

ОДНОПЛАТНІ КОМП'ЮТЕРИ У БОРТОВИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Галкін П.В., Кожевникова В.Г.

e-mail: valeriia.kozhevnykova@nure.ua

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

Single-board computers play an important role in modern onboard computing systems of unmanned aerial vehicles, enabling sensor data processing, navigation, computer vision, and telemetry transmission. Due to their compact size, sufficient computational performance, energy efficiency, and wide peripheral connectivity capabilities, they represent a promising hardware platform for UAVs of various purposes. This paper examines the features of applying single-board computers in UAV onboard systems, their main functions, advantages, limitations, and selection criteria for implementing intelligent aviation systems.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) упродовж останніх років набули широкого поширення в різних галузях цивільного та військового застосування [3]. Функціонування сучасних БПЛА значною мірою визначається ефективністю їхніх бортових обчислювальних систем, які забезпечують обробку даних сенсорів, реалізацію алгоритмів навігації та прийняття рішень у режимі реального часу [4], [5]. Одним із ключових компонентів таких систем є одноплатні комп'ютери (Single Board Computers, SBC), що являють собою компактні обчислювальні платформи, здатні виконувати складні алгоритми обробки даних, комп'ютерного зору та машинного навчання безпосередньо на борту літального апарата [1], [2].

Платформи Raspberry Pi є одними з найпоширеніших SBC завдяки доступності, широкій екосистемі програмного забезпечення та значній підтримці з боку спільноти розробників. Сучасні моделі (Raspberry Pi 4 та Raspberry Pi 5) оснащені багатоядерними процесорами ARM Cortex-A72/A76, оперативною пам'яттю обсягом до 8 ГБ та підтримують високошвидкісні інтерфейси введення-виведення. Порівняння одноплатних ПК з Raspberry Pi приведено на рисунку 1.

NVIDIA Jetson Orin Nano доцільно розглядати як найбільш ефективну платформу для реалізації задач комп'ютерного зору та нейромережевої обробки безпосередньо на борту БПЛА, що зумовлено наявністю апаратного прискорення AI-обчислень і високою продуктивністю у відповідному класі задач.

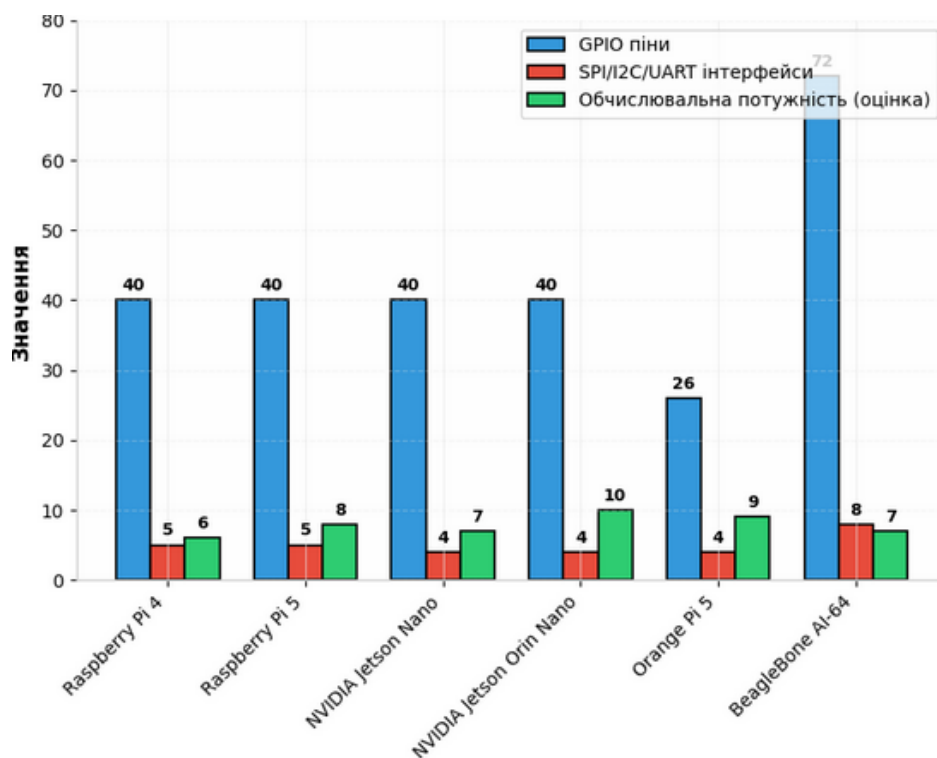


Рисунок 1 – Графік порівняння SBC

У складі бортових систем безпілотних літальних апаратів одноплатні комп'ютери виконують ряд важливих функцій, рисунок 2.

BeagleBone AI-64 є перспективною платформою для побудови складних багатосенсорних бортових систем, оскільки характеризується значною кількістю доступних GPIO-ліній, що розширює можливості інтеграції периферійних модулів і сенсорів.

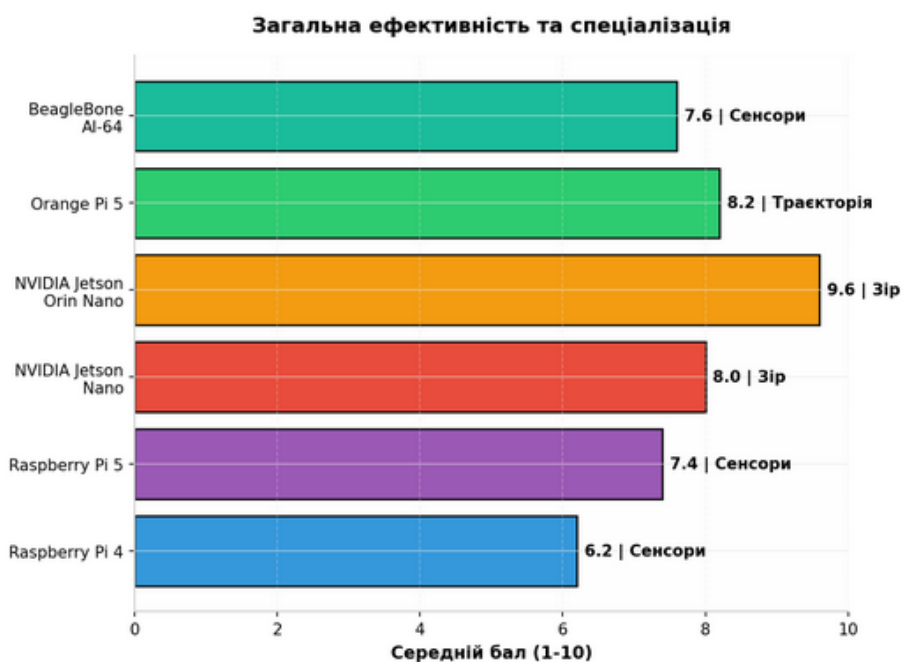


Рисунок 2 – Загальна ефективність SBC під певні функції

Orange Pi 5 демонструє високі показники загальної обчислювальної продуктивності, що робить її придатною для виконання ресурсоємних задач, зокрема планування траєкторії, обробки великих масивів даних та реалізації алгоритмів високорівневого бортового керування.

У більшості сучасних БПЛА використовується ієрархічна архітектура керування, у якій функції розподіляються між польотним контролером та бортовим комп'ютером. Польотний контролер (наприклад, Pixhawk або системи на базі PX4/ArduPilot) відповідає за низькорівневе керування, включаючи стабілізацію, керування двигунами та реакцію на аварійні ситуації. Одноплатний комп'ютер виконує високорівневі функції керування, зокрема аналіз навколишнього середовища, планування місії, обробку відео та виконання алгоритмів штучного інтелекту. Обмін даними між цими компонентами зазвичай здійснюється за допомогою протоколу MAVLink через інтерфейси UART або Ethernet.

Одноплатні комп'ютери відіграють важливу роль у розвитку сучасних безпілотних літальних апаратів, забезпечуючи необхідний рівень обчислювальної продуктивності для реалізації складних алгоритмів навігації, комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Завдяки поєднанню компактності, високої продуктивності та гнучкості програмної реалізації SBC стали ключовим елементом переходу від дистанційно керованих систем до автономних інтелектуальних платформ.

Список використаних джерел:

1. Боровий О. О., Ілечко Р. І. Структура системи автономного управління безпілотним літальним апаратом засобами комп'ютерного зору //Scientific Bulletin of UNFU. – 2024. – Т. 34. – №. 5. – С. 69-77.
2. Baldi S. et al. ArduPilot-based adaptive autopilot: Architecture and software-in-the-loop experiments //IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2022. – Т. 58. – №. 5. – С. 4473-4485.
3. Liang R. et al. UAV Flight Control System Design Based on Ardupilot //2024 7th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE). – IEEE, 2024. – С. 321-328.
4. Galkin P., Golovkina L., Klyuchnyk I. Analysis of single-board computers for IoT and IIoT solutions in embedded control systems //2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). – IEEE, 2018. – С. 297-302.
5. Галкін П. В. Розробка лабораторного комплексу по вивченню вбудованих систем управління і промислової автоматизації // Матеріали 21-го Міжнародного молодіжного форуму "Радіoeлектроніка та молодь у ХХІ столітті", 25-27 квітня 2017 р. [Текст] : [збірник] / П.В. Галкін // Т. 2 : Конференція "Автоматизовані системи та комп'ютеризовані технології радіoeлектронного приладобудування".- Т. 2.- Харків: ХНУРЕ.- С.94-95.