

ДОДАТОК А
ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

Кваліфікаційна робота

Перший (бакалаврський) рівень

Інтерактивна гра для мікроконтролерів STM32 з використанням графічного дисплея

Виконав:
здобувач 4 року навчання,
групи КІУКІ-21-3
Ілля ДАНИЛОВ

Керівник:
доц. Олексій ПІСКАРЬОВ

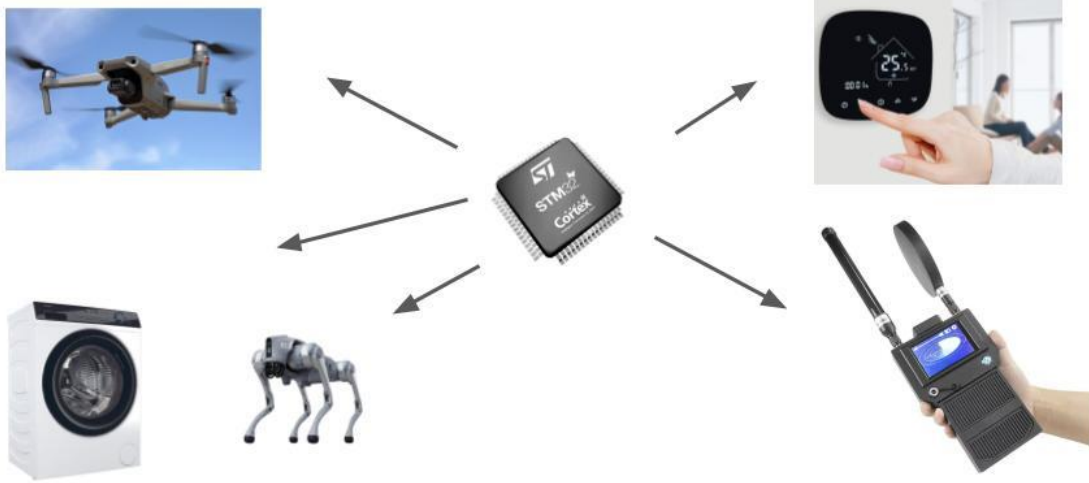
Мета роботи

Створення інтерактивної електронної гри на базі мікроконтролера STM32 з використанням модуля сенсорного графічного дисплея

Задачі роботи

- Аналіз існуючих рішень
- Визначення вимог до пристрою
- Вибір та обґрунтування електронних компонентів
- Розробка програмної частини системи
- Перевірка працездатності пристрою

Актуальність обраної платформи



Аналіз існуючих рішень



Класичні електронні ігри

Nintendo Game & Watch, Nintendo Game Boy



Сучасні аналоги

Gamebuino (Arduino), Pokitto (ARM Cortex M0+)

Технічні вимоги до проєкту

- Продуктивність 20 - 30 кадрів на секунду
- Динамічний ігровий процес
- Сенсорне введення
- Звукові ефекти



Надхненням для ігрового процесу стала класична гра "Space Invaders"

Розробка апаратної частини

Вибір компонентів системи



NUCLEO-F303RE
(ARM Cortex M4)

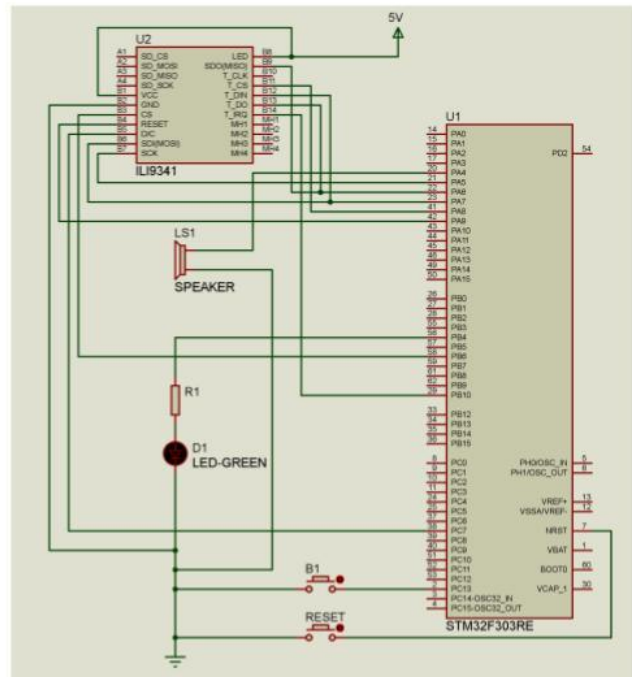


320x240 2.8" TFT LCD
ILI9341 + XPT2046
Протокол SPI



Пасивний динамік

Схема пристрою



Розробка програмної частини

Вибір засобів розробки



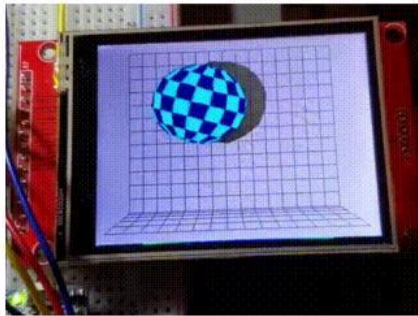
STM32CubeIDE

<https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>



Вибір бібліотеки для роботи з дисплеєм

<https://github.com/ardnew/ILI9341-STM32-HAL>



ILI9341 TFT touchscreen driver for STM32 Nucleo
<https://www.youtube.com/watch?v=L03uCf4xnc>

Переваги:

- Зручна ініціалізація модуля
- Використання ПДП (DMA)
- Функції для малювання
- Вбудовані шрифти
- Вільна ліцензія MIT

Вибір бібліотеки для роботи з дисплеєм

Використання технології ПДП (DMA)



Бібліотека без ПДП



Обрана бібліотека з ПДП

Реалізація функцій

Обробка кадрів гри

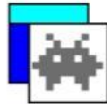
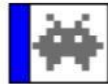


- Обробка сенсорного введення
- Оновлення положень об'єктів
`void UpdateEnemy(struct Object* obj)`
- Створення об'єктів
`void SpawnEnemy(), struct Object *CreateObject(...)`
- Обробка зіткнень
`void CheckCollisions(struct Object* obj)`
- Запуск звукових ефектів
`void PlaySound(enum SoundType sound)`
- Вибіркове очищення дисплея
`void ClearObject(struct Object *obj, ili9341_color_t color)`
- Виведення на дисплей
`void DrawObject(struct Object *obj), void DrawScore()`

Реалізація функцій

Алгоритм вибіркового очищення дисплея

```
void ClearObject(struct Object *obj, ili9341_color_t color)
```



```
x == old_x &&  
y == old_y
```

```
x > old_x &&  
y == old_y
```

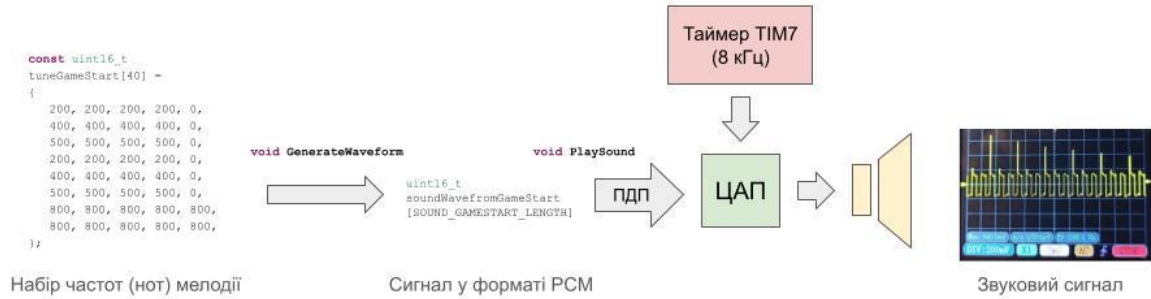
```
x == old_x &&  
y > old_y
```

```
x > old_x &&  
y > old_y
```

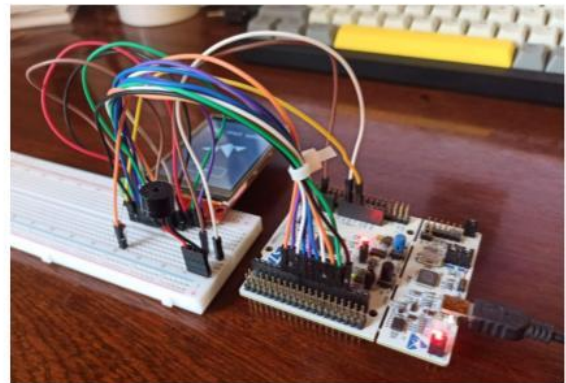
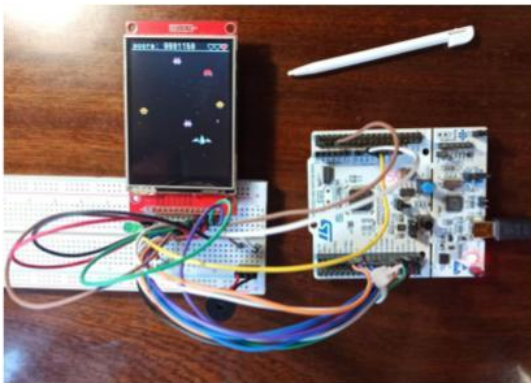


Реалізація функцій

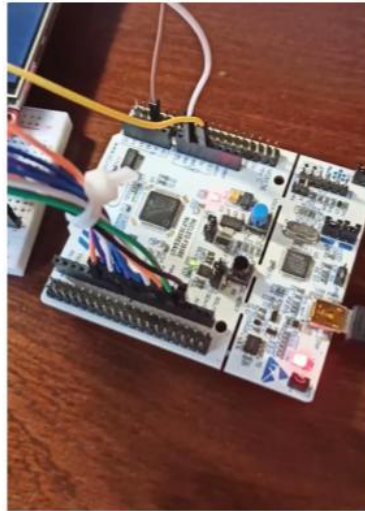
Відтворення звукових ефектів



Готовий пристрій



Демонстрація роботи пристрою (відео)



Публікація за темою роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНТЕЛІКТУ
НАБАРДА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ
«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В СУЧАСНОМУ СВІТІ»

29 квітня 2025 р.
м. Харків

МОНІС «Інформаційні технології в сучасному світі». Харків, ДДУ, 2025.

УДК 004.424.2

СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ГРИ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ STM32 З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІЧНОГО ДИСКЕТА

Шехаров О.М., с.т.н., доц.
Данилюк І.М., старший РІО факультету
Харківської національної університету радіоелектроніки
м. Харків, Україна, shaharov@nuke.ua

Анотація. У роботі розглядається використання платформи STM32 для розробки інтерактивної гри з графічним дискетом. Зокрема, описано процес створення гри, який використовує графічний дискет для збереження даних. Ключові слова: мікроконтролер, STM32, інтерактивна гра, графічний дискет, SPI, абстрактний дискет.

Сучасні платформи для розробки освітніх систем відрізняються своїми перевагами для реалізації складних і високороздільних застосунків. Мікроконтролер STM32, виготовлений компанією STMicroelectronics, є одним з найпопулярніших в сучасній освітній технології та контролює діагностику можливостей [1]. Вони активно використовуються у різних сферах, від побутової електроніки до складних промислових систем, включаючи, зокрема, абстрактні ігрові платформи. Платформа, такі як NUCLEO, надають можливість швидко створювати та тестувати ігри проекту на базі мікроконтролера STM32, надаючи повну розробку та абстрактну програматору ST-Link (рис. 1). У даній роботі розглядається використання платформи STM32 для розробки інтерактивної електронної гри з використанням графічного диска.

Ключовим фактором при виборі даної платформи для розробки інтерактивної гри є висока швидкість читання даних з пам'яті. Ця швидкість є важливою властивістю інтерфейсу, такою як SPI, UART та I2C, необхідними для комунікації з периферійними пристроями. Це дозволяє реалізувати швидкий процес запису та читання даних, який неможливо реалізувати з використанням інших інтерфейсів, таких як UART та I2C.



Рис. 1. Плата розробки STM32 NUCLEO-F303RE

Стаття 1. Інформаційні технології в сучасному світі

Розглядаються особливості для візуалізації інформації у візуальній системі з графічним TFT дисплеєм, що керується за допомогою протоколів SPI або I2C. Вони описують різноманітні методи розробки візуалізації, зокрема, кількість візуалізації відеореєстрації та аудіореєстрації. У даній роботі розглядається використання електронного дисплея, що використовує інтерфейс I2C/SPI та використовує SPI для комунікації. Серія високоскоростного управління високої частотою, даної дисплеєм дозволяє реалізувати високі дані через дисплей, що викрадає додаткові можливості для керування ігровим процесом.

Ця серія інтерактивної гри викликає в дисплеї високу швидкість обробки кадрів та стабільність виконання в реальний час. Нерівномірність часу обробки ігрових кадрів негативно впливає на сприйняття ігрового процесу користувачем. Для забезпечення стабільності при високій швидкості прийнято рішення здійснювати його за допомогою елемента з пам'яттю у STM32 використовуючи таймери [2].

Найбільш важливим фактором, що обмежує швидкість гри вважають процес керування даними на дисплеї через протокол SPI. Особливо використовуються послідовний інтерфейс, який сполучає дисплей через кабель дисплея або навіть, єдиний мікроконтролер. Тому більшість з них мають складні механізми обробки, що ускладнює процес. Це потребує додаткової оптимізації з боку розробника у порівнянні з іншими платформами. Для оптимізації обробки даних із дисплеєм прийнято рішення використовувати драйвер дисплея, що надає швидку реалізацію у STM32, який працює аналогічно до драйверів (OLEDD). Він надає можливість передавати дані напряму із пам'яті мікроконтролера до периферійного пристрою безпосередньо на внутрішній процесор [3]. Такий підхід дозволяє значно підвищити продуктивність, а саме, дозволяє мікроконтролеру відновити операції передавання даних [4].

Також, використання STM32 для розробки інтерактивних ігор надає широкі можливості для створення програмованих ігрових систем. Універсальність даної платформи дозволяє надати повний доступ у роботу з абстрактними системами, периферійними пристроями та програмними.

Список літератури

1. Donald Norris, Programming with STM32: Getting Started with the Nucleo Board and C/C++, 2018, 504 p.
2. Core Usualat, Deyuan E. Barkana, H. Denis Garban, Embedded Digital Control with Microcontrollers: Implementation with C and Python, Wiley, 2021, 364 p.
3. Martin, T. The Insider's Guide To The STM32 ARM-Based Microcontroller: Files (UK) Ltd. (2009). URL: <https://www.arm.com/Embedded/insider-guides/stm32-ug-stm32-138-ug.pdf>
4. Core Usualat, Houshyr Denis Garban, Mohamed Erkin Vural, Embedded System Design with ARM Cortex-M Microcontrollers: Applications with C, C++, Springer, 2022, 576 p.

Висновки

- Було поставлено вимоги до пристрою
- Здійснено вибір електронних компонентів та програмних засобів
- Розроблено програмну частину для пристрою
- Пристрій зібрано та підтверджено його працездатність
- Досягнуто вимог щодо швидкодії гри
- Отримано навички роботи з SPI, ПДП, ЦАП та таймерами в STM32

ДОДАТОК Б
ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КІБЕРПОРТ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-
ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ УЧЕНИХ

«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ СВІТІ»

29 квітня 2025 р.
м. Харків

УДК 004.424.2

**СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ГРИ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ
STM32 З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІЧНОГО ДИСПЛЕЯ**

Піскарьов О.М., к.т.н., доц.
Данилов І.М., здобувач РВО бакалавр
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна, illia.danylov@nure.ua

Анотація. У роботі розглядається використання платформи STM32 для розробки електронної гри з графічним дисплеєм. Зазначаються переваги платформи та рішення, що були використані для подолання обмежень.

Ключові слова: мікроконтролери, STM32, інтерактивна гра, графічний дисплей, SPI, вбудовані системи

Сучасні платформи для розробки вбудованих систем відкривають нові горизонти для реалізації складних і високопродуктивних застосунків. Мікроконтролери STM32, виготовлені компанією STMicroelectronics, є одними з найпопулярніших в галузі завдяки своїй потужності та широкому діапазону можливостей [1]. Вони активно використовуються у різних сферах, від побутової електроніки до складних промислових застосунків, включаючи, зокрема, вбудовані ігрові платформи. Плати розробки, такі як NUCLEO, надають можливість швидко створювати та тестувати різні проекти на базі мікроконтролерів STM32 завдяки зручним роз'ємам та вбудованому програматору ST-Link (рис. 1). У даній роботі розглядається використання платформи STM32 для розробки інтерактивної електронної гри з використанням графічного дисплея.

Ключовим фактором при виборі даної платформи для розробки інтерактивної гри є висока тактова частота задіяного ядра ARM. Ще одним її плюсом є наявність великої кількості інтерфейсів, таких як SPI, UART та I2C, необхідних для комунікації з периферійними пристроями. Це дозволяє реалізувати керування ігровим процесом за допомогою датчиків, таких як акселерометр та гіроскоп, зберігання прогресу гравця на зовнішніх носіях та виведення інформації на графічний дисплей високої роздільної здатності.

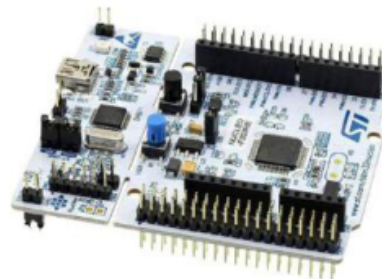


Рис. 1. Плата розробки STM32 NUCLEO-F303RE

Секція 1. Інформаційні технології: погляд у майбутнє

Розповсюдженими засобами для відображення інформації у вбудованих системах є графічні TFT дисплеї, що керуються за допомогою протоколів SPI або I2C. Вони поєднують відносно високу роздільну здатність зображення, велику кількість відображуваних кольорів та доступність. У даній роботі розглядається використання сенсорного дисплея, що побудований на мікросхемі ILI9341 та використовує SPI для комунікації. Окрім виведення зображення високої чіткості, даний дисплей дозволяє реалізувати введення даних через дотик, що відкриває додаткові можливості для керування ігровим процесом.

При створенні алгоритмів гри важливим є досягнення високої швидкості обробки кадрів та стабільність відтворення в реальному часі. Нерівномірність часу обробки ігрових кадрів негативно впливає на сприйняття ігрового процесу користувачем. Для забезпечення плавності при виведенні зображення прийнято рішення здійснювати його за перериванням одного з наявних у STM32 високоточних таймерів [2].

Найбільшим з факторів, що обмежують швидкодію гри виявився процес пересилання даних на дисплей через протокол SPI. Оскільки використовується послідовний інтерфейс, повне оновлення дисплея може займати десятки або навіть сотні мілісекунд. Тому бажаним є оновлення тільки тих частин зображення, що рухаються. Це потребує додаткової оптимізації з боку розробника у порівнянні з іншими платформами. Для пришвидшення обміну даними із дисплеєм прийнято рішення використовувати драйвер дисплея, що задіює апаратно реалізований у STM32 механізм прямого доступу до пам'яті (ПДП). Він надає можливість передавати дані напряму із пам'яті контролера до периферійного пристрою незалежно від центрального процесора [3]. Такий підхід дозволяє значно покращити продуктивність, адже звільняє ядро мікроконтролера від постійних операцій пересилання даних [4].

Таким чином, використання STM32 для розробки інтерактивних ігор відкриває широкі можливості для створення продуктивних ігрових систем. Універсальність даної платформи дозволяє набувати цінного досвіду в роботі з вбудованими системами, периферійними пристроями та протоколами.

Список літератури

1. Donald Norris. Programming with STM32: Getting Started with the Nucleo Board and C/C++. 2018. 304 p.
2. Cem Unsalan, Duygun E. Barkana, H. Deniz Gurhan. Embedded Digital Control with Microcontrollers: Implementation with C and Python. Wiley. 2021. 364 p.
3. Martin, T. The Insider's Guide To The STM32 ARM®Based Microcontroller. Hitex (UK) Ltd. (2009). URL: <https://www.hitex.com/fileadmin/assets/download/insiders-guides/stm32/isg-stm32-v18d-scr.pdf>
4. Cem Unsalan, Huseyin Deniz Gurhan, Mehmet Erkin Yucel. Embedded System Design with ARM Cortex-M Microcontrollers: Applications with C, C. Springer, 2022. 576 p.