

УДК 004.31

М.М. Поліщук, С.В. Гринюк, В.В. Дмитерчук  
Луцький національний технічний університет

## РОБОТОТЕХНІЧНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ПОШУКУ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА

**М.М. Поліщук, С.В. Гринюк, В.В. Дмитерчук. Робототехнічна система автоматичного пошуку джерела світла.** У статті представлено огляд ринку робототехніки, обґрунтування вибору елементної бази, а також пропонується бюджетний пристрій автоматичного пошуку світла з можливістю модернізування для будь-яких потреб.

**Ключові слова:** робот, система, датчик, РТС, Arduino, Atmega 328, сонячна панель.

**М.М. Полищук, С.В. Гринюк, В.В. Дмитерчук. Робототехническая система автоматизированного поиска источника света.** В статье представлен обзор рынка робототехники, обоснование выбора элементной базы, а также предлагается бюджетное Устройство автоматического поиска света с возможностью модернизации для любых нужд.

**Ключевые слова:** робот, система, датчик, РТС, Arduino, Atmega 328, солнечная панель.

**M.M. Polishchuk, S.V. Grunyk, V.V. Dmyterchuk. The robotics system of automatic search of source of light.** An overview of the market robotics study and selection of components, as well as the proposed budget device automatically light with a search possibility of upgrading for any needs.

**Keywords:** robot, system, sensor, RTS, Arduino, Atmega 328 solar panels.

**Постановка проблеми.** Сучасною промисловістю виробляється велика кількість різноманітних автоматичних роботів, проте переважна більшість має обмежену функціональність або велику вартість[1]:

–робот Wow Wee MINI призначений для розваг та розвитку дітей має обмежений набір команд, не оснащений автономністю, має малу прохідність і може працювати лише декілька годин після чого його потрібно відправляти на підзарядку [2];

–робот – порохотяг Xiaomi Mi Robot Vacuum (SKV4000CN) – автоматичний пилесос має датчики пилу та лазерні датчики відстані, електронний компас, гіроскоп, датчик падіння, спідометр та багато іншого, про те, він має високу ціну та лиш одну функцію — прибирання підлоги [3];

–RiSE – шестиногий робот сконструйований Boston Dynamics у співпраці з Пенсильванським університетом, Університетом Карнегі – Меллон, Каліфорнійським університетом у Берклі, Стенфордським університетом та Коледжем Льюїса і Кларка., здатний підніматися вертикальними поверхнями: стіни, дерева, огорожі. Для пересування використовує ноги з мікрогачками та хвіст, може змінювати позу відповідно до кривизни поверхні. RiSE має довжину 0.25 м та масу 2 кг, Швидкість пересування — 0,3 м/с. Кожна нога робота керована двома електромоторами. Бортовий комп'ютер керує ногами, забезпечує зв'язок та обробку даних сенсорів. Але робот має велику вартість складання, тому випущений в єдиному екземплярі і поки тестується [4].

**Актуальність.** Розробка бюджетного автоматичного пристрою пошуку світла з можливістю модернізування для будь-яких потреб є актуальною, оскільки на ринку не представлені такі системи, а їхню нішу заповнюють аматорські розробки, які доволі часто є не доопрацьованими та із закритим кодом, що ускладнює їх подальший розвиток та модернізацію.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Автоматизація та робототехніка є одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості в усіх розвинених країнах. Сучасними попередниками роботів є різного роду пристрої для маніпулювання на відстані об'єктами, безпосередній контакт людини з якими небезпечний або неможливий. Дана галузь є важливою також і в міжнародних програмах розвитку науково-технічного потенціалу. Перші пристрої такого роду були пасивними, тобто механізмами без приводів, і служили для повторення на відстані рухів руки людини цілком за рахунок його мускульної сили. Потім були створені маніпулятори із приводами й керовані людиною різними способами аж до біоелектричного[5].

В наш час роботи усе частіше застосовуються в широкому спектрі галузей, таких як: побутова (домашня) робототехніка, промислова робототехніка, медична робототехніка, воєнна робототехніка, планетарна робототехніка, персональна робототехніка, еволюційна робототехніка, біометрична робототехніка, біологічна робототехніка, мікроробототехніка, наноробототехніка, нейроробототехніка [6].

На світовому ринку робототехніки впевнено лідирують Японія та Німеччина. Вони виготовляють більше 50% всієї роботизованої продукції в світі. Говорити про якісь серйозні досягнення України в цій області поки рано. Про те тут стрімко розвивається навчальний сегмент як приватні курси робототехніки для дорослих та дітей так і безплатні гуртки, наприклад: «Винахідник» (Київ, Бровари, Буча, Дніпро, Львів, Івано-Франківськ, Вінниця, Харків, Одеса), RoboCode (Київ, Ірпінь), RobotSchool (Київ, Полтава), RoboUA (Київ), Robo.House (Київ), Funtronica (Одеса) та інші.

Компанія “Стандарт-ПАК” розробляє самохідні платформи, роботизовані вози, автоматичні навантажувачі та робобуксири. Роботи можуть переміщувати вантажі, оснащені датчиками руху та переміщуються зі швидкістю від 0,5 м/с. Це перші в світі аналоги Kiva від Amazon Fetch, Freight від Fetch Robotics та OTTO 100 від Kitchener, які пропонуються в продажі для логістичних центрів України та Європи. Споживачі таких роботів – логістика і виробництво де потрібна автоматизація переміщення (торгові та розважальні центри, сільське господарство, банки).

В Drone.UA створюють продукти в області безпілотних технологій. Компанія веде діяльність в аграрній сфері, енергетиці та нафтогазовій промисловості, а також в сферах геодезії та топографії. Їх технології використовуються на більш чим 2 млн гектарів посівних площ України. Компанія випускає більше десяти видів мультироторних платформ (ціни стартують від 20 тис. грн) та літальна платформа PD1900. Ця модель призначена для отримання даних аерофотозйомки і здатна покрити до 400 га площі за 100 хвилин. Його вартість складає 67 тис. грн.

Концерн ДК “Укроборонпром” об'єднує декілька підприємств розробників, які конструюють бойову роботизовану техніку. Один з учасників концерну, “СпецТехноЕкспорт”, побудував перший в Україні безпілотний БТР “Фантом” – це 6-колісний робот, здатний перевозити бойові комплекти, транспортувати поранених та виконувати інші задачі. Робот може рухатись на відстань до 20 км. Керування виконується по захищеному радіоканалу або за допомогою волоконного кабелю.

Також в “Укроборонпром” будують безпілотні літальні апарати. Остання розробка — БПЛА ANSER, розроблений учасником концерну НДП “Спайтек”. Безпілотник може знаходитись в польоті від 6 до 12 годин, піднімати вагу до 5 кг та використовувати зашифровані канали передачі даних.

В IT – компанії “ELEKS” також розробляють роботизовані продукти. Безпілотний танк ET-1 (Танкетка), розроблений для забезпечення безпеки українських солдат. З його допомогою можна евакуювати поранених, вести розвідку в місцях не доступних людині. Його також можна застосувати як вантажний автомобіль чи як трактор в сільському господарстві.

В запорізькій компанії “Інфоком ЛТД” розробляють безпілотний автомобіль. БНТС оснащується системою сенсорів та датчиків, щоб пристрій мав машинний зір і міг автономно приймати рішення або передавати інформацію оператору, який керує машиною дистанційно. Вже є 3 прототипи на дистанційному керуванні. Зараз йде робота по реалізації функціоналу автономних дій автомобіля [7].

Отже, більшість існуючих на ринку роботів мають або дуже обмежений функціонал, або дуже велику вартість. Розроблена робототехнічна система дозволить за мінімальну кількість коштів отримати автоматизований пристрій, що забезпечується завдяки використанню платформи Arduino, поширеної компонентної бази, та вільного ПЗ. Ліцензування розробленого комплексу за допомогою відкритої ліцензії дозволить будь-кому додати потрібний функціонал чи вдосконалити існуючий.

**Виклад основного матеріалу.** Робототехнічна система складається з таких основних блоків (рис. 1): керувальний пристрій, ключі для моторів та мотори, ультразвуковий датчик та сервопривід, джерело живлення, імпульсний перетворювач, плата заряду, сонячна панель.

В якості керувального пристрою було обрано платформу Arduino Uno R3 CH340, як недорогий та поширений контролер з достатньою швидкістю. Arduino має вбудований стабілізатор напруги на 5 В, тому може бути заживленою від одного джерела живлення із джерелом світла. Джерелом живлення виступають два літєвих елементи 18650 ввімкнені послідовно. Їхня напруга складає 8,4 В, тому було використано понижувальний імпульсний перетворювач LM2596 Mini 360 DC. Його характеристики показано в таблиці 1.

Джерело живлення також заряджається від сонячних панелей. Для оптимальної роботи системи було обрано сонячні панелі розміру 110\*69мм. Робоча напруга 5 В, 250 мА. Оскільки зарядка літєвих акумуляторів послідовно ввімкнених без балансування небезпечно — елементи

заряджаються роздільно, кожна від своєї плати заряду (рис. 2). Також літєві елементи можна заряджати через ці ж плати заряду від будь-якого джерела на 5В 1А, наприклад USB.



Рис. 1. Структурна схема робототехнічної системи

Табл. 1. Основні характеристики імпульсного перетворювача LM2596 Mini 360 DC

Максимальна вхідна напруга	4,75 В
Мінімальна вхідна напруга	23 В
Максимальна вихідна напруга	1 В
Мінімальна вихідна напруга	17 В
Максимальний довготривалий вихідний струм	1,8 А
Максимальний імпульсний вихідний струм	3 А
Максимальний коефіцієнт корисної дії	96%
Робоча частота	340 КГц
Пульсації	30 мВ
Діапазон робочих температур	-40°C - +85°C

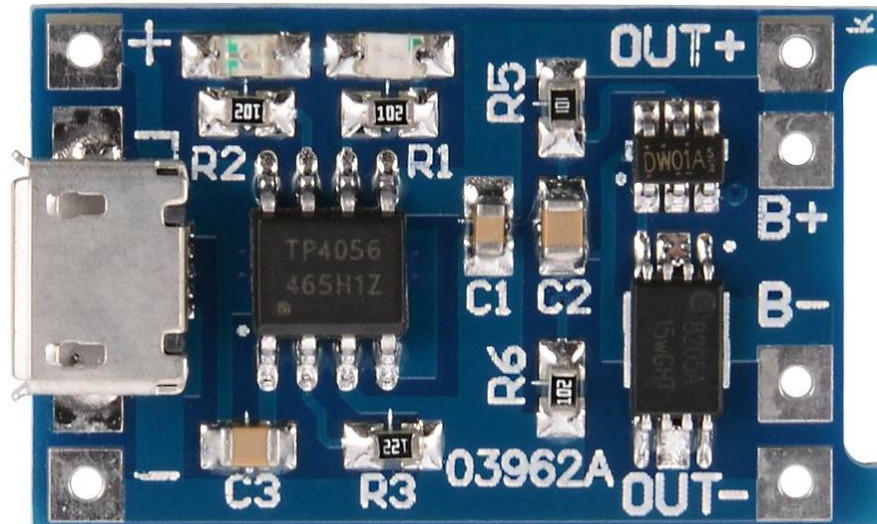


Рис. 2. Плата зарядки для акумулятора 18650

Arduino подає ШІМ – сигнал ключам, які комутують мотори, що дозволяє регулювати обороти моторів постійного струму. Для ключів використовуються польові N-канальні транзистори, що дозволяє підібрати необхідні параметри під джерела світла та комутувати навантаження, які живляться більшою напругою, ніж логічний рівень контролера.

Фрагмент коду керування двигунами постійного струму:

```
void direction(uint8_t dir) {  
  switch(dir) {  
    case FORWARD:  
      analogWrite(MOTORLEFT, MOTORLEFTMAX);  
      analogWrite(MOTORRIGHT, MOTORRIGHTMAX);  
      break;  
    case RIGHT:  
      analogWrite(MOTORLEFT, MOTORLEFTMAX);  
      analogWrite(MOTORRIGHT, 0);  
      break;  
    case LEFT:  
      analogWrite(MOTORLEFT, 0);  
      analogWrite(MOTORRIGHT, MOTORRIGHTMAX);  
      break;  
    default:  
      analogWrite(MOTORLEFT, 0);  
      analogWrite(MOTORRIGHT, 0);  
      break;  
  }  
}
```

Для оминання перешкод використовується ультразвуковий датчик, який закріплений на сервоприводі. В проекті було використано сервопривід моделі Tower Pro 9g SG90 (рис. 3), робоча напруга якого від 3В до 7,2В.



Рис. 3. Сервопривід Tower Pro 9g SG90: 1 – коричневий провід — земля (Ground, підключається до піну GND на платі Arduino); 2 – червоний провід — живлення +5В (підключається до піну 5В на платі Arduino); 3 – жовтий провід — сигнал керування (підключаємо до цифрового піну Arduino)[8].

Схема підключення сервоприводу до Arduino представлена на рис. 4.

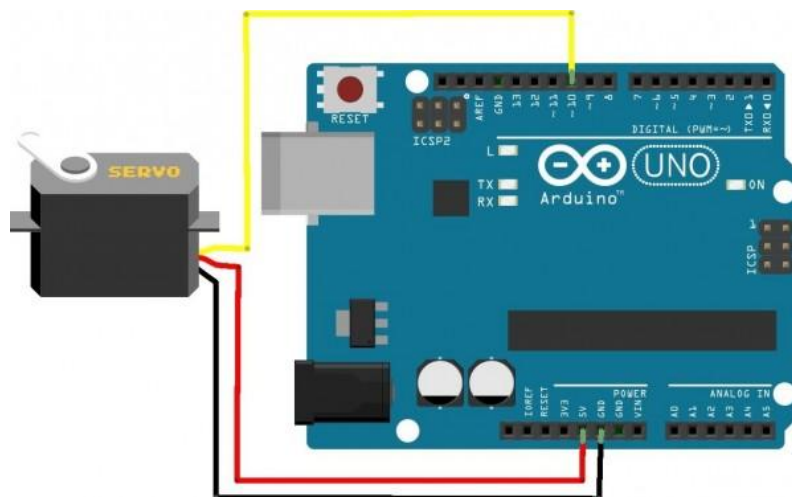


Рис. 4. Схема підключення сервоприводу до Arduino

Фрагмент коду роботи сервоприводу:

```
// dir -90...+90
void headdir(int8_t dir) {
head.write(dir + 90 + HEADCORRECT);
}
```

Ультразвуковий датчик слугує для визначення відстані до перешкоди. Модуль формує запускаючий імпульс та вимірює значення ехо-сигналу:

$$l = \frac{t \cdot S}{2}$$

де  $l$  – відстань до перешкоди;  
 $S$  – швидкість звуку (340 м/с);  
 $t$  – час за який імпульс подолає шлях від датчика до перешкоди і назад.

В проекті було використано ультразвуковий датчик моделі HC-SR04. Датчик має робочу напругу 5В та споживає 2мА в стані спокою і 15мА під час роботи, відповідно. Діапазон роботоздатної відстані від 2 до 400 см. На показники датчика не впливає сонячне випромінювання та електромагнітні шуми.

Для підключення до схеми датчик оснащений 4 виводами. Два з них слугують для підключення живлення: Vcc та Gnd. На вхід Trig подається пусковий імпульс, а з виходу Echo знімається сигнал, довжина якого пропорційна виміряній відстані [9]. Схема підключення ультразвукового модуля до Arduino(рис. 5).

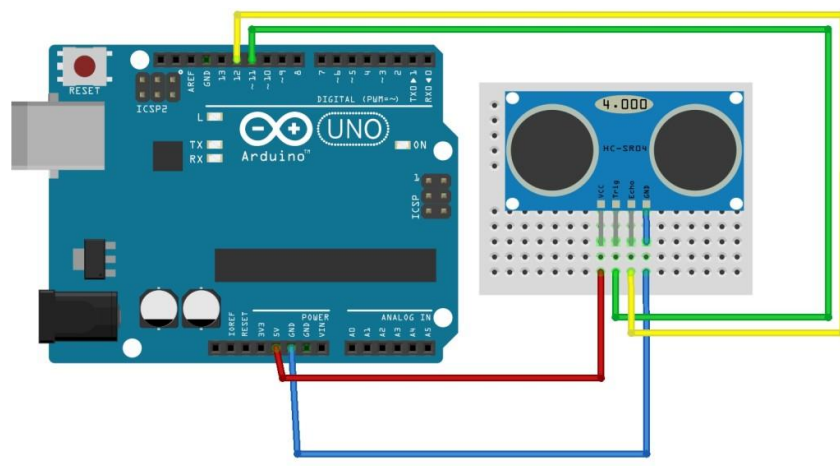


Рис. 5. Схема підключення HC-SR04 до Arduino

Фрагмент коду використання ультразвукового датчика:

```
unsigned long distance() {  
    int duration, cm;  
    digitalWrite(SONICTRIG, LOW);  
    delayMicroseconds(2);  
    digitalWrite(SONICTRIG, HIGH);  
    delayMicroseconds(10);  
    digitalWrite(SONICTRIG, LOW);  
    duration = pulseIn(SONICECHO, HIGH);  
    return duration / 58;  
}
```

Після ввімкнення робототехнічна система визначає напрямок до джерела світла завдяки чотирьом фоторезисторам, які розміщені попереду, позаду та по боках корпусу робота. Напрямок обирається по найменшому опорі фоторезистора. Система починає рух до джерела світла. Під час руху сервопривід в невеликих межах ( $10^\circ$ ) повертає ультразвуковий датчик, який вимірює відстань до перешкоди. Якщо перешкода попереду знаходиться в заданому діапазоні відстаней, то сервопривід робить більший поворот щоб скоригувати напрям руху для оминання її. При вирівнюванні опорів фоторезисторів попарно: лівого та правого, переднього та заднього ціль вважається досягнутою. Робототехнічна система зупиняється та заряджається від джерела світла. При виході опорів фоторезисторів за межі гістерезису цикл роботи робота повторюється. Дана система може бути модернізованою під конкретні умови (рис. 6).

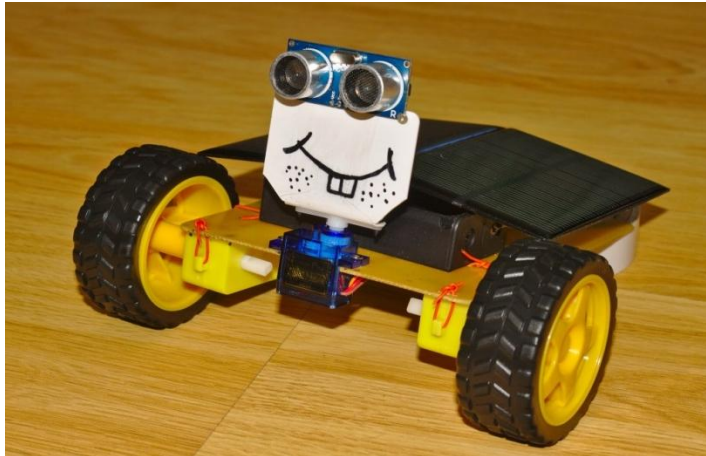


Рис. 6. Робототехнічна система автоматичного пошуку джерела світла

**Висновки.** Здійснено реалізацію робототехнічної системи на базі платформи Arduino Uno R3 CH340 (ATmega328). Дана система може автоматично шукати світло, перемішуватися оминаючи перешкоди та підзаряджати вбудовані акумулятори.

**Список використаних джерел.**

1. Новини робототехніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://robotics.ua/news> (Дата звернення 29.03.17 р.).
2. Роботи для розвитку дітей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://babytoys.ua/uk/> (Дата звернення 30.03.17 р.).
3. Роботи — пилесоси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aks.ua/> (Дата звернення 25.03.17 р.).
4. BOSTON DYNAMICS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hi-news.ru/tag/boston-dynamics> (Дата звернення 20.03.17 р.).
5. Виникнення й розвиток сучасної робототехніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://wiki.kspu.kr.ua/index.php/Виникнення\\_й\\_розвиток\\_сучасної\\_робототехніки](http://wiki.kspu.kr.ua/index.php/Виникнення_й_розвиток_сучасної_робототехніки) ((Дата звернення 31.03.17 р.).
6. Автономний робот [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Автономний\\_робот](https://uk.wikipedia.org/wiki/Автономний_робот) (Дата звернення 31.03.17 р.).
7. Робототехніка в Україні: разработки и перспективы [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dou.ua/lenta/articles/robotics-in-ukraine/> (Дата звернення 31.03.17 р.).
8. Arduino для начинающих [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://edurobots.ru/2014/04/arduino-servoprivod/> (Дата звернення 20.03.17 р.).
9. Ультразвуковой дальномер HC-SR04 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module> (Дата звернення 21.03.17 р.).