

МОДУЛІ КАМЕР RASPBERRY PI

RASPBERRY PI CAMERA MODULES

У статті наведена коротка інформація про модулі камер Raspberry Pi, сумісних з модулями Raspberry Pi з інтерфейсом CSI. Розглянуті основні характеристики камер 5, 8 та 12 мегапікселів та високоякісних HQ- та GS-камер, наведені характеристики чутливості деяких камер та рекомендації по програмуванню.

В. Макаренко

Abstract – This article provides brief information about Raspberry Pi camera modules that are compatible with Raspberry Pi modules with the CSI interface. The main characteristics of 5, 8 and 12 pixel cameras and high - quality HQ and GS cameras are considered, the sensitivity characteristics of some cameras and programming recommendations are given.

V. Makarenko

Компанія Raspberry Pi Foundation окрім модулів Raspberry Pi випускає модулі відеокamer. В даний час існує кілька офіційних модулів камери Raspberry Pi. Оригінальна 5-мегапіксельна модель була випущена в 2013 році, а потім 8-мегапіксельний модуль камери 2, який був випущений в 2016 році. Останньою моделлю камери є 12-мегапіксельний Camera Module 3, який був випущений в 2023 році. Оригінальний 5-мегапіксельний пристрій більше не доступний у Raspberry Pi [1], хоча придбати такі модулі ще можливо.

Усі ці камери випускаються у варіантах видимого світла та інфрачервоного випромінювання, тоді як модуль камери 3 також поставляється у стандартній або ширококутній комплектації у чотирьох різних варіантах.

Модулі камери Raspberry Pi сумісні з усіма комп'ютерами Raspberry Pi з роз'ємами SCSI, тобто з усіма моделями, крім Raspberry Pi 400 і версії Zero, випущеної у 2016 році.

Більшість цифрових камер (у тому числі і Raspberry Pi модулі) використовують рухливий затвор: вони сканують отримане зображення рядково, а потім виводять результати. Це може спричинити ефект спотворення при зйомках об'єктів що переміщуються з високою швидкістю (наприклад, при зйомці лопатів гвинта зображення мерехтять, а не виглядає як обертовий об'єкт).

Глобальний затвор, подібний до того, що встановлений у модулі Global Shutter Camera, фіксує світло від кожного пікселя в кадрі одночасно [2]. Це дає можливість легко знімати об'єкти що швидко рухаються, такі як лопаті повітряного гвинта. Також доступна можливість синхронізувати кілька камер, щоб зробити знімок в один і той же момент часу. У такого підходу є велика кількість переваг, наприк-

лад, мінімізація спотворень при зйомці стереозображень. Людський мозок приходить в замішання, якщо який-небудь рух, що з'явився в лівому оці, ще не з'явився в правому. Камера Raspberry Pi з глобальним затвором також може працювати з більш коротким часом експозиції – до 30 мкс при достатньому освітленні. Це набагато менший інтервал в порівнянні з камерою з рухомим затвором, що робить її корисною для високошвидкісної зйомки.

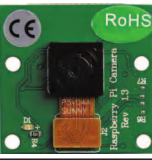



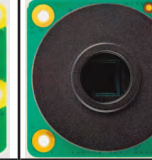
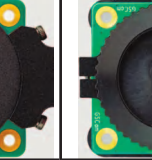
Сенсор зображення камери Global Shutter Camera має активну чутливу область діагоналлю 6.3 мм, яка за розміром аналогічна HQ (High Quality) камері Raspberry Pi. Однак пікселі матриці цієї камери мають більші розміри і вони забезпечують більш високу чутливість. Великий розмір і мала кількість пікселів цінні в додатках машинного зору – чим більше пікселів має сенсор, тим складніше обробляти зображення в режимі реального часу. Щоб обійти цю проблему, багато програм обрізають зображення. У камері з глобальним затвором і відповідним збільшенням об'єктива в цьому немає необхідності, оскільки низька роздільна здатність і великий розмір пікселя дозволяють отримати зображення в звичайному режимі.

Основні характеристики камер наведені в табл. 1.

Порядок підключення і налаштування камер наведено в [3]. "Посібник з алгоритму та налаштування камери Raspberry Pi" призначений для користувачів Комп'ютера Raspberry Pi з камерою (датчиком зображення), підключеною через порт камери Raspberry Pi CSI (Camera Serial Interface), наприклад, однією з наступних:

- камера v1 на базі Omnivision OV5647
- камера v2 на базі Sony imx219
- камера HQ на базі Sony imx477
- модуль камери 3 на базі Sony imx708

Таблиця 1. Основні характеристики камер Raspberry Pi

Параметр	Camera Module v1	Camera Module v2	Camera Module 3	Camera Module 3 Wide	HQ Camera	GS Camera
						
Розмір, мм	25×24×9	25×24×9	25×24×11.5	25×24×12.4	38×38×18.4 (виключаючи об'єктив)	38×38×19.8 (29.5 з адаптером і пілозахисним ковпачком)
Маса, г	3	3	4	4	30,4	34 (41 з адаптером і пілозахисним ковпачком)
Дозвіл, Мпiкс.	5	8	11,9	11,9	12,3	1,58
Роздільна здатність сенсора, пікс.	2592×1944	3280×2464	4608×2592	4608×2592	4056×3040	1456×1088
Режими відео	1080p30, 720p60, 640×480p60/90	1080p47, 1640×1232p41, 640×480p206	2304×1296p56, 2304×1296p30 HDR, 1536×864p120	2304×1296p56, 2304×1296p30 HDR, 1536×864p120	2028×1080p50, 2028×1520p40, 1332×990p120	1456×1088p60
Сенсор	OmniVision OV5647 1/4"	Sony IMX219 1/4"	Sony IMX708 1/2.43"	Sony IMX708 1/2.43"	Sony IMX477 1/2.3"	Sony IMX296 1/2.9"
Область зображення сенсора, мм	3.76×2.74	3.68×2.76	6.45×3.63	6.45×3.6	6.287×4.712	6.3 діагональ
Розмір пікселя, мкм	1.4×1.4	1.12×1.12	1.4×1.4	1.4×1.4	1.55×1.55	3.45×3.45
Фокусування	Фіксоване	Регульоване	Моторизоване	Моторизоване	Регульоване	Регульоване
Глибина різкості	1 м...∞	10 см...∞	10 см...∞	5 см...∞	–	–
Фокусна відстань, мм	3.6± 0.01	3,04	4,74	2,75	Залежить від об'єктива	Залежить від об'єктива
Горизонтальний кут огляду, град.	53.5±0.13	62,2	66	102	Залежить від об'єктива	Залежить від об'єктива
Вертикальний кут огляду, град.	41.41±0.11	48,8	41	67	Залежить від об'єктива	Залежить від об'єктива
Коефіцієнт фокусування (F- Stop)	F2.9	F2.0	F1.8	F2.2	Залежить від об'єктива	Залежить від об'єктива
Максимальний час експозиції, с	0,97	11,76	112	112	670,74	15,5

• камера з глобальним затвором на базі Sony imx296

• також є ряд сумісних модулів камери від сторонніх виробників (наприклад IMX219 8MP [4]).

На рис. 1 наведено підключення плати камери через порт CSI.

Програмним забезпеченням, що керує системою камер, є libcamera. Досвід показує, що управляти складними системами камер безпосередньо за допомогою драйверів ядра (як правило, V4L2)

дуже складно, що часто призводить до появи великої кількості небажаного і сильно залежного від платформи прикладного коду. З цієї причини з'явився користувальницький стек libcamera набагато більш високого рівня, що забезпечує механізми інтеграції датчиків зображення та процесорів обробки сигналів зображення (ISP).

У [4] описано саме таку інтеграцію, показуючи, як можна написати драйвери для створення компонентів системи. наведено короткий огляд системи в ці-



Рис. 1. Підключення плати камери через порт CSI-2

лону, що містить інформацію про те, що вже передбачено в системі і що необхідно додати в плані драйверів датчиків зображення і алгоритмів управління інтернет-провайдером для отримання зображень. Детально розглянуто алгоритм управління Raspberry Pi, що забезпечує платформу алгоритмів управління. Описано також інструмент налаштування камери, який автоматизує більшу частину процесу налаштування алгоритмів управління ISP для різних датчиків зображення.

Для отримання додаткової інформації, крім [4], можна відвідати форум Raspberry Pi Camera Board за адресою <https://www.raspberrypi.org/forums>.

Система візуалізації Raspberry Pi працює з libcamera, концентруючись, зокрема, на процесах калібрування і налаштування інтернет-провайдера для ефективної роботи з різними датчиками зображення. Більш того, інтеграція з libcamera дозволяє уникнути використання будь-яких фірмових алгоритмів управління, що поставляються виробниками мікросхем. Швидше, Raspberry Pi надає свої власні алгоритми управління, що працюють безпосередньо на ARM-ядрах чіпа, у вигляді відкритого вихідного коду, який може бути легко перевірений і змінено користувачами. Для отримання додаткової інформації про роботу з libcamera треба скористатись джерелом [5].

На рис. 2-4 наведені деякі характеристики чутливості доступні для модуля камери 3 та камер HQ та GS [6].

Література

1. About the Camera Modules / <https://www.raspberrypi.com/documentation/accessories/camera.html>

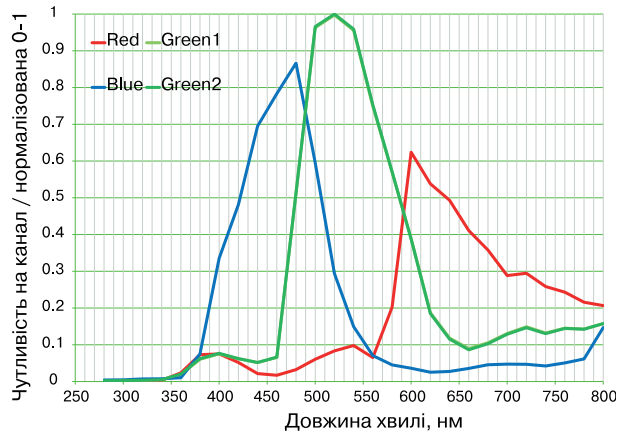


Рис. 2. HQ-камера без ІЧ-фільтра

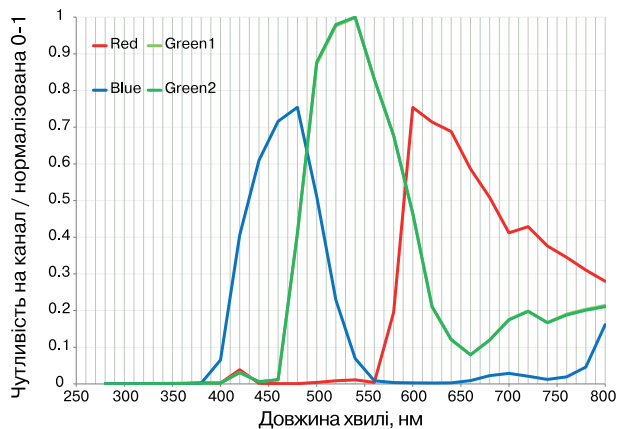


Рис. 3. Raspberry Pi Global Shutter-камера без ІЧ-фільтра

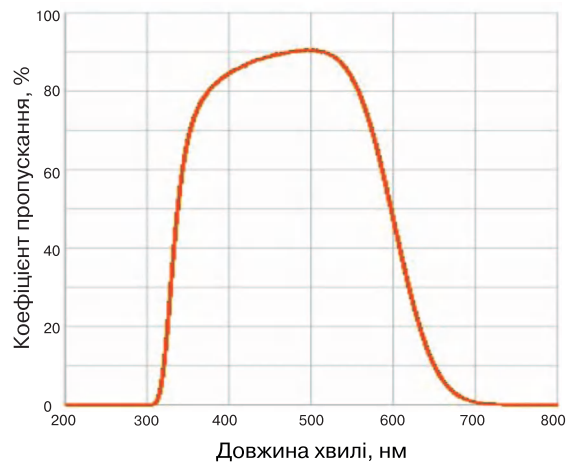


Рис. 4. Крива пропускання ІЧ-фільтра для HQ-камер та камер GS

[berrypi.com/documentation/accessories/camera.html](https://www.raspberrypi.com/documentation/accessories/camera.html)

2. The official Raspberry Pi camera guide / https://raspberrypi.ru/files/camera_guide.pdf

3. Raspberry Pi Camera Algorithm and Tuning Guide / <https://datasheets.raspberrypi.com/camera/rasp->

berry-pi-camera-guide.pdf

4. Raspberry Pi Camera Module / https://www.arducam.com/downloads/modules/RaspberryPi_camera/RaspberryPi_IMX219_8MP_Camera_Module_DS.pdf

5. Getting Started / <https://libcamera.org/getting-started.html>

6. Розширена спектральна чутливість камери Raspberry Pi / https://datasheets.raspberrypi.com/camera/camera-extended-spectral-sensitivity.pdf?_gl=1*q2g8rx*_ga*MTY3MDgzMjk5Ny4xNzIzNjA3NTgw*_ga_22FD70LWDS*MTcyNDY3MjM2My4xNi4xLjE3MjQ2NzIzNjYuMC4wLjA



**VD MAIS: 5000 кв.м
друкованих плат за рік**

ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

■ ВИРОБНИЦТВО

VD MAIS – найбільший постачальник друкованих плат на ринку України

7 аргументів на користь друкованих плат, що постачаються VD MAIS:

- принцип “все з одних рук”
- стабільне положення фірми на ринку друкованих плат
- висока кваліфікація спеціалістів
- вибір перевірених фірм-виробників в залежності від специфіки замовлення
- технічний супровід проекту при монтажі SMD-компонентів
- мінімізація ціни за рахунок об'єднання замовлень
- сертифікація систем екологічного менеджменту і менеджменту якості фірми відповідно до вимог стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016
- надання документації по вихідному контролю друкованих плат

VD MAIS
ДИСТРИБ'ЮЦІЯ +
КОНТРАКТНЕ
ВИРОБНИЦТВО

VD MAIS
PCB Professionally

тел.: (044) 220-0101, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

VD MAIS

**Розробка та
серійне
виробництво
електроніки**



- розробка електричних схем
 - проектування та виготовлення друкованих плат
 - комплектація виробів електронними компонентами та конструктивами
 - контрактне виробництво (за стандартом IPC-A-600J):
 - автоматизований монтаж SMD-компонентів, автоматизована сервтивна пайка компонентів, що монтуються у отвори
 - виготовлення дослідних зразків виробів
 - дрібно- та великосерійне виробництво
 - багаторічний досвід розробки і виробництва
 - гарантія якості.
- Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.
Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

VD MAIS

**Контрактне
виробництво
електроніки
(по стандарту IPC-A-610)**



- автоматизований монтаж ЕЛІО-компонентів (до 2.5 млн на добу)
- автоматизоване селективне паяння компонентів, що монтуються в отвори
- монтаж прототипів друкованих плат
- 100% автоматичний оптичний контроль якості монтажу
- виготовлення дослідних зразків виробів
- дрібно- та великосерійне виробництво
- 10-річний досвід контрактного виробництва
- гаоантія якості

Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.
Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

We make it *possible*

- діапазон робочих температур від -90 до +400 °C
- строк служби 30 років



Суцільнометалеві демпфери



Резинові віброізолятори



Сіліконові віброізолятори



Суцільнометалеві подушки



Тросові амортизатори



Малогабаритні суцільнометалеві амортизатори



Шнури ізоляції від електромагнітних хвиль



Пружинні ізолятори

Основним напрямком роботи фірми Hutchinson є виробництво широкого ряду суцільнометалевих демпферів (амортизаторів, віброізоляторів, вібропор), як малогабаритних – для різного роду електронного та навігаційного обладнання, так і великогабаритних – для різних областей застосування.

Всі вироби мають широкий діапазон статичного навантаження і стійкі до впливу агресивного середовища, зберігають свої характеристики в діапазоні температур від -90 до +400 °C. Строк служби не менше 30 років.

Робочим тілом демпферів є металева подушка, виготовлена з нержавіючої CrNi сталючої арматурної проволочки.