

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ПЛАТФОРМ ATMEGA328 ТА ESP32

Бобро А.А

e-mail: andrii.bobro@nure.ua

Науковий керівник: ст. вик., Васильєв Ю. С.

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

This paper investigates methods for a comparative assessment of the efficiency of power consumption analysis of ATmega328 and ESP32 microcontroller platforms. The main parameters affecting the energy efficiency of these microcontrollers are considered, including operating voltage, clock frequency, current consumption in different operating modes and energy saving capabilities. The study also analyzes the impact of built-in communication modules, computing performance and architectural features on the overall energy consumption. Special attention is paid to the use of these platforms in embedded systems, devices and autonomous electronic systems, where energy efficiency is a critical factor.

Мета – провести порівняльний аналіз енергоспоживання мікроконтролерних платформ ATmega328 та ESP32, визначити основні параметри, що впливають на їхню енергоефективність, а також оцінити доцільність їх використання у вбудованих системах та пристроях.

Енергоспоживання є одним із ключових факторів при виборі мікроконтролерної платформи для розробки сучасних електронних систем. Особливо важливим цей параметр є для автономних пристроїв, сенсорних вузлів та пристроїв, які працюють від батарей або інших обмежених джерел живлення. До основних параметрів, що визначають енергоспоживання мікроконтролерів, належать: робоча напруга, тактова частота, споживаний струм у різних режимах роботи, а також наявність режимів енергозбереження.

Таблиця 1 – Порівняння архітектур мікроконтролерних платформ ATmega328 та ESP32.

Характеристика	ATmega328	ESP32
Архітектура	8-bit AVR	32-bit Xtensa
Макс. частота	16 MHz	240 MHz
Flash пам'ять	32 KB	до 4 MB
SRAM	2 KB	520 KB
Інтерфейси	SPI, I2C, UART	Wi-Fi, Bluetooth
Енергозбереження	Sleep	Deep Sleep

Робоча напруга визначає рівень енергоспоживання електронної системи. Чим нижча напруга живлення, тим менше енергії споживає мікроконтролер під час роботи. Мікроконтролер ATmega328 може працювати в діапазоні напруг приблизно від 1,8 до 5 V. Завдяки цьому він широко використовується у малопотужних пристроях та портативній електроніці. ESP32 зазвичай працює при напрузі 3,3 V. Незважаючи на відносно низьку напругу живлення, цей мікроконтролер має значно більшу обчислювальну потужність та містить додаткові функціональні модулі, що впливає на його загальне енергоспоживання.

Тактова частота та продуктивність безпосередньо впливає на швидкість обробки даних і споживання електроенергії. Зі збільшенням частоти зростає і споживаний струм. ATmega328 працює з максимальною тактовою частотою до 16 МГц. Завдяки відносно невисокій частоті він споживає невелику кількість енергії, що робить його ефективним рішенням для енергоощадних систем. ESP32 може працювати на частоті до 240 МГц та має двоядерний процесор. Це значно підвищує його продуктивність і дозволяє виконувати складні обчислення, але водночас призводить до більшого енергоспоживання порівняно з простішими мікроконтролерами.

Різні режими енергозбереження підтримують сучасні мікроконтролери, які дозволяють значно зменшити споживання енергії у періоді простою. ATmega328 має кілька режимів зниженого енергоспоживання, серед яких: режим очікування, режим сну та режим глибокого сну. У режимі сну споживаний струм може становити лише кілька мікроампер. ESP32 також має декілька режимів енергозбереження, включаючи light sleep та deep sleep. У режимі deep sleep мікроконтролер відключає більшість периферійних модулів, що дозволяє значно зменшити споживання енергії та продовжити час роботи від батареї.

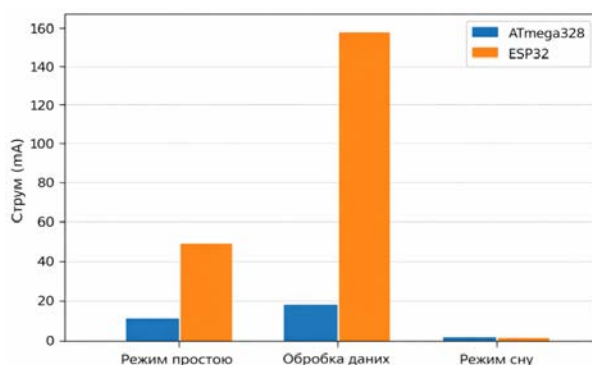


Рисунок 1 – Порівняльний графік енергоспоживання ATmega328 та ESP32

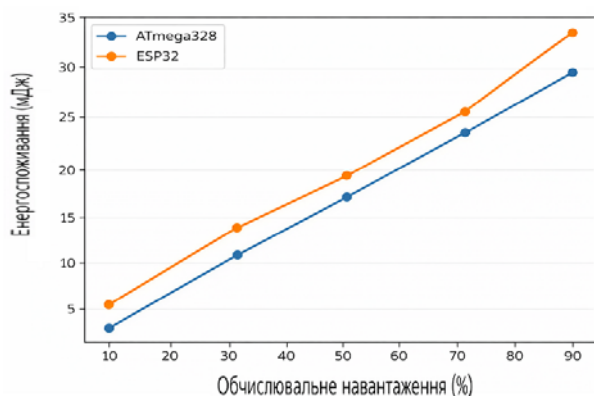


Рисунок 2 – Порівняльний графік залежності енергоспоживання від обчислювального навантаження системи ATmega328 та ESP32

Особливості архітектури та вбудованих модулів: ATmega328 є 8-бітним мікроконтролером з відносно простою архітектурою. Він не має вбудованих бездротових модулів зв'язку, що сприяє зниженню енергоспоживання. ESP32 є більш сучасним мікроконтролером, який має 32-бітну архітектуру та вбудовані модулі Wi-Fi і Bluetooth. Наявність цих модулів значно розширює функціональні можливості платформи, але водночас збільшує споживання енергії.

Висновки. Мікроконтролер ATmega328 характеризується низьким енергоспоживанням, простою архітектурою та високою надійністю. Завдяки цьому він широко використовується у малопотужних електронних системах та автономних контролерах. ESP32 має значно вищу обчислювальну продуктивність і розширені функціональні можливості, включаючи вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth. Це робить його ефективним рішенням для сучасних IoT-пристроїв і мережевих електронних систем. Вибір між ATmega328 та ESP32 залежить від вимог конкретного застосування: для енергозберігальних систем більш доцільним є використання ATmega328, тоді як для складніших систем із бездротовим зв'язком ефективнішим є ESP32.

Список використаних джерел:

1. Microchip Technology Inc. ATmega328P 8-bit AVR Microcontroller Datasheet. – URL: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega328P-Data-Sheet-DS-DS40002061B.pdf>
2. Espressif Systems. ESP32 Technical Reference Manual. – URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
3. Marwedel P. Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems. – 2nd ed. – Dordrecht: Springer, 2011. – 450 p.
4. Yiu J. The Definitive Guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors. – 3rd ed. – Oxford: Newnes, 2013. – 784 p.
5. Espressif Systems. ESP32 Low Power Management. – URL: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/system/sleep_modes.html