

УДК 621.397.424.2

Блок відображення даних з відеокамери

Пономаренко Б. А., ORCID [0000-0002-4033-932X](https://orcid.org/0000-0002-4033-932X)

Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Київ, Україна

Анотація—В роботі вирішується задача створення блоку відображення даних, які надходять з цифрової відеокамери. В якості відеокамери обрано відеомодуль OV7670, обґрунтовано вибір формату кадрів та їх кодування. Розглянута можливість реалізації блоку відображення даних з використанням плати налагодження STM32F429ZI та запропонована структурна схема пристрою. Для візуалізації відеоданих у прототипі пристрою використано LCD дисплей та запропоновано додавання до структури пристрою мікроконтролера з Wi-Fi прийомо-передавачем ESP8266, що дозволить реалізувати можливість відділеного підключення до відеокамери та архівування відеопотоку для перегляду у будь-який час.

Ключові слова — відеокамера; мікроконтролер; передача даних; I2C; DMA; зображення.

I. ВСТУП

Для вирішення задач обробки зображень у різноманітних сферах застосування (від найпростіших систем відеоспостереження до складних системи розпізнавання об'єктів та жестів) необхідно, перш за все, отримати відеопотік з відповідних апаратних засобів. Для формування відеопотоку та передачі його для подальшої обробки чи візуалізації існує велика кількість аналогових та цифрових відеокамер. Сучасні цифрові камери зазвичай мають прийомо-передавач для підключення до мереж передачі даних (3 або 4G, Wi-Fi, Ethernet) [1], підтримують стек протоколів TCP/IP, за що отримали назву IP-відеокамер. Перевагами IP-відеокамер є висока якість відтвореного зображення, компактність, підтримка віддаленого підключення для перегляду відеопотоку шляхом реалізації в їх програмній частині веб-серверу. Проте дані камери мають і ряд недоліків – висока ціна, апаратне зависання. Частина цих недоліків позбавлені достатньо прості аналогові відеокамери. Але їх функціонал досить обмежений (зазвичай, забезпечують тільки передачу відеосигналу). Взнявши за приклад опис роботи аналогічної системи, розглянутий у статті [2], де представлена методика налаштування та впровадження цієї системи в роботу, можна сформулювати мету роботи. Метою даної роботи є створення блоку відображення даних з цифрової камери, який дозволить реалізувати функціонал, характерний для IP-відеокамер.

II. ВИБІР СКЛАДОВИХ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ БЛОКУ ВІДОБРАЖЕННЯ ДАНИХ

При побудови найпростіших систем відеоспостереження на перший план виходить питання вартості компонентів, які будуть використані в системі. У якості відеокамер у таких системах можуть бути використані цифрові камери, підключені до блоку відобра-

ження даних, який буде виконувати функцію перетворення аналогового відеосигналу у цифрову форму та подальшу його візуалізацію або передачу на віддалений вузол. На ринку існує велика кількість цифрових відеомодулів. Для створення прототипу пристрою будемо використовувати відеомодуль OV7670 та реалізуємо блок відображення даних з використанням плати налагодження STM32F429ZI.

III. ОСОБЛИВОСТІ ВІДЕОМОДУЛЯ OV7670

Відеомодуль OV7670 [3] підтримує декілька режимів роботи та ряд налаштувань. Наприклад, можна використати різні формати кадрів, такі як: VGA (640×480 пікселів), QVGA (320×240 пікселів), CIF (352×240 пікселів), QCIF (176×144 пікселів). Відповідно, різні роздільні здатності зображення вимагатимуть і різної швидкості передачі відеокадрів. В даній роботі використано формат кадру VGA з максимальною роздільною здатністю 640 x 480 пікселів, для якої доцільно використати швидкість передачі 30 кадрів в секунду [4]. Виробником модуля OV7670 передбачена можливість його підключення до мікроконтролера по інтерфейсу I2C. Призначення контактів роз'єму для зв'язку з мікроконтролером зображено на Рис. 1.

Модуль використовує синхроімпульси по кадрах VSYNC, по рядках HREF та по пікселях PCLK (тактовий імпульс видачі байта з паралельного порту D7-D0). Дані кожного з пікселів, які являють собою інформацію про його колір передаються по восьмирозрядному паралельному інтерфейсу D7-D0, який при цьому тактується по PCLK. VDD – відповідає за живлення модуля, GND – за землю. SDI0C – вхід тактового сигналу послідовного інтерфейсу I2C керування камерою. SDI0D – вхід/вихід інформаційного сигналу послідовного інтерфейсу I2C керування камерою. Для керування генератором внутрішніх і зовні-



шніх сигналів при захопленні відеопотоку використовується сигнал XCLK. Інтерфейс I2C дозволяє зчитувати та записувати дані тільки з регістрів управління і контролю. Це впливає не тільки на захоплення кадрів, але і на деякі параметри зображення. Яскравість, наприклад, при автопідстроюванні буде змінюватися з кожним кадром і, якщо кадри будуть зчитуватися на швидкості 0,2 fps, то нормальний рівень яскравості встановиться тільки через декілька хвилин [5].

Варто зазначити, що розмір одного пікселя може варіюватися залежно від кодування – для кодування RGB дані про піксель зберігаються у двох байтах, для кодування YCbCr – кількість байт залежить від кодування RGB, адже для цього формату кодування буде відбуватися перетворення RGB в YCbCr. Це може привести до помилок, тому цей формат краще не використовувати.

Кодування RGB представлено у трьох варіантах – RGB565, RGB555, RGB444. Цифри означають кількість біт, виділених на червоний, синій та зелений кольори. При передачі одного пікселя через восьмирозрядний паралельний порт D7-D0 розстановка кодових бітів буде наступною – Рис. 2, Рис. 3, Рис. 4. Для подальшої реалізації прототипу пристрою будемо використовувати кольорову модель RGB565 та роздільну здатність 320 × 240 пікселів (QVGA).

IV. СТРУКТУРНА СХЕМА БЛОКУ ВІДОБРАЖЕННЯ ДАНИХ З ВІДЕОКАМЕРИ

Як було зазначено вище, в якості мікроконтролера, який буде керувати відеомодулем будемо використовувати STM32F429ZI [6]. Це плата налагодження з лінійки STM32 NUCLEO-144 на основі мікроконтролера з ядром ARM Cortex-M4F з підтримкою Arduino, ST Zio і Morpho.

Плата налагодження має наступні характеристики та функціонал:

- встановлено мікроконтролер STM32F429ZIT6 в 144-вивідному корпусі;
- ядро ARM Cortex-M4, робоча частота до 180 МГц, модуль обчислень з плаваючою точкою;
- 16-канальний DMA контролер;
- Flash-пам'ять 2 мегабайт, ОЗУ 256 кілобайт;
- контролер зовнішньої пам'яті;
- вбудований контролер LCD-TFT,
- паралельний інтерфейс для підключення РК дисплея;
- три багатоканальних 12-розрядних АЦП;
- два 12-розрядних ЦАП;
- комунікаційні інтерфейси: 3×I2C, 4×USART, 6×SPI, 2×I2S, SAI;
- 2×CAN, USB 2.0, 10/100 Ethernet MAC;
- інтерфейс підключення камери;

- можливість підключення плат розширення Arduino, ST Morpho, ST Zio;

VDD	GND
SDI0C	SDI0D
VS0NC	HREF
PCLK	XCLK
D7	D6
D5	D4
D3	D2
D1	D0
Сброс	PWDN

Рис. 1 Роз'єми модуля OV7670

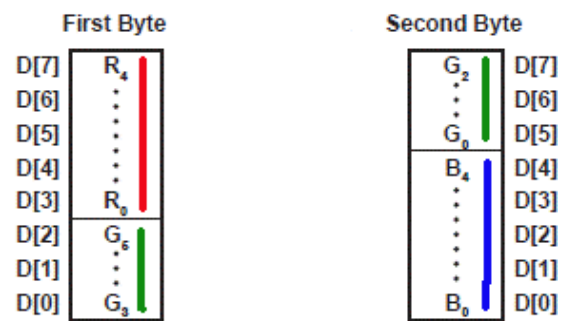


Рис. 2 Розстановка бітів для RGB565

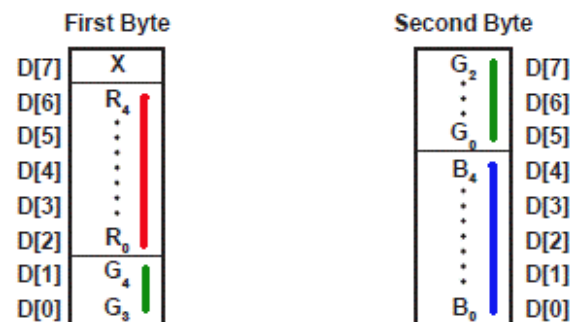


Рис. 3 Розстановка бітів для RGB555

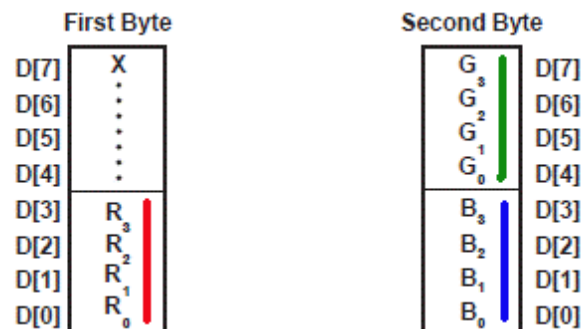


Рис. 4 Розстановка бітів для RGB444

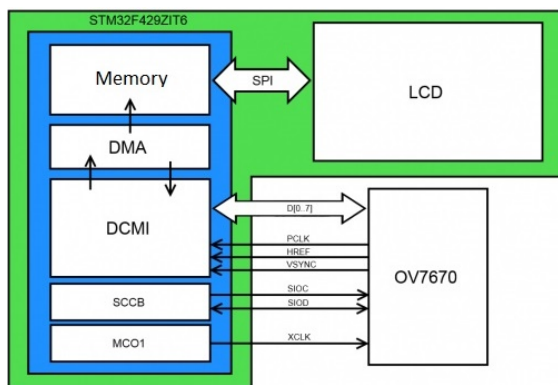


Рис. 5 Схема підключення камери та дисплею до мікроконтролера

- вбудований програматор ST-LINK / V2;
- інтерфейс і порт Ethernet (IEEE-802.3-2002);
- програмні бібліотеки та інструменти HAL;
- підтримка середовищ розробки IAR EWARM, KEI MDK-ARM, GCC, AC6 SW4STM32, Atollic TrueStudio.

Структурна схема підключення модуля камери до мікроконтролера наведена на Рис. 5.

Керування роботою камери відбувається через інтерфейс I2C [7] (SDI0C та SDI0D), тактування відбувається за допомогою сигналу XCLK. Відповідно, дані будуть передаватися на мікроконтролер через восьмирозрядну шину D[0..7], яка об'єднує D7-D0. Крім цього, для синхронізації по кадрах та по рядках в мікроконтролер будуть передаватися сигнали VSYNC, HREF. Сигнал HREF являє собою горизонтальну рамкову синхронізацію, де логічний рівень (H) цього сигналу являє собою рівно одну лінію відсканованого зображення, а сигнал VSYNC являє собою вертикальну синхронізацію кадру, де логічний нуль (L) являє собою лише один кадр.

Саме зображення обробляється аналоговим процесором і проходить ряд перетворень для подальшого представлення у вигляді цифрових значень. Після цієї обробки воно надходить на вихід паралельного інтерфейсу. Таким чином, захоплення кадрів відбувається весь час, поки подається тактовий сигнал XCLK. Чим його частота буде вищою, тим швидше будуть захоплюватися і оброблятися кадри.

Шина DCMI [8] забезпечує передачу даних в контролер DMA. Дані довжиною в один рядок записуються в буфер. Як тільки буфер буде заповнено (отримано рядок даних) дані з буфера через шину SPI буде передано на LCD дисплей для їх візуалізації. Коли тактовий сигнал подається на XCLK, камера негайно генерує сигнали синхронізації PCLK, HREF та VSYNC та сигнали даних D7-D0.

Для реалізації передачі даних через шину DCMI необхідно задати набір параметрів. Основними параметрами такої конфігурації будуть вибір правильного каналу DMA, встановлення режиму передачі між периферією та пам'яттю, адреса джерела потоку

даних (регістр даних DCMI), кінцева адреса пам'яті, де мають бути дані. Також можна скористатися такою корисною функцією контролера DMA, як автоматичне перетворення між типами даних (Word, HalfWord, Byte). У нашому випадку ми будемо використовувати перетворення дані з 32-бітного регістру DCMI в простір пам'яті 16-біт (відповідно до обраного формату RGB565).

З мікроконтролера зображення на дисплей буде передаватися за допомогою шини SPI [9].

Ця шина з'єднана з платою ILI9341, яка і буде виступати в ролі LCD екрану [10]. Ініціалізація дисплею з платою реалізована завдяки модифікаціям офіційних бібліотек STMicroelectronics.

V. ВИВЕДЕННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ

Візуалізацію потоку даних можна реалізувати різними методами, залежно від поставленої задачі. Для створення прототипу було вибрано LCD дисплей. У такій конфігурації можна реалізувати блок відображення даних з відеокamera у реальному часі з мінімальною затримкою у відтворенні без застосування додаткових пристроїв візуалізації (монітор, смартфон, ноутбук, тощо). Для повноцінної реалізації IP – відеокamera можна використати наявний на платі налагодження інтерфейс Ethernet, або додати до структури пристрою Wi-Fi прийомо-передавач [11]. В якості Wi-Fi модуля можна використати дуже популярний для роботи з Wi-Fi прийомо-передавачем мікроконтролер ESP8266 [12]. Даний модуль буде отримувати дані з мікроконтролера через інтерфейс UART [13], після чого відсилатиме пакети відеопотоку через Wi-Fi мережу на відділений вузол, у якості якого може виступати будь-який персональний пристрій (смартфон, ноутбук) або сервер відеотрансляції. Такий підхід дозволяє реалізувати можливість відділеного підключення до відеокamera та архівування відеопотоку для перегляду у будь-який час.

ВИСНОВКИ

Показана можливість апаратної реалізації блоку відображення даних з модуля цифрової відеокamera OV7670 на базі мікроконтролера STM32F429ZI. Розглянуто особливості підключення модуля відеокamera, її синхронізації та передачі відеоданих через шину DCMI. Визначено параметри для передачі даних з використанням режиму DMA. Для візуалізації відео у прототипі пристрою запропоновано використання LCD дисплею, підключеного до мікроконтролера за допомогою інтерфейсу SPI.

Для повноцінної реалізації функціоналу, характерного для IP – відеокamera, необхідно до апаратної частини додати відповідні прийомо-передавачі (наприклад, Wi-Fi) та розробити додаткове програмне забезпечення, яке буде підтримувати стек протоколів TCP/IP та реалізовувати вбудований веб-сервер.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] “Standarty, protokoly i tekhnologii svyazi dlya podklyucheniya IoT-ustroystv [Standards, protocols and communication] technologies for connecting IoT devices.” 2016. [Online]. Available: <https://iot.ru/promyshlennost/standarty-protokoly-i-tekhologii-svyazi-dlya-podklyucheniya-iot-ustroystv>.



- [2] P. Pandey and V. Laxmi, "Design of low cost and power efficient Wireless vision Sensor for surveillance and monitoring," in *2016 International Conference on Computation of Power, Energy Information and Commuincation (ICCPEIC)*, 2016, pp. 113–117.
- [3] "Videokamera OV7670. Vvedeniye [Video camera OV7670. Introduction]," 2013. [Online]. Available: <http://www.embed.com.ua/raznoe/videokamera-ov7670-vvedenie/>.
- [4] "OV7670/OV7171 CMOS VGA (640X480) CameraChip with OmniPixel Technology." OmniVision Technologies Inc., URL: <https://www.voti.nl/docs/OV7670.pdf>.
- [5] "Modul' videokamery OV7670 [Video camera module OV7670]." [Online]. Available: <http://shop.a-lisa.org/?product=modul-videokamery-ov7670>.
- [6] "RM0090 Reference manual. STM32F405/415, STM32F407/417, STM32F427/437 and STM32F429/439 advanced Arm-based 32-bit MCUs," 2019. [Online]. Available: <https://tinyurl.com/yy4qdmfw>.
- [7] "I2C Info – I2C Bus, Interface and Protocol." [Online]. Available: <https://i2c.info>.
- [8] P. Machala, "Kamera OV7670 se STM periferii DCMI," 2015. [Online]. Available: <http://www.urel.feec.vutbr.cz/MPOA/2014/cam-ov7670>.
- [9] "Posledovatel'nyy interfeys SPI (3-wire) [Serial Interface SPI (3-wire)]." [Online]. Available: <http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/interface/spi/index.htm>.
- [10] T. Lee, "What Is Better: TFT or LCD?" [Online]. Available: <https://www.techwalla.com/articles/what-is-better-tft-or-lcd>.
- [11] "IP kamera + stm32 + wi-fi [IP camera + STM32 + Wi-Fi]." [Online]. Available: <http://forum.easvelectronics.ru/viewtopic.php?f=14&t=6904>.
- [12] P. Thangavel, "Connecting ESP8266 with STM32F103C8: Creating a Webserver," 2018. [Online]. Available: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-esp8266-with-stm32f103c8-stm32-to-create-a-webserver>.
- [13] "BASICS OF UART COMMUNICATION," *Circuit Basics*. [Online]. Available: <https://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/>.

UDC 621.397.424.2

Video Camera Data Display Unit

B. A. Ponomarenko, ORCID [0000-0002-4033-932X](https://orcid.org/0000-0002-4033-932X)

Department of design of electronic digital equipment

National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Kyiv, Ukraine

Abstract—Video camera module are one of the most important components in designing and implementing image/video processing systems. Such kind of systems are widely used all over the world for a long period of time. Due to using in surveillance and guard, they have to have very small size. The aim of this article are following: present method for designing working prototype of a system, that displays data, that is transmitted from digital video camera module; solve the problems and issue, that shows up during projection. In the first chapter explains the reasons of creating video camera data display unit. In the second chapter you can see the process of choosing components, needed for creating prototype, such as microcontroller (STM32F429ZI) and video camera module (OV7670). This module provides visual information, captioned and transmitted to user interface. There are few interesting challenges about choosing OV7670 settings, like frame format and RGB coding. They were questioned and chosen in order to create working and functional prototype. In chapter three are listed detailed theoretical information about features of chosen video camera module, such as purpose of every contact from module, bits placement for RGB coding, and why that is so important in project. In the fourth chapter described block diagram of device, which is projected. Principle of work of projecting system also is given here. You can read there explaining the need for using such communication protocols as I2C, SPI and DCMI bus, that is used very often with video camera modules. Explained reasons of using DMA in the system and short instructions for configuring parameters of DMA. In chapter five described possibility of using different interfaces for transmitting output data to the user – such as Wi-Fi transmitting-receiving technology, based on TCP/IP protocol. It can help in improving projected system to an independent product, which can replicate full-fledged IP camera. Literary data analysis is carried out. It contains examples of similar systems and their detailed descriptions. Some of these details were used in creating both article and prototype. In conclusion, this article shows opportunities for hardware realization of video camera data display unit, based on OV7670 module and STM32F429ZI microcontroller. The features of connecting the video camera module, its synchronization and data transmission via the DCMI bus are considered. The parameters for data transmission, using DMA mode are defined. To visualize the video in the device prototype, was suggested LCD display, connected via the SPI bus. For full designed IP camera, it is necessary to add transceivers (like Wi-Fi) to the hardware and develop software to support the TCP / IP protocol, needed for embedded Web-server realization. Designed hardware and software of video camera data display unit gives a clear representation of all main steps, needed to implement this system.

Keywords – video camera module; microcontroller; data transmission; I2C; DMA; picture.

