

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ТА ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ ГРАФІЧНИМ OLED-ДИСПЛЕЄМ 0.96" (128×64) З КОНТРОЛЕРОМ SSD1315/SSD1306 ЧЕРЕЗ ІНТЕРФЕЙС SPI ДО МІКРОКОНТРОЛЕРА STM32.

Мета: Дослідити принцип формування зображення на графічному OLED-дисплеї та набути практичних навичок конфігурування периферії SPI мікроконтролера STM32.

Теоретична інформація

Органічний світлодіод (англ. organic light-emitting diode (OLED)) — світлодіод, у якому електролюмінесценція відбувається в тонкому пласті органічного напівпровідника, розташованому між двома електродами. Органічні речовини можуть бути малими молекулами, як-от Alq₃, або полімерами.

У дисплеях на органічних світлодіодах створюється матриця пікселів, які можуть світитися різними кольорами. Такі системи можуть використовуватись у телевізійних екранах, комп'ютерних моніторах, малих портативних системах (таких, як мобільні телефони, кишенькові комп'ютери), рекламній та інформаційній індустрії. OLED також можна використовувати в джерелах світла. OLED випромінюють менше світла на одиницю площі, ніж тверді неорганічні світлодіоди, які призначені для використання як точкового джерела світла.

Суттєвою перевагою OLED-дисплеїв, порівняно з традиційними рідкокристалічними дисплеями (LCD), є те, що органічні світлодіоди не вимагають фонового підсвічування. Таким чином, вони можуть відображати глибокі чорні кольори, використавши набагато менше енергії, і можуть бути набагато тоншими і легшими, ніж РК-панелі. OLED дисплеї природно досягають набагато вищого коефіцієнту контрастності, ніж РК-монітори.

Випромінювання світла в органічному світлодіоді відбувається в тонкому люмінесцентному шарі органічного напівпровідника, в який із двох електродів інjektуються електрони й дірки. В межах люмінесцентного шару електрони й дірки рекомбінують, утворюючи екситони, частина з яких гине, випромінюючи фотон. Для інжекції електронів використовуються метали з малою роботою виходу (Ca, Mg, Al). Для інжекції дірок — напівпрозорий електрод із InSnO. Люмінесцентний шар може складатися або з малих органічних молекул, наприклад, Alq₃, або зі спряжених полімерів, наприклад, поліфенілвініліну (PPV).

Для покращення характеристик діода, використовують також додаткові провідні шари, для електронів і дірок.

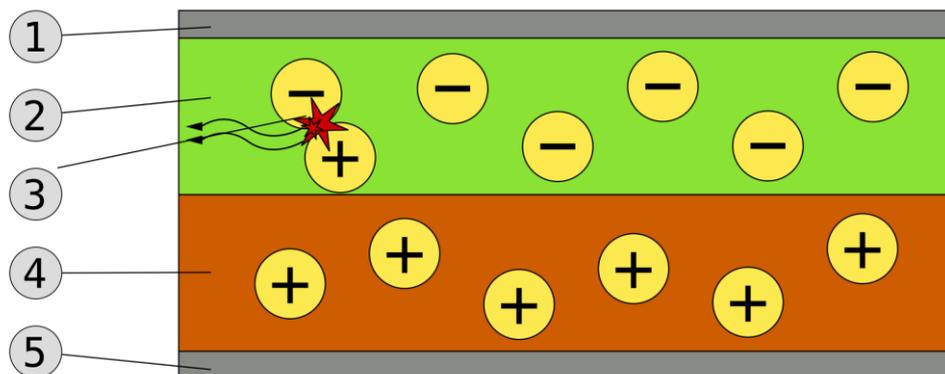


Рис.5.1- Схематичне зображення будови й роботи органічного світлодіода.

1. Електрод із малою роботою виходу, який інjektує електрони.
2. Шар органічного напівпровідника, з високою провідністю для електронів.
3. Рекомбінація електрона й дірки, з утворенням екситона й випромінювання кванта світла.
4. Шар органічного напівпровідника, з високою провідністю для дірок.
5. Прозорий електрод, звідки інjektуються дірки.

Органічні світлодіоди забезпечують високу яскравість, покривають увесь видимий спектр і є дуже дешевими у виробництві. Вони відкривають перспективу створення телевізорів і моніторів товщиною у декілька міліметрів. Яскравість органічних світлодіодів уже перевищила яскравість ламп розжарювання, що робить їх перспективними для використання як освітлювальних приладів.

Недолік органічних світлодіодів — порівняно невеликий час експлуатації, який, проте, можна збільшувати за рахунок надійної інкапсуляції.

На вересень 2007 органічні світлодіоди використовувались в невеликих дисплеях мобільних телефонів, радіоприймачів тощо. Такі пристрої випускались фірмами Pioneer Corporation, Motorola, Sony Ericsson і Samsung Electronics. Фірма Sony оголосила, що з 2007 року розпочинає випуск 11-дюймових телевізійних екранів на органічних світлодіодах. Планувалось випустити 1000 телевізорів на рік, — для тестування.

У порівнянні з рідкокристалічними дисплеями

1. менші габарити і вага
2. відсутність необхідності в підсвічуванні
3. великі кути огляду — зображення видно без втрати якості з будь-якого кута
4. миттєвий відгук (на кілька порядків вище, ніж у LCD) — власне повна відсутність інерційності
5. висока контрастність
6. можливість створення гнучких екранів
7. великий діапазон робочих температур (від -40 до +70 °C)

OLED-дисплеї забезпечують яскравість випромінювання від декількох кд/м² (для нічної роботи) до дуже високої яскравості — понад 100 000 кд/м², причому їх яскравість може регулюватися в дуже широкому динамічному діапазоні. Оскільки термін служби дисплея зворотно пропорційний його яскравості, для приладів рекомендується робота при більш помірних рівнях яскравості до 1000 кд/м².

Контрастність. OLED-дисплеї мають куди кращу контрастність, ніж LED-дисплеї. Це, тому що, у OLED немає ніякого підсвічування; пікселі випускають світло безпосередньо.

Кути огляду. Технологія OLED дозволяє дивитися на дисплей під будь-яким кутом без втрати якості зображення. Втім, сучасні РК-дисплеї (за винятком заснованих на TN+Film матрицях) також зберігають прийнятну якість зображення при великих кутах огляду.

Енергоспоживання. Мале енергоспоживання обумовлено тим, що рідкокристалічна комірка в робочому режимі потребує вкрай малої величини струму. З іншого боку, енергоспоживання допоміжних засобів (драйвери, підсвічування) визначається завданнями для яких призначений той чи інший дисплей. Споживання OLED прямо пропорційне яскравості та площі світіння.

Недоліки

- малий термін служби люмінофорів деяких кольорів (близько 2-3 років)
- як наслідок першого, неможливість створення довговічних повноцінних Truecolor дисплеїв
- дорожняча технології по створенню великих матриць

Головна проблема OLED — час безперервної роботи має бути не менше 15 тис. годин. Одна проблема, яка останнім часом перешкоджає широкому поширенню цієї технології в моніторах та телевізорах, полягає в тому, що «червоний» OLED і «зелений» OLED можуть безперервно працювати на десятки тисяч годин довше, ніж «синій» OLED. Це візуально спотворює зображення, причому час якісного показу неприйнятно для комерційно життєздатного пристрою.

Сьогодні «синій» OLED таки дістався позначки в 17,5 тис. годин (приблизно 2 роки) безперервної роботи.

Одне з рішень цієї проблеми — застосування OLED білого кольору з відповідними фільтрами кольорів (червоного, зеленого та синього). Станом на 2013 рік його застосувала LG у своїх моделях OLED телевізорів з додаванням також четвертого пікселя чисто білого кольору для (як стверджує цей розробник) більшої яскравості зображення та більш реалістичного білого кольору.

Дисплеям телефонів, фотокамер, планшетів та інших малих пристроїв цих показників цілком достатньо через швидке моральне старіння апаратури. Середня тривалість безперервної роботи цих пристроїв становить близько 5 тисяч годин, тому OLED в них успішно застосовується вже сьогодні.

Можна вважати це тимчасовими труднощами становлення нової технології, оскільки розробляються нові довговічні люмінофори. Також зростають потужності з виробництва матриць.

Потреба у перевагах, демонстрованих органічними дисплеями з кожним роком зростає.

SPI (Serial Peripheral Interface) — це синхронний повнодуплексний послідовний інтерфейс обміну даними типу *Master–Slave*. Передача здійснюється по тактовій лінії, яку формує ведучий пристрій (Master).

Лінія	Призначення
SCK	Serial Clock — тактовий сигнал від Master
MOSI	Master Out Slave In — передача даних до пристрою
MISO	Master In Slave Out — прийом даних від пристрою
CS / NSS	Chip Select — вибір конкретного пристрою

Передача даних відбувається одночасно в обох напрямках (повнодуплекс). Master генерує тактовий сигнал SCK. На кожному такті відбувається зсув бітів у регістрах передачі.

CPOL (Clock Polarity) — рівень тактового сигналу в стані спокою

- 0 → SCK = Low
- 1 → SCK = High

CPHA (Clock Phase) — фронт, на якому відбувається зчитування

- 0 → перший фронт
- 1 → другий фронт

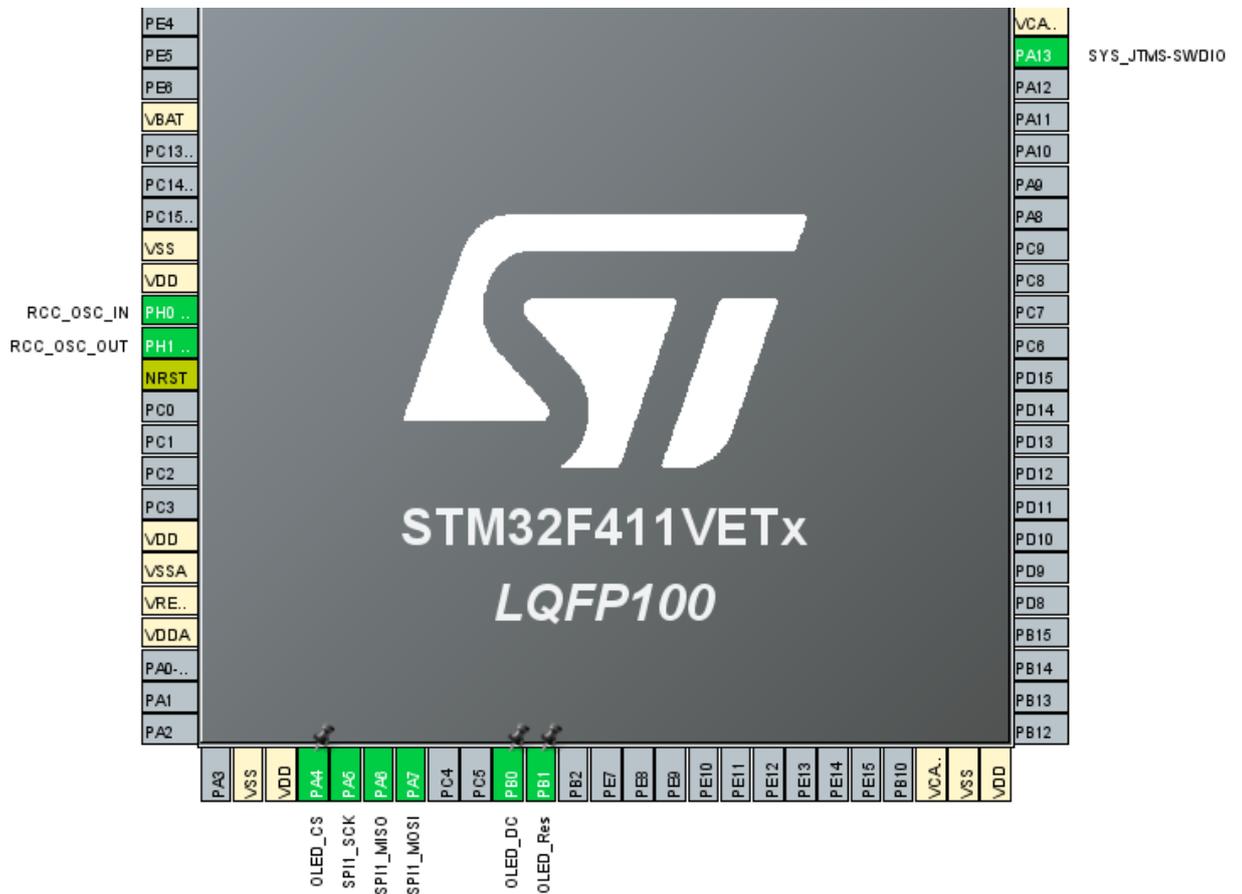
Хід виконання роботи

1. Для роботи OLED дисплея за протоколом SPI потрібно:

1.1 Увімкнути SPI1 та налаштувати наступні параметри

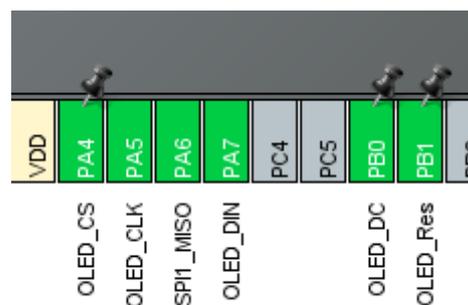
1.2 Після чого увімкнути Sys->Debug->Serial Wire та RCC->High Speed Clock->Cristal/Ceramic Resonator

1.3 Налаштувати піни PA4, PB0 та PB1 як GPIO_Output

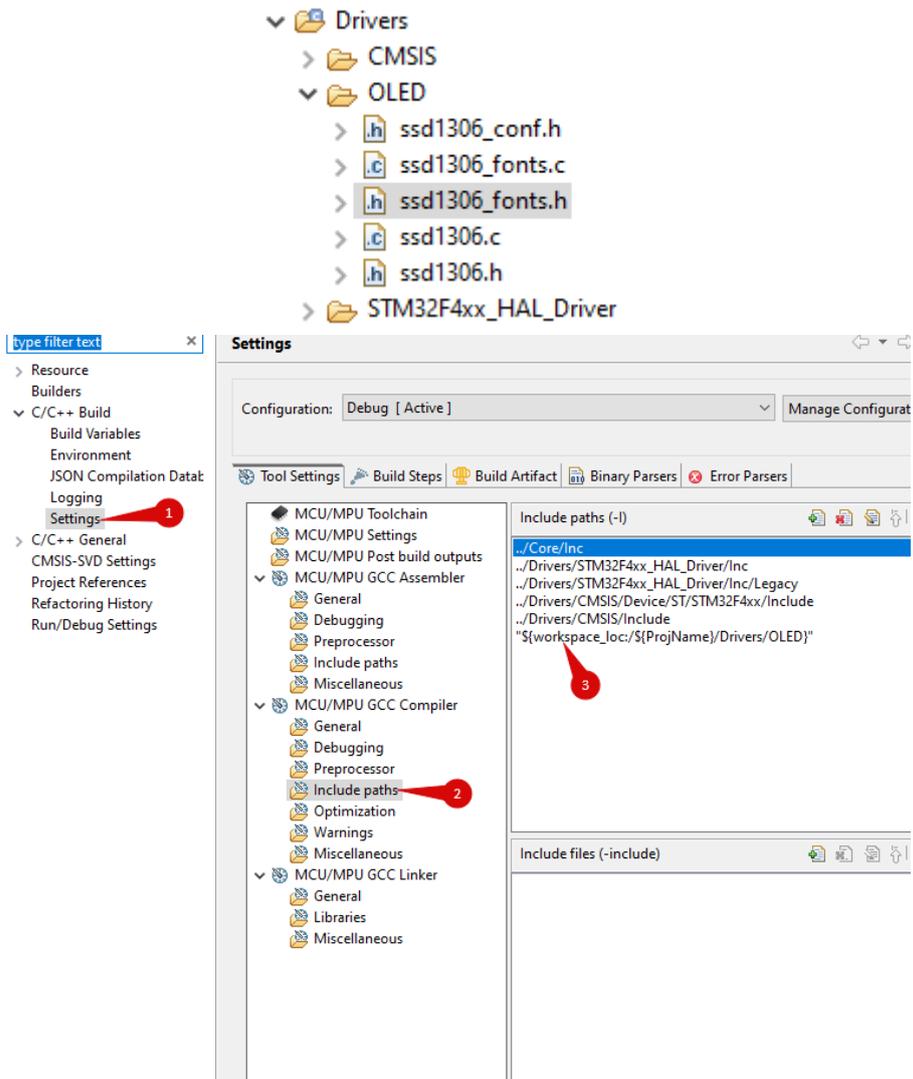


Pin...	Signal ...	GPIO ...	GPIO ...	GPIO ...	Maxim...	User L...	Modifie
PA4	n/a	Low	Output...	No pull...	High	OLED...	<input checked="" type="checkbox"/>
PB0	n/a	Low	Output...	No pull...	High	OLED...	<input checked="" type="checkbox"/>
PB1	n/a	Low	Output...	No pull...	High	OLED...	<input checked="" type="checkbox"/>

1.4 Підключити піни на дисплеї до пінів мікроконтролера:



1.5 Завантажити бібліотеку драйверів `ssd1306` для роботи з OLED дисплеєм та розпакувати архів в папку `Drivers/OLED`. Лишити тільки файли які є на рисунку та перейменувати файл `ssd1306_conf_template.h` -> `ssd1306_conf.h`. Додати шлях для папки `OLED` з драйверами до шляхів заголовочних файлів компілятора



1.6 У файлі main.c додати

```
#include "main.h"
#include "ssd1306.h"
#include "ssd1306_fonts.h"
```

1.7 Розкоментувати потрібні рядки у файлі ssd1306.h

```
> // Choose a microcontroller family
// #define STM32F0
// #define STM32F1
#define STM32F4
> // #define STM32L0
// #define STM32L1
// #define STM32L4
// #define STM32F3
// #define STM32H7
// #define STM32F7
// #define STM32G0
// #define STM32C0
// #define STM32U5
// Choose a bus
// #define SSD1306_USE_I2C
#define SSD1306_USE_SPI

#define SSD1306_SPI_PORT      hspi1
#define SSD1306_CS_Port      GPIOA
#define SSD1306_CS_Pin       GPIO_PIN_4

#define SSD1306_DC_Port       GPIOB
```

```
#define SSD1306_DC_Pin          GPIO_PIN_0
```

```
#define SSD1306_Reset_Port      GPIOB
```

```
#define SSD1306_Reset_Pin       GPIO_PIN_1
```

1.8 У файлі `ssd1306.h` знайти описані команди // `Procedure definitions` та ознайомитись.

2 Заповнити екран білим кольором та вивести Hello після чого дописати з затримкою , World!

```
/* USER CODE BEGIN 2 */
```

```
ssd1306_Init();
```

```
ssd1306_Fill(Black);
```

```
ssd1306_SetCursor(10, 26);
```

```
ssd1306_WriteString("Hello", Font_7x10, White);
```

```
ssd1306_UpdateScreen();
```

```
HAL_Delay(3000);
```

```
ssd1306_WriteString(", world!", Font_7x10, White);
```

```
ssd1306_UpdateScreen();
```

```
/* USER CODE END 2 */
```

Протестувати роботу програми та зробити висновки

Індивідуальне завдання

1. Вивести на екран прізвище ім'я та групу, в іншому рядку реалізувати анімацію завантаження.

Зміст звіту

1. Тема та мета роботи;
2. Виконання вказівок виконання роботи;
3. Скріншот ієрархії папок та конфігурації мікрочіпа;
4. Код;
5. Висновки

Контрольні запитання

1. Що таке інтерфейс SPI та які його основні сигнальні лінії?
2. Яке призначення сигналу RES?
3. Що означає режим Full-Duplex Master у STM32?
4. Чому для OLED-дисплея достатньо лінії MOSI без використання MISO?

```
#include <stdint.h>
#include <stdlib.h>

void OLED_LoadingWithName(const char* name, uint32_t duration_ms)
{
    uint32_t t0 = HAL_GetTick();
    uint8_t dots = 0;

    Реалізувати вивід імені та прізвища

    while ((HAL_GetTick() - t0) < duration_ms)
    {

        ssd1306_FillRectangle(0, 40, 127, 55, Black);

        ssd1306_SetCursor(1, 1);
        ssd1306_WriteString("Loading", Font_7x10, White);

        for (uint8_t i = 0; i < dots; i++)
        {
            ssd1306_WriteChar('.', Font_7x10, White);
        }

        ssd1306_UpdateScreen();

        dots = (dots + 1) % 4;
        HAL_Delay(300);
    }
}
```