

Мікропроцесорна система керування електронними інформаційними банерами

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджено архітектурно-функціональні особливості мікропроцесорних систем керування електронними інформаційними банерами. Обґрунтовано доцільність застосування 32-розрядних мікроконтролерних архітектур із підтримкою технології прямого доступу до пам'яті (DMA) для оптимізації обробки відеопотоку та зниження обчислювального навантаження на процесорне ядро.

Ключові слова: мікропроцесорна система, архітектура ARM, прямий доступ до пам'яті (DMA), кадровий буфер, інформаційний банер, світлодіодна матриця.

Abstract

The paper investigates the architectural and functional features of microprocessor control systems for electronic information banners. The expediency of using 32-bit microcontroller architectures with Direct Memory Access (DMA) support to optimize video stream processing and reduce the computational load on the processor core is substantiated.

Keywords: microprocessor system, ARM architecture, Direct Memory Access (DMA), frame buffer, information banner, LED matrix.

Вступ

Розвиток сучасних засобів візуалізації інформації зумовлює підвищення вимог до апаратного забезпечення електронних інформаційних банерів. Відображення динамічної графіки в масштабі реального часу генерує значне обчислювальне навантаження на мікропроцесорну підсистему.

Обмеження продуктивності традиційних 8-розрядних архітектур при обробці великих масивів відеоданих вимагає переходу до високопродуктивних 32-розрядних платформ [1]. Це дозволяє забезпечити необхідну частоту регенерації зображення, високу глибину кольору та інтеграцію сучасних протоколів передачі даних.

Основна частина

Структурно ядром розробленої системи керування виступає мікропроцесор, який реалізує комплекс завдань: прийом даних мультиплексованими каналами зв'язку, декодування графічної інформації, формування кадрового буфера (framebuffer) в оперативній пам'яті та його синхронну трансляцію на зсувні регістри світлодіодних матриць.

Для ефективної реалізації зазначених функцій доцільним є використання мікроконтролерів на базі архітектури ARM Cortex-M [2]. Наявність апаратного модуля обчислень з плаваючою комою (FPU) дозволяє прискорити алгоритми масштабування та згладжування графічних примітивів безпосередньо на кінцевому пристрої.

Вирішальним фактором оптимізації продуктивності мікропроцесорної системи є застосування контролера прямого доступу до пам'яті (DMA) [3]. Оскільки трансляція даних на LED-матрицю потребує синхронізації та безперервного оновлення, програмна реалізація цього процесу через переривання або полінг (polling) призводить до нераціонального використання машинного часу. Використання DMA забезпечує апаратну маршрутизацію масивів пікселів із пам'яті до периферійних інтерфейсів (наприклад, SPI або I2S) у фоновому режимі [4]. Завдяки цьому обчислювальне ядро вивільняється для паралельної обробки комунікаційних протоколів та обслуговування переривань від зовнішніх сенсорів.

Окрім підвищення продуктивності, застосування сучасних мікропроцесорів дозволяє реалізувати апаратне керування підсистемою живлення. Інтеграція алгоритмів широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) у поєднанні з даними від оптичних сенсорів забезпечує адаптивне регулювання інтенсивності випромінювання матриці, що мінімізує енергоспоживання системи.

Висновки

Вибір оптимізованої мікропроцесорної архітектури є визначальним критерієм при проектуванні систем керування інформаційними банерами. Застосування 32-розрядних мікроконтролерів, інтегрованих із контролерами прямого доступу до пам'яті (DMA), дозволяє мінімізувати програмні затримки, забезпечити високу частоту регенерації кадрів та створити масштабовану апаратну платформу, здатну підтримувати складні алгоритми обробки зображення та віддаленого моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко В. П., Сидоренко М. В., Бондаренко О. О. Оптимізація виведення відеоданих у вбудованих системах з використанням контролерів прямого доступу до пам'яті (DMA). Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2024.
2. Ковальчук С. І., Мельник О. М. Апаратно-програмний комплекс керування світлодіодними інформаційними табло на базі мікроконтролерів архітектури ARM Cortex-M. Сучасні інформаційні системи. 2023.
3. Kovalenko O., Shevchenko V. Hardware and software complex for wireless control of LED information boards using ESP32 and STM32 architectures. Sensors and Actuators A: Physical. 2025.
4. Garcia M., Fernandez L. Real-time video stream processing for embedded digital signage systems using direct memory access. Microprocessors and Microsystems. 2024.

Бельке Герман Володимирович – студент групи 2КІ-22б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: german51054@gmail.com.

Богомолів Сергій Віталійович – кандидат технічних наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Обертюх Максим Романович – доктор філософії, старший викладач, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Belkie Herman – Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: german51054@gmail.com.

Bogomolov Serhii – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Maxim Obertiukh – Doctor of Philosophy, Senior Instructor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.