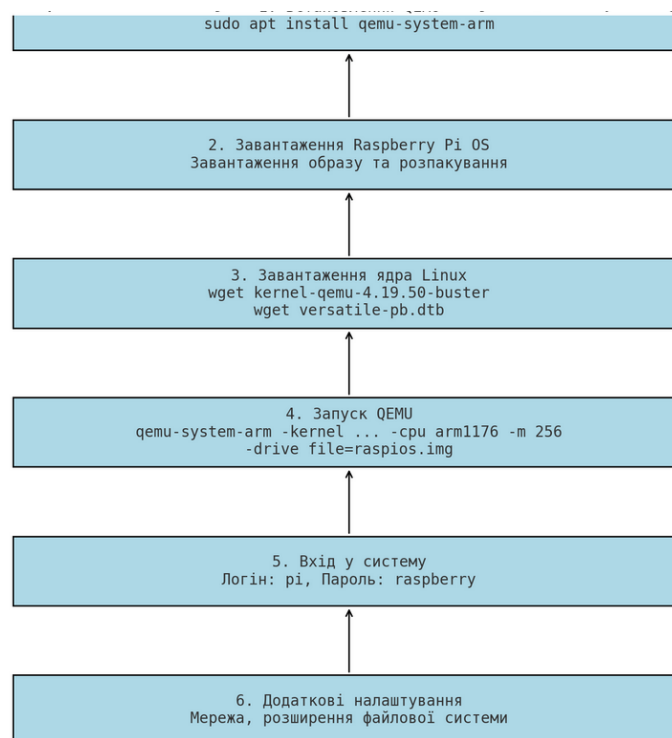


Рисунок 2 – Алгоритм налаштування QEMU для емуляції Raspberry Pi

QEMU підтримує емуляцію та віртуалізацію для широкого спектра процесорних архітектур, що робить його універсальним інструментом для розробників та дослідників. Запропонований алгоритм дозволяє швидко

налаштувати QEMU для емуляції Raspberry Pi, що корисно для тестування програмного забезпечення без фізичного пристрою. Якщо потрібно підтримка GPIO, I2C або інших периферійних інтерфейсів, слід розглянути додаткові модифікації QEMU або використовувати реальний Raspberry Pi.

Емуляція Raspberry Pi за допомогою QEMU є ефективним інструментом для розробки та тестування вбудованих систем без потреби у фізичному обладнанні. Використання QEMU дозволяє спрощувати процес розробки, налагодження та автоматизованого тестування програмного забезпечення, а також пришвидшує цикл розгортання додатків. Аналіз продуктивності показує, що, хоча QEMU не може повністю замінити реальний пристрій через обмежену підтримку периферійних інтерфейсів (GPIO, I2C, SPI), він є достатньо точним для більшості завдань, пов'язаних із розробкою та тестуванням програмних компонентів. Перспективи подальших досліджень включають вдосконалення емуляції периферійних пристроїв Raspberry Pi, інтеграцію QEMU з інструментами для розробки IoT-рішень та автоматизацію тестування на основі контейнеризації. Також перспективним напрямком є використання QEMU для навчання у сфері вбудованих систем та віддаленої розробки програмного забезпечення без необхідності в апаратному забезпеченні.

Список використаних джерел:

1. 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.
2. Galkin P. Development of Testbenches Base on STM32 and CC253X Microcontrollers / P. Galkin // Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA'2022) : proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. - Kharkiv, 2022. - P. 32-34.
3. Головня О. С. Методика застосування технологій віртуалізації Unix-подібних операційних систем у підготовці бакалаврів інформатики : дис. – Інститут інформаційних технологій і засобів навчання, 2019. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/716525> (дата звернення: 10.01.2025).
4. Carnuccio E. et al. Emuladores de sistemas embebidos dentro de contenedores //XXVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)(La Rioja, 3 al 6 de octubre de 2022). – 2023.
5. Ерніц Й. П. Virtual IoT Lab for Embedded Software Development for ESP32 and Raspberry Pi Based Devices / Й. П. Ерніц. – Tallinn: Tallinn University of Technology, 2020. – с.48