

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки



## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2020**

(Випуск 1)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2020

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки  
(КІТАМ)



## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2020**

(Випуск 1)

[електронне видання]

Харків 2020

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

**Голова:** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Палагін Віктор Андрійович**, доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки

**Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування».

**Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

**Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

**Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

**Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

**Шило Галина Миколаївна**, доктор технічних наук, доцент завідувач кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

**Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

**Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Вип. 1. – 232 с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2020 Part 1 (Key infrastructure 2020) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2020.- 232 p with.

Рекомендовано рішенням  
Науково-технічної ради  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради  
факультету Автоматики і комп'ютеризованих  
технологій  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол № 8 від 28.05.2020

Збірник містить наукові статті студентів кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія, першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти. Статті надані в авторській редакції.

## ЗМІСТ

<i>Нікітін Д.О.</i> Дослідження параметрів лазерної обробка на точнісні та якісні показники виробу ..	8
<i>Близнюк Д.С.</i> DUALXCARRIAGE. Точне налаштування 3D принтеру .....	14
<i>Запорожець В.А.</i> Розробка програмного забезпечення керування мобільним роботом <i>SPHERO 2.0</i> ...	17
<i>Імшенецький Я.О.</i> Автоматизована система керування природнім освітленням на приладобудівному виробництві .....	23
<i>Коваленко О.П.</i> Розробка стенда для автоматизації процесу контролю якості світло діодів .....	27
<i>Коритченко В.К.</i> Підтримка прийняття багатокритеріальних рішень у комп'ютеризованих і робототехнічних системах .....	31
<i>Кугір А.В., Павленко Т.І.</i> Сенсорна система мобільного робота .....	36
<i>Поляков В.А.</i> Виробництво керамічних елементів з використанням 3D-друку .....	41
<i>Мандзина В.И.</i> Анализ задач разработки и внедрения электронных модулей отображения текущих цен товаров на торговых предприятиях .....	46
<i>Стрілець Р.С.</i> Вибір способу управління фотополімерного 3D – принтера .....	50
<i>Усенко Р.К.</i> Автоматизована система керування природнім освітленням на приладобудівному виробництві .....	53
<i>Артеменко В.О.</i> Моніторинг стану людини з використанням мобільного кардіографу приєднаного до хмарних технологій .....	57
<i>Акуленко О.А., Воробйов А.О., Федулов І.Г.</i> Системний підхід до аналізу вимірювальних приладів та біосенсорів .....	61
<i>Шевченко А.Г.</i> Аналіз розробки штучного м'язового волокна його моделювання .....	66
<i>Синельник М.Д.</i> Аналіз функцій програмного забезпечення робота-маніпулятора для гнучких автоматизованих ліній .....	70
<i>Коцюба А.О.</i> Моделювання роботи мережі logawan для автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії .....	74
<i>Корсун Д.О.</i> Розробка елемента SCADA-системи для конверного виробництва .....	80
<i>Крамарова В. О.</i> Сучасний стан застосування систем машинного зору в робототехнічних системах ..	87
<i>Михайлов А.С.</i> Системи орієнтації роботів в робочому просторі .....	91
<i>Олімпієв В.В.</i> Автоматизована система інформаційної підтримки виробничого комплексу .....	96
<i>Стеценко К.В.</i> Аналіз ітерферометрів для контролю форм поверхонь .....	100

<i>Карікова К.Р.</i>	
Проектування програмно-апаратного шлюзу для мережі розподілених пристроїв обліку даних .....	106
<i>Мамонько Д.В.</i>	
Розробка програмного для забезпечення керування траєкторією руху мобільної платформи .....	112
<i>Скрипник К.Е.</i>	
3D-печать металами .....	117
<i>Борисовський А.С.</i>	
Модернізація системи керування та програмного забезпечення робота-маніпулятора MR-999e .....	121
<i>Аспідов І.О.</i>	
Управління виробничим процесом за допомогою мобільних додатків .....	125
<i>Долгуля А.В., Поддубняк І.А.</i>	
Застосування сучасних робототехнічних систем з елементами штучного інтелекту в приладобудуванні .....	129
<i>Кравченко С.В., Заїкін В.О.</i>	
Використання експертних систем для вирішення технологічних задач виробництва деталей приладів .....	134
<i>Маслов О.А., Теміров М.С.</i>	
Сучасні тенденції розвитку інтелектуальних виробничих систем .....	138
<i>Наливкін О.Д.</i>	
Вибір середовища моделювання та проектування для забезпечення якості гнучких структур у виробі електронної техніки .....	143
<i>Бойко Д.О.</i>	
Аналіз механічних частин 3D принтера .....	147
<i>Чікель Д.М.</i>	
3D принтер. Порівняння плат керування .....	153
<i>Шило Н.Ю., Павленко Т.І.</i>	
Метод монте-карло в програмуванні .....	157
<i>Кугір А.В.</i>	
Робот-маніпулятор як частина автоматизованої лінії .....	161
<i>Тітов В.А.</i>	
Розробка віртуальної 3D моделі виробничого приміщення .....	166
<i>Шостенко С.</i>	
Проектування п'єзоелектричного мікро двигуна .....	171
<i>Білоус М. Ю., Медова К. Г.</i>	
Огляд сучасних технологій нанопристроїв та мікросистемної техніки .....	178
<i>Скрипкін А.А.</i>	
Розробка апаратної складової мобільного робота на RPi3 model B + .....	182
<i>Медова К. Г., Білоус М. Ю.</i>	
Аналіз поновлюваного альтернативного джерела отримання електричної енергії ...	189
<i>Миронов А.О.</i>	
Технологія каскадного регулювання у системі кондиціонування та вентиляції виробничого приміщення .....	193
<i>Шило Н.Ю., Павленко Т.І.</i>	
Аналіз програмних застосунків та сервісів для дистанційного навчання у вузах технічного профілю .....	198

<i>Піщур Ю.М., Скрипкин А. А.</i>	
Проектування пристрою вимірювання для дослідження основних параметрів світло діодів .....	202
<i>Шило Н.Ю.</i>	
Аналіз методів синтезу систем автоматичного управління .....	207
<i>Вакуленко В.К.</i>	
Визначення підмножини ефективних варіантів в задачі оптимізації технологічних процесів .....	212
<i>Губаренко М.С.</i>	
Реінжиніринг топологічної структури розподільчої мережі регіональної електроенергетичної системи .....	217
<i>Сідорчук Є.І.</i>	
Структурно-параметрична оптимізація технологічних процесів за методом аналога	222
<i>Пащенко А.В.</i>	
Аналіз перемикачів оптоволоконного сигналу .....	226
<i>Алфавітний список</i> .....	231

## РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ МОБІЛЬНОГО РОБОТА НА RPi3 MODEL B +

**А.А. Скрипкін**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: skrpkn90gmail.com

**Анотація:** Розглянуто основні компоненти мобільного робота, проведений аналіз одноплатного комп'ютера Raspberry Pi і його основних характеристик. Так само описані модулі, які будуть використовуватися при розробці. Після чого описана і представлена збірка мобільного робота.

**Ключові слова:** компоненти мобільного робота, одноплатний комп'ютер, модулі, розробка, збірка.

## DEVELOPMENT OF THE HARDWARE COMPONENT OF A MOBILE ROBOT ON RPi3 MODEL B +

**A.A. Skripkin**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky ave., 14

E-mail: skrpkn90gmail.com

**Anotations:** The main components of a mobile robot are considered, the Raspberry Pi single-board computer and its main characteristics are analyzed. Modules to be used during development are also described. After that, the assembly of the mobile robot is described and presented.

**Key words:** mobile robot components, single board computer, modules, development, assembly.

У розробці мобільного робота використовуються: одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 3 Model B +, платформа 4WD, драйвер(модуль) керування DC моторами з редуктором L298, модуль камери Raspberry Pi 5 Мп.

Raspberry Pi 3 Model B + - одноплатний комп'ютер від Raspberry Pi Foundation, який працює на базі оновленого 4х-ядерного 64-бітного SoC Broadcom BCM2837B0 і збільшеною тактовою частотою 1.4GHz. Бездротовий модуль має: двохдіапазонний Wi-Fi стандарту IEEE 802.11ac, Bluetooth - 4.2 BLE, так само він має Gigabit Ethernet, що працює через USB 2.0 шину, що забезпечує швидкість передачі даних до 300Mbps, обсяг оперативної пам'яті - 1GB RAM. Raspberry Pi 3 Model B+ відрізняється високим рівнем надійності, простотою настройки, величезним співтовариством і високою якістю виконання. Загальний вигляд Raspberry Pi 3 Model B + представлений на рисунку 1.

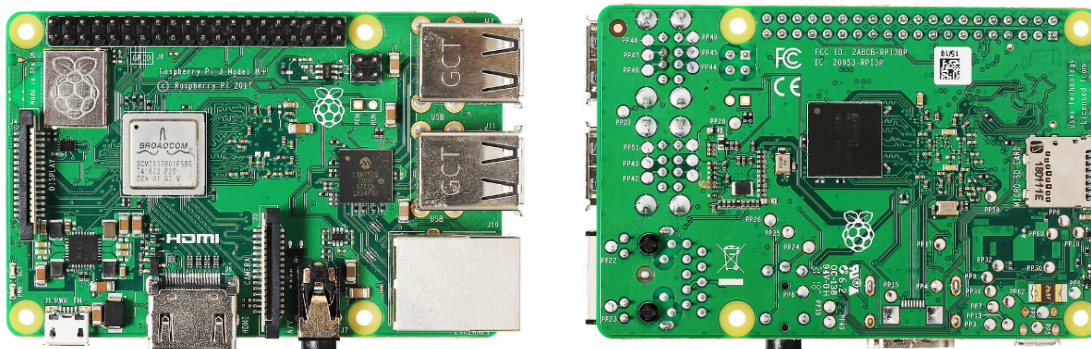


Рисунок 1 - Загальний вигляд Raspberry Pi 3 Model B+

Raspberry Pi (Rpi) — це одноплатний мікрокомп'ютер, у якого є всі ті ж ознаки, що й у звичайних персональних комп'ютерів і ноутбуків. До нього можна підключити монітор, клавіатуру, мишу, аудіо колонку, а також інтернет кабель. Як і персональний комп'ютер, Rpi працює під керуванням повноцінних операційних систем (ОС), таких як: Raspbian (Debian), Android і навіть Windows 10 (IoT). операційна система в Rpi зберігається на карті пам'яті формату microsd. Там же зберігаються й усі користувацькі файли.

Характеристики:

- Процесор: 64-розрядний чотирьохядерний ARM Cortex-A53 з тактовою частотою 1,4 ГГц на однокристальному чипі Broadcom BCM2837;
- оперативна пам'ять: 1 ГБ LPDDR2 SDRAM;
- цифровий відеовихід: HDMI;
- композитний вихід: 3,5 мм (4 pin);
- USB порти: 4 × USB 2.0;
- бездротова мережа: WiFi 2,4 / 5 ГГц, 802.11n;
- Ethernet: 10/100/1000 Мб RJ45;
- Bluetooth: Bluetooth 4.2, Bluetooth Low Energy;
- роз'єм дисплея: Display Serial Interface (DSI);
- роз'єм відеокамери: MIPI Camera Serial Interface (CSI-2);
- карта пам'яті: MicroSD;
- порти введення-виведення: 40;
- габарити: 85x56x17 мм.

Модулі та датчики під'єднуються до Raspberry Pi 3 Model B + за допомогою GPIO.

GPIO (General Purpose Input Output) - це низькорівневий інтерфейс входу-виходу прямого керування, який дозволяє підключати різні модулі та датчики. Raspberry Pi 3 Model B+ має 40-пинову рейку GPIO але так як 12 з них представляють із себе піни живлення 3.3 В, 5 У і загальні піни GND. Призначення пинів роз'єму GPIO представлено на рисунку 2.

Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power	⚪	DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I2C)	⚪	DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I2C)	⚪	Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)	⚪	(TXD0) GPIO14	08
09	Ground	⚪	(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)	⚪	(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)	⚪	Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)	⚪	(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power	⚪	(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)	⚪	Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)	⚪	(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)	⚪	(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground	⚪	(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I2C ID EEPROM)	⚪	(I2C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05	⚪	Ground	30
31	GPIO06	⚪	GPIO12	32
33	GPIO13	⚪	Ground	34
35	GPIO19	⚪	GPIO16	36
37	GPIO26	⚪	GPIO20	38
39	Ground	⚪	GPIO21	40

Рисунок 2 - Призначення пинів роз'єму GPIO на Raspberry Pi 3 Model B+

У розробці мобільного робота використовується платформа 4WD, до комплекту якої входять:

- пластини акрилової платформи – 2 шт.;
- колеса – 4 шт.;
- DC мотор з редуктором (рисунок 2) – 4 шт.;
- механічна частина енкодера – 4 шт.;
- кронштейн для кріплення мотора – 8 шт.;
- вимикач харчування – 1 шт.;
- латунні стійки з гвинтами – 4 шт.;
- набір гвинтів і гайок – 1 шт.;
- батарейний відсік – 1 шт.

Характеристики платформи:

- розміри платформи 235 x 155 мм;
- розмір коліс: діаметр – 6.5 см, ширина – 2.7 см;
- конструкція проста та зручна в збірці;
- можливо розширити та дообладнати платформу.

Платформа 4WD зображена на рисунку 3.

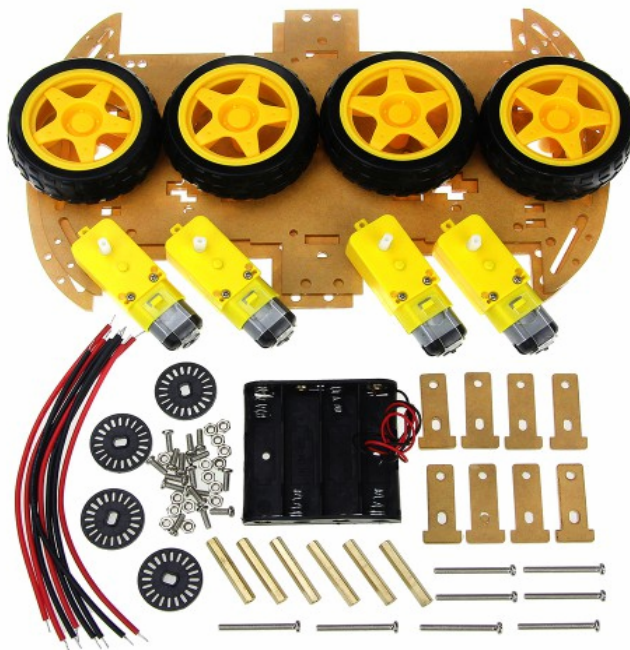


Рисунок 3 - Платформа 4WD

DC мотор з редуктором зображений на рисунку 4.

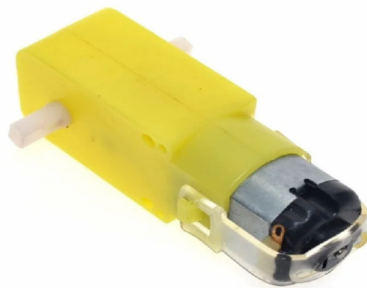


Рисунок 4 - DC мотор з редуктором

Характеристика для кожного з моторів:

- напруга живлення: 3-6В;

- сила струму: 120 мА;
- швидкість холостого ходу:  $200 \pm 10\%$  об / хв (6 В 200 мА),  $90 \pm 10\%$  об / хв (3 В 150 мА);
- редуктор: 48: 1;
- швидкість: 48 м / хв;
- вага мотора: 50 г;
- розміри мотора: 70 x 22 x 18 мм.

Після збірки виходить модель, яка представлена на рисунку 5.



Рисунок 5 - Зібрана модель мобільної платформи 4WD

Наступним кроком йде підключення DC мотор з редуктором до драйверу (модулю) керування чотирма DC моторами. Було обрано драйвер L298N, який представлено на рисунку 6.

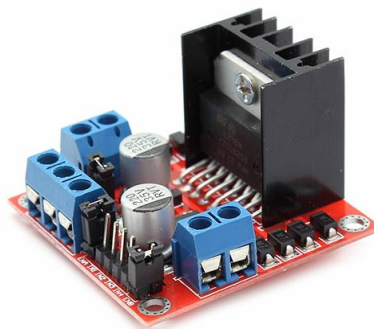


Рисунок 6 - Драйвер керування DC моторами з редуктором L298N

Основні технічні характеристики:

- робоча напруга – до 46В;
- максимальний постійний струм – 4А (з радіатором);
- низька напруга насичення;
- захист від перегріву;
- логічний "0" = напруга до 1,5 В.

Підключення живлення на модулі L298N можливий за двома схемами, які представлені на рисунку 6.

Роз'єм «6 ... 12В» використовується для подачі живлення на DC мотори з редуктором і одночасно, якщо одягнений джампер, на який вказано стрілкою (рис. 7 а), на стабілізатор 5В логіки драйвера. При такому підключенні не потрібно додатково підключати 5В. Маркування «6...12В» визначає максимально вхідну напругу стабілізатора, в той час, як напруга DC моторів з редуктором може досягати 35В.

При напрузі живлення DC моторів з редуктором вище 12В (рис. 7 б), то необхідно подати на потрібну напругу на вхід – «12В», але при цьому необхідно зняти джампер, вказаний стрілкою, і подати окреме живлення 5В.

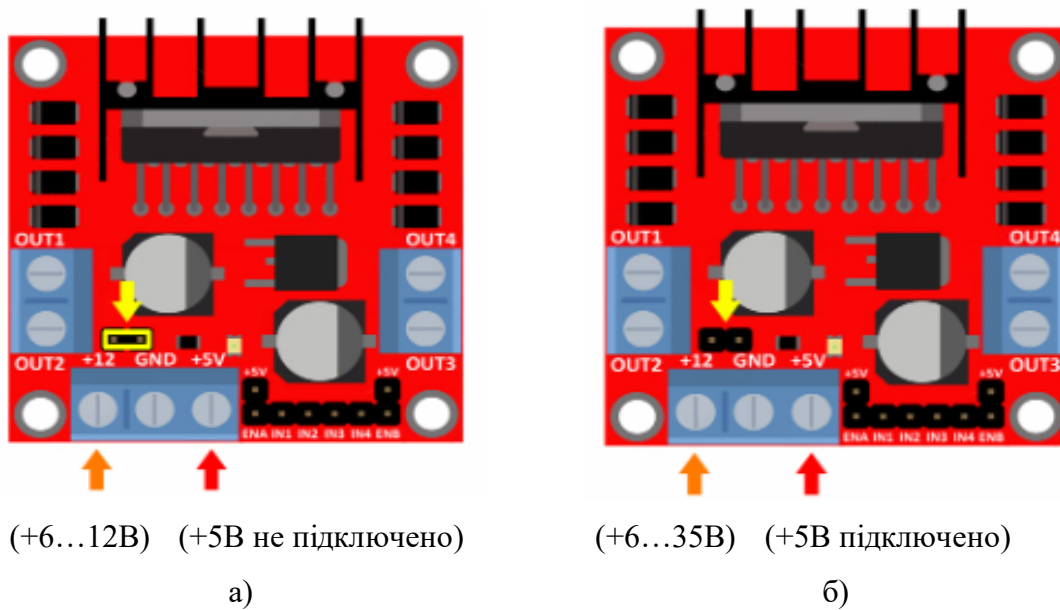


Рисунок 7 - Схема вибору підключення живлення на модулі L298N

Схема з'єднання модуля L298N з DC моторами з редуктором зображена на рисунку 8.

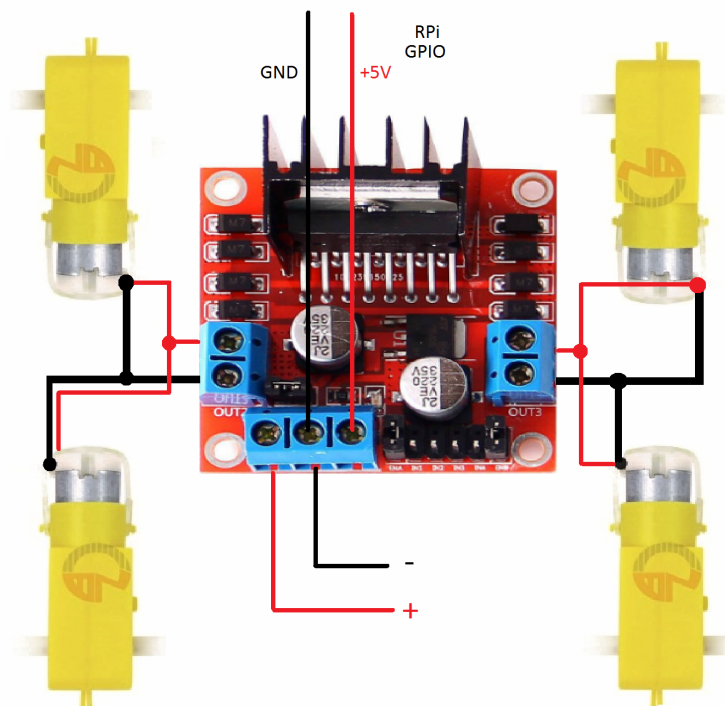


Рисунок 8 - Схема з'єднання модуля L298N з DC моторами з редуктором

Після з'єднання модуля L298N треба підключити модуль до одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 3 Model B + за допомогою GPIO шини. Схема підключення зображена на рисунку 9.

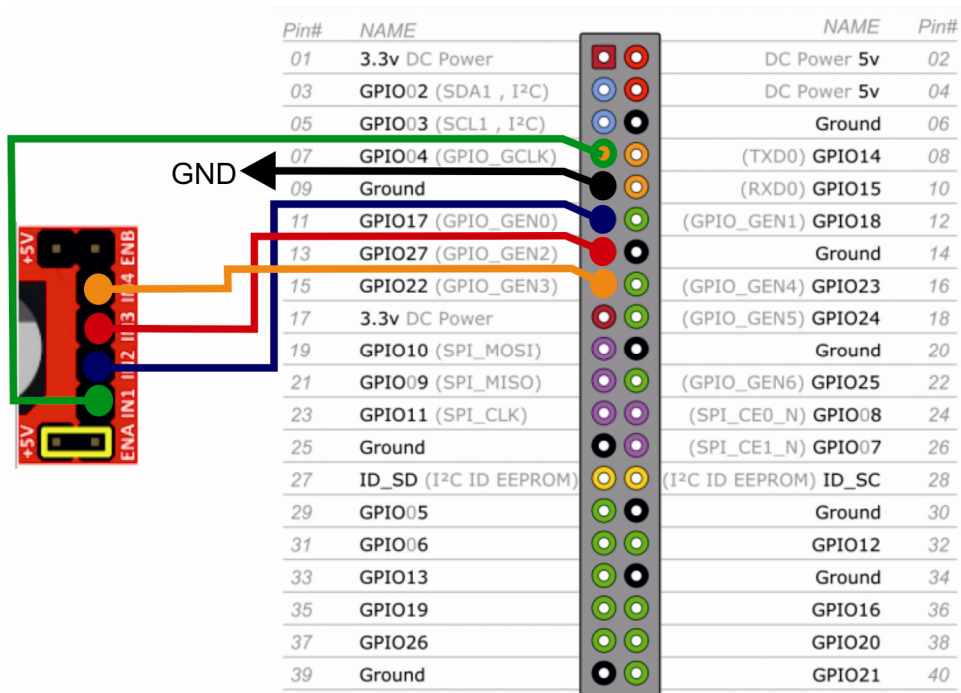


Рисунок 9 – Схема підключення модуля L298N до Raspberry Pi 3 Model B +

Наступним кроком є підключення модуля камери Raspberry Pi 5 Мп до одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 3 Model B +, який зображен на рисунку 10.

Характеристика камери:

- дозвіл: 5MP, 2592x1944 px;
- Матриця: 1/4 дюйма;
- Відео формати: 1080p (30fps), 720p (60fps), VGA (60-90fps);
- Габарити: 24x24x9 мм;
- Шлейф (в комплекті): 150мм.

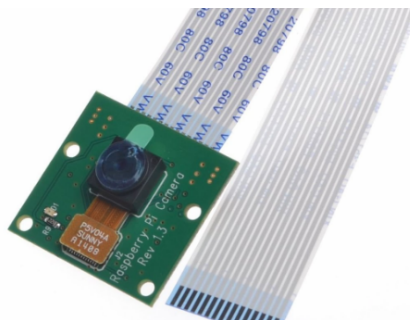


Рисунок 10 – модуль камери Raspberry Pi 5 Мп

Модуль камери Raspberry Pi 5 Мп приєднується до роз'єму CSI.

Загальний вид мобільного робота на Raspberry Pi 3 Model B + зображен на рисунку 11.

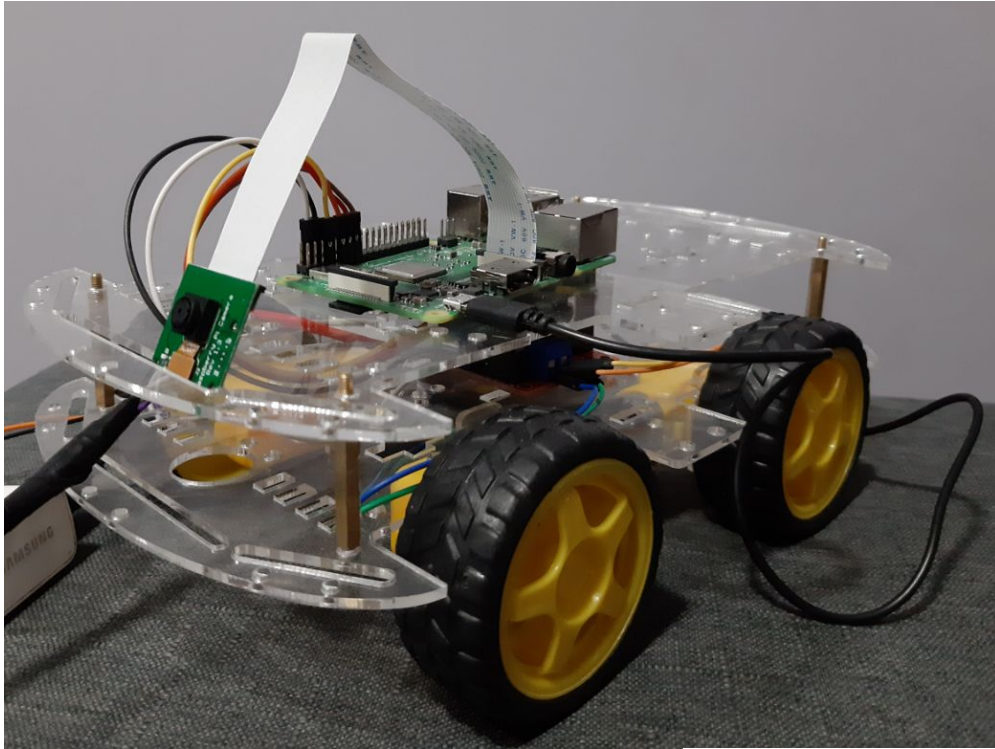


Рисунок 11 - Загальний вид мобільного робота на Raspberry Pi 3 Model B +

Програмується та налаштовується мобільний робот за допомогою мови Python 3, яка є вбудованою у ОС Raspbian. Керується робот за допомогою віддаленого підключення VNC. У майбутньому планується додати датчики та модулі: комунікаційний модуль, акселерометр ADXL345, модуль годин реального часу, IR датчик відстані Sharp GP2Y0A21YK0F, водонепроникний ультразвуковий далекомір DYP-ME0, мікрохвильовий датчик руху RCWL-0516, модуль датчика RGB і жестів APDS-9960 від Robotdyn, модуль датчика звуку від WaveShare, модуль лазерного датчика перешкоди від WaveShare.

Зараз робот знаходиться на стадії розробки, тому на ньому нема автономної системи живлення. Систему живлення планується зробити на основі чотирьох акумуляторів 18650 та понижуючого DC-DC перетворювача XL4005 5A (рисунок 12).



Рисунок 12 – понижуючий DC-DC перетворювач XL4005 5A

Схема автономної системи живлення представлена на рисунку 14.

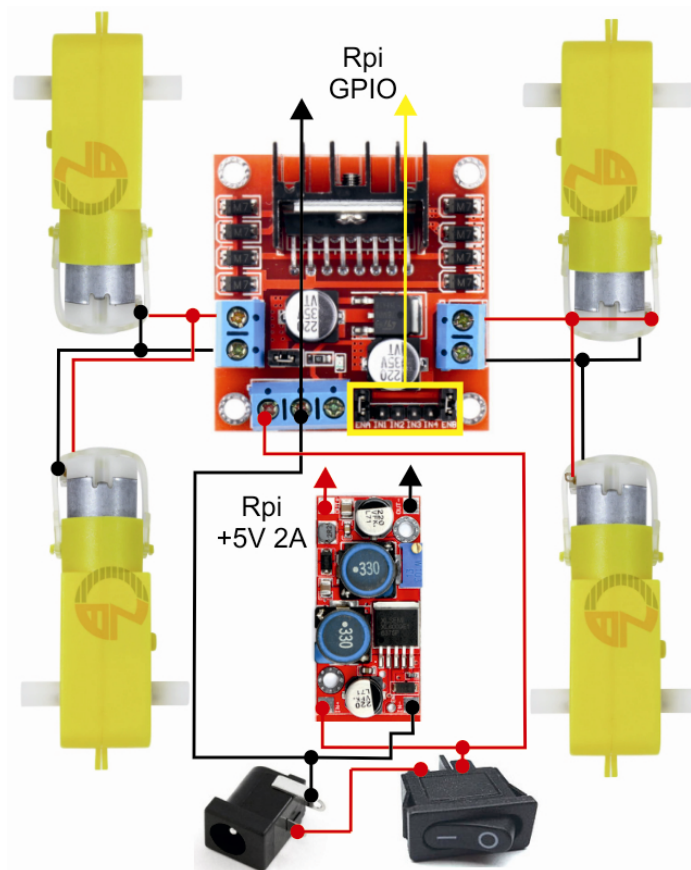


Рисунок 14 - Схема автономної системи живлення мобільного робота

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І.Ш., Радченко Я.О., Євсєєв В.В. Макет з'єднання і програмна реалізація контролю зору для мобільних роботів на базі Raspberry Pi та мови програмування Python [Текст] / В.В. Євсєєв, Я.О. Радченко // Журн. Технологія приборостроєння. – 2019. – №. 2, – С. 18 – 20.
2. Євсєєв В.В, Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів Raspberry Pi і мови Python [Текст] : підр. посібник / В.В. Євсєєв, І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич; НАУ. – 1-е вид., – Київ. : Фактор, 2020. – 257 с. – (Наукова книга).
3. Yevsieiev, V. Program code automated system development at early stage of software life cycl / V. Yevsieiev // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ». Випуск 1 (30). – 2017. – С. 69 – 78.
4. Yevsieiev, V. Object semantic model for life cycle model 'Jamp' / I.Sh. Nevlyudo, V. Yevsieiev, S. Miliutina, K. Kolesnyk // CAD in Machinery Design. Implementation and Educational Issues. 25 Proceedings of Polish-Ukrainian Conference CADMD'2017, October 20-21, 2017, Bielsko Biala. – P. 31 – 32.
5. Невлюдов І.Ш. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, В.В. Євсєєв, С.С. Максимова, М.Г. Стародубцев, В.В.Невлюдова. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2018. 320 с.