

УДК 004.896

С.А. Губіш, П.С. Шолом, О.К. Каганюк  
Луцький національний технічний університет

## МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ POLOLU ЗРІ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОБХОДУ ПЕРЕШКОД

*Встановлено можливість модернізації робототехнічної системи шляхом додавання додаткових датчиків; визначено найоптимальніший спосіб кріплення інфрачервоних датчиків відстані на корпусі мобільного агента; розроблено програмне забезпечення для удосконаленої системи та здійснено перевірку її роботи.*

**Ключові поняття:** мобільний агент Pololu Zri, датчик відстані, обхід перешкод, модернізація робота  
*Табл. 1. Рис. 7. Літ. 8*

**Постановка проблеми.** Ключовою галуззю науки та техніки розвинених країн світу виступає робототехніка. Вона орієнтована на створення роботів та робототехнічних систем, призначених для автоматизації складних технологічних процесів і операцій, в тому числі таких, які виконуються в недетермінованих умовах для заміни людини при виконанні важких, неприємних та небезпечних робіт. Ця галузь в даний час є однією з рушійних сил, що визначають прогрес у багатьох сферах, таких як автоматизація виробництва, медицина, космос, військова справа тощо. Дуже важливим аспектом в робототехніці є орієнтація робототехнічних систем у просторі, зокрема для контролю заданих параметрів деталей під час виробництва. Досить часто виникає потреба обходу перешкод, які зустрічаються на шляху, наприклад, під час переміщення вантажів, чи дослідження невідомої раніше частини простору.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Згідно даних Міжнародної федерації робототехніки, в 2008 році світовий ринок промислової робототехніки нараховував еквівалент більше п'яти мільярдів доларів. За прогнозами спеціалістів на період до 2020 року він буде оцінюватись у п'ятсот мільярдів доларів. Ще на початку 2007 року Білл Гейтс сказав, що нинішнє поширення робототехніки аналогічне до розвитку персональних комп'ютерів у 70-ті роки.

В історії розвитку роботів умовно виділяють чотири основні етапи.

Перший історичний етап характеризується великою кількістю міфів і легенд про механічних істот, а також створенням перших людиноподібних автоматів – андроїдів.

Другий етап розвитку робототехніки характеризується, з однієї сторони, розквітом технічного мистецтва створення складних автоматичних пристроїв, здатних відтворювати функції тварин і людини; з іншої – початком розробки та впровадження в промислове виробництво ефективних технологічних пристроїв і верстатів-автоматів. Одночасно в цей період починають формуватися відповідні наукові напрями, заявляє про себе обчислювальна техніка.

Третій етап характерний загальним означенням терміну «робот», розробкою і використанням для потреб людини прямих попередників сучасних роботів – дистанційних маніпуляторів і програмованих автоматичних пристроїв маніпуляційного типу, а також стрімким розвитком наукових і прикладних основ обчислювальної техніки та кібернетики. Цей потужний науково-технічний потенціал вивів на старт сучасну робототехніку.

Четвертий історичний етап може бути в цілому названий етапом сучасної робототехніки. Він характеризується розробкою та створенням досконалих роботів, керованих ЕОМ, що мають прикладне призначення як в промисловому виробництві, так і в наукових дослідженнях, остаточним формуванням робототехніки в єдиний науково-технічний напрям. У даний час робототехніка є одним з перспективних напрямків науково-технічного прогресу, в якому проблеми розвитку механіки та нових технологій поєднуються з проблемами штучного інтелекту [4].

Стрімкий розвиток робототехніки можливий лише на основі праць дослідників, які займаються у цій галузі. Вивченням систем автоматичного, автоматизованого і ручного керування роботами та іншими засобами робототехніки, а також технічними системами і комплексами, що містять ці засоби, займались Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф., Тайар Ж.-П. [7], Корендясев А.І. [6] та ін. Зокрема, у роботі Джона Вільямса [8] детально розглядаються елементи схем, що використовуються у пристроях числового програмного управління (ЧПУ): інтегральні мікросхеми, контролери крокових двигунів та самі двигуни, мостові драйвери та інші елементи; описано технологію виготовлення друкованих плат в домашніх умовах методом термічного переносу

електрографічного зображення з паперу на поверхню фольгованого пластику; наводяться різні схеми управління кроковими двигунами та відповідне програмне забезпечення тощо.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Залишаються актуальними питання про впровадження роботів у повсякденне життя та виконання ними спеціальних завдань. Для деяких із них, перш за все, необхідно «навчити» робота орієнтуватися в просторі.

**Метою дослідження** є встановлення можливості модернізації робототехнічної системи шляхом додавання додаткових датчиків; визначення найоптимальнішого способу кріплення інфрачервоних датчиків відстані на корпусі мобільного агента; розробка програмного забезпечення для удосконаленої системи та перевірка її роботи.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Робот Pololu 3pi (рис. 1) є повною, високоефективною мобільною платформою, що керується C/C++ програмованим мікроконтролером ATmega328P фірми Atmel. Система працює на тактовій частоті 20 МГц і має 32 КБ флеш-пам'яті програм, 2 КБ оперативної та 1 КБ постійної пам'яті EEPROM. Робот є невеликим за розміром (9.5 см у діаметрі) та вагою (83 г без акумуляторів). Унікальна система живлення подає на двигуни постійний струм величиною 9.25 В незалежно від рівня заряду батареї. Регулювання напруги дозволяє роботу досягати швидкості 1 м/с, роблячи при цьому точні повороти та обертання.

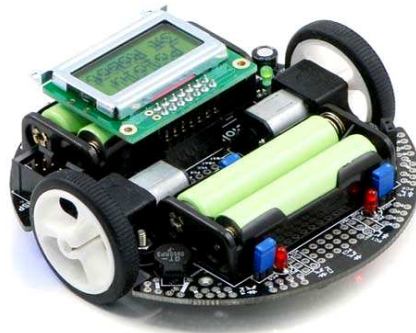


Рис. 1. Робототехнічна система Pololu 3pi

Мобільна система включає в себе такі компоненти (рис. 2, 3):

- два металевих двигуна-редуктора (з передаточним числом 30:1);
- п'ять QTR-RC датчиків відбиття та схему управління ними;
- знімний 8x2 LCD дисплей (2 рядки з 8-ма символами у кожному з них);
- п'єзоелектричний зумер та потенціометр;
- п'ять користувачьких світлодіодів (3 зверху та 2 знизу);
- два світлодіоди для індикації живлення;
- три користувачькі кнопки (A, B і C), кнопки RESET та POWER;
- ISP роз'єм для програматора;
- роз'єм для підключення зарядного пристрою батареї;
- регулятор контрастності LCD дисплею, мікроконтролер ATmega328P;
- відсіки для акумуляторів та легкий круглий пластиковий ролик;
- лінійний та імпульсний стабілізатори напруги;
- схема визначення рівня заряду батарей.

Популярний та безкоштовний GNU C/C++ компілятор відмінно працює з роботом, програма AVR Studio компанії Atmel надає комфортне середовище розробки, а великий набір бібліотек, що пропонуються розробниками, робить комунікацію з усім інтегрованим обладнанням досить простою. Застосування мікроконтролерів ATmegaхх8 дозволяє системі 3pi бути сумісною з популярною платформою розробки Arduino. Незважаючи на свою завершеність та самодостатність, конструкція робота Pololu 3pi дає можливість оновлювати і допрацьовувати його, додаючи нові сенсори, датчики та інші модулі [1].

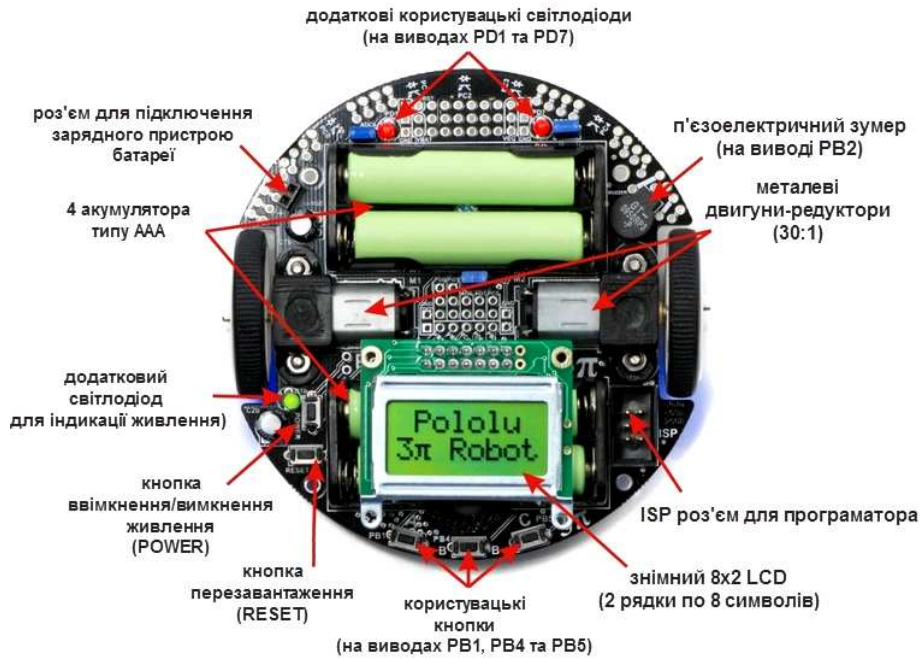


Рис. 2. Компоненти системи Pololu 3pi (вигляд зверху)

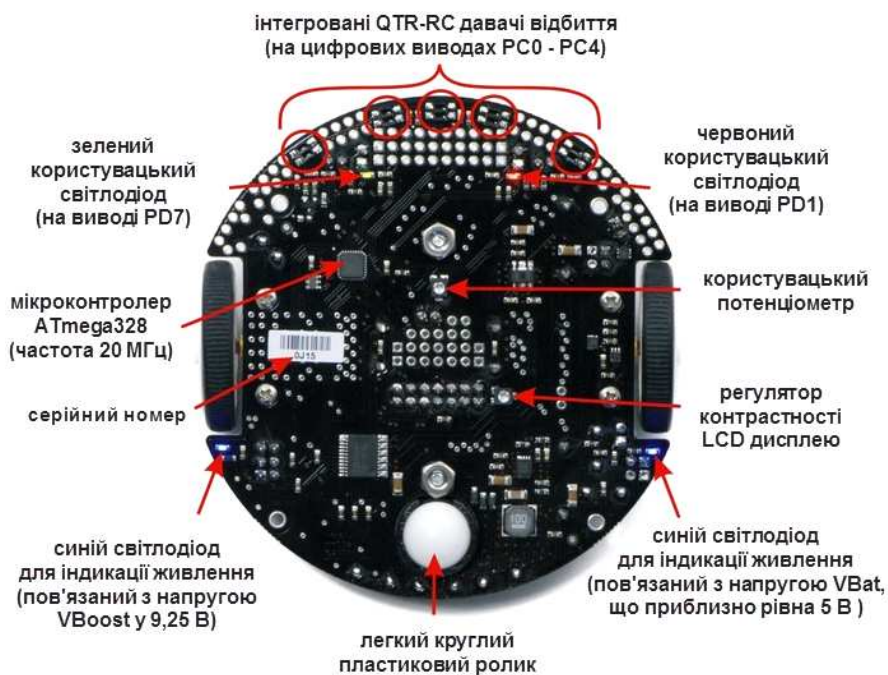


Рис. 3. Компоненти системи Pololu 3pi (вигляд знизу)

Оскільки система дозволяє додавати нові компоненти, тому її було проаналізовано на можливість модернізації і виявлено, що робот Pololu 3pi має чотири незадіяних цифрових виходів та один аналогово-цифровий. Додатково можна програмно «звільнити» ще два аналогово-цифрових входи.

Для вирішення поставленого завдання використано два аналогових давача відстані (тобто необхідно задіяти два аналогово-цифрових входи).

Один вихід по-замовчуванню є вільним для користувача – це є вихід AD7. Додатково можна звільнити вихід AD6, який використовується по-замовчуванню для вимірювання поточного заряду акумуляторів. Для цього потрібно зняти джампер ADC6 (рис. 4), який розриває коло тієї частини схеми (рис. 5), яка вимірює напругу акумуляторних батарей.

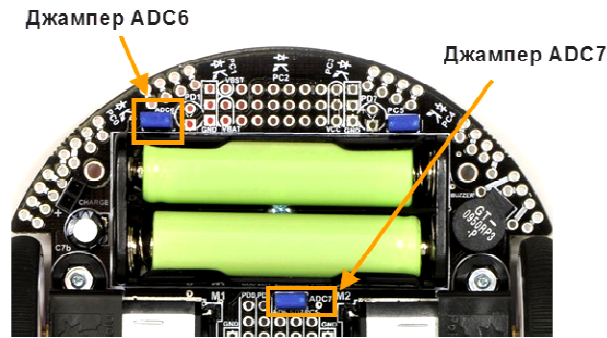


Рис. 4. Джампер ADC6 та ADC7

Також для того, щоб вихід AD7 почав працювати не як цифровий вихід, а як аналоговий необхідно зняти джампер ADC7 (рис. 4)

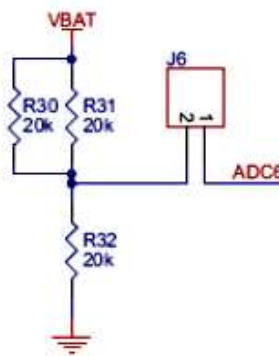


Рис. 5. Схема вимірювання напруги акумуляторних батарей

Звільняти вихід PC5 не варто, оскільки він використовується для живлення випромінювачів інфрачервоних датчиків кольору, які використовуються для слідування по лінії, що є важливою функціональною частиною роботизованої системи Pololu 3pi для вирішення поставленого завдання.

Отже, апаратна платформа мобільного агента Pololu 3pi дозволяє встановити два аналогових датчики відстані не відмовляючись від необхідного для даного завдання базового функціоналу.

Для розв'язання поставленої задачі використано датчик відстані Sharp GP2Y0A21YK0F, який має розміри 29.5×13.0×13.5 мм та два отвори для кріплення.

Є кілька способів кріплення датчиків на роботизованих системах, що відображено у таблиці 1: фронтальний (використовується для розпізнавання перешкод на шляху робота), боковий (використовується для розпізнавання бокових поворотів, місць для маневрування чи закінчення перешкоди), діагональний (можливе детектування як бокових, так і фронтальних перешкод з певними обмеженнями по розміщенню та «сліпими зонами») та перехресний (на відміну від діагонального розміщення виключає «сліпу зону» датчиків відстані).

Таблиця 1. Схематичне представлення можливих типів кріплень на платформі робота

Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4

«Сліпа зона» давача відстані – це така зона, де на невеликих відстанях давач не може її виміряти або його виміри є некоректними. «Сліпа зона» давача Sharp GP2Y0A21YK0F знаходиться в діапазоні 0 – 6 см, що можна визначити із графіку залежності напруги від відстані до перешкоди чи графіку залежності напруги від величини, оберненої до цієї відстані.

Проаналізувавши різні типи кріплення давачів було обрано змішаний тип: фронтальний та діагональний. Фронтальний давач буде визначати перешкоду перед роботом, а діагональний – відстань до неї при її об'їзді. Перехресний тип кріплення давача для усунення «сліпої зони» використаний бути не може у зв'язку з конструктивними особливостями платформи роботизованої системи Pololu 3pi. Розміщення давачів на мобільному агенту Pololu 3pi зображено на рисунку 6.



Рис. 6. Розміщення давачів відстані на мобільному агенту Pololu 3pi

Внаслідок такого розміщення давачів робот має «сліпу зону», яка складає 6 см від його основи. Це означає, що він не зможе коректно об'їхати перешкоду, яка від нього за розмірами (розмір робота 9,5 см в діаметрі)

Для розробки програмного забезпечення було використано середовище розробки AVR Studio. Програмний код написано мовою C.

Розроблений алгоритм об'їзду перешкод включає наступні кроки [2]:

1. Слідування по лінії (рис. 7), використовуючи давачі кольору, що розміщені під роботом в передній його частині; разом з цим фронтальним давачем відстані відбувається аналіз простору попереду робота на наявність перешкоди.
2. В разі виявлення перешкоди робот зупиняється на запрограмованій від неї відстані та видає звуковий сигнал.
3. Призупиняється алгоритм, який забезпечує рух по лінії. Мобільний агент повертається на 90° вправо.
4. Керуючись даними, які поступають від діагонального давача відстані, робот здійснює плавний об'їзд перешкоди, одночасно скануючи поверхню треку на наявність лінії.
5. При виявленні давачами кольору лінії, рух по ній відновлюється.

Для реалізації об'їзду перешкоди на безпечній відстані було використано ПД-регулятори, які забезпечують підтримку встановленої відстані до краю перешкоди [3].

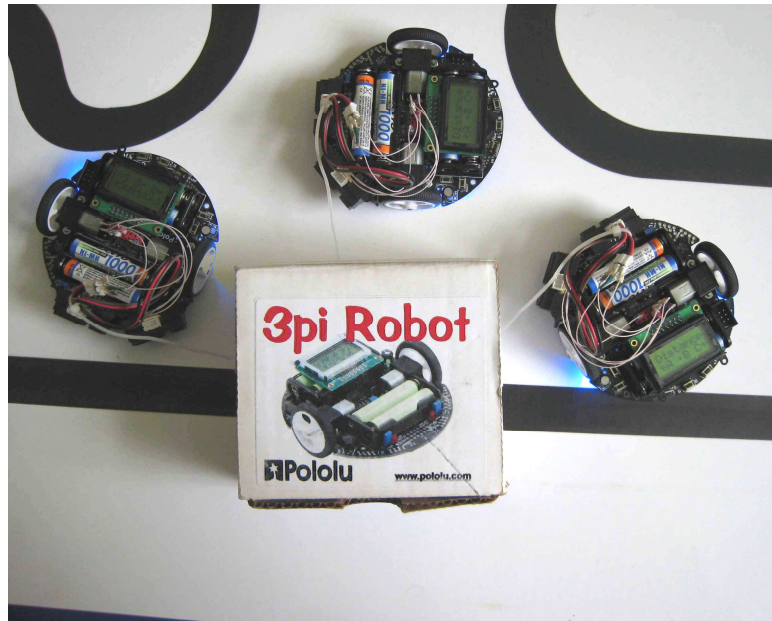


Рис. 7. Об'їзд перешкоди за правилом «лівої руки»

**Висновки.** У даній роботі було досліджено робототехнічну систему Pololu 3pi на можливість встановлення давачів відстані та використання системи для вирішення завдання об'їзду перешкод під час руху по траєкторії; у середовищі AVR Studio розроблено програмне забезпечення для мобільного агента Pololu 3pi та алгоритм, який реалізує слідування по траєкторії з перешкодами.

1. Pololu 3pi Robot User's Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pololu.com/docs/OJ21>.
2. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001 – 616 с.
3. Astrorn K.J. and Hagglund T. Advanced PID control. – ISA – The Instrumentation, Sysytem, and Automation Society, 2006 – 460 p.
4. Мартинюк О.С. Методичні аспекти навчання студентів-фізиків основам робототехніки / О.С. Мартинюк // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка. – Чернігів: РВВ ЧНПУ ім. Т.Г.Шевченка, 2012. – С. 50-53
5. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001 –168 с.
6. Корендяев А.И. Теоретические основы робототехники. Книга 1. – М.: Наука, 2006 г. – 383 с.
7. Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф., Тайар Ж.-П. Конструирование роботов. – М.: Мир, 1986г. – 360 с.
8. Вильямс Дж. Программируемые роботы. Создаем робота для своей домашней мастерской / Пер. с англ. А. Ю. Карцева – М.: НТ Пресс, 2006. – 240 с.