

УДК 004.896

П.М. Черкасець, П.С. Шолом, О.К. Каганюк  
Луцький національний технічний університет

## ПІДСИСТЕМА ЗЧИТУВАННЯ ШТРИХ-КОДІВ МОБІЛЬНОГО АГЕНТА POLOLU ЗРІ

**Черкасець П.М., Шолом П.С., Каганюк О.К.** Підсистема зчитування штрих-кодів мобільного агента Pololu Zpi. Розглянуто різні види технологій штрихового кодування як способу підвищення точності та швидкості збору інформації на кожній із ланок логістичного ланцюга. Розроблено програмне забезпечення для підсистеми зчитування штрих-кодів та здійснено перевірку його роботи.

**Ключові поняття:** мобільний агент Pololu Zpi, давач відбиття, штрих-код, програмне забезпечення

**Рис. 6. Літ. 8**

**Черкасець П.Н., Шолом П.С., Каганюк А.К.** Подсистема чтения штрих-кодов мобильного агента Pololu Zpi. Рассмотрены различные виды технологий штрихового кодирования как способа повышения точности и скорости сбора информации на каждой из звеньев логистической цепи. Разработано программное обеспечение для подсистемы считывания штрих-кодов и осуществлена проверка его работы.

**Ключевые понятия:** мобильный агент Pololu Zpi, датчик отражения, штрих-код, программное обеспечение

**Рис. 6. Лит. 8**

**Petro M. Cherkasets, Pavlo S. Sholom, Oleksii K. Kahaniuk.** Mobile agent Pololu Zpi barcode reading subsystem. Different types of barcode technology as a way to improve the information gathering accuracy and speed in each of the logistics chain links were considered. The software for the barcode reading subsystem was developed and a proof of its work was done.

**Keywords:** Pololu Zpi mobile agent, reflectance sensor, barcode, software

**Fig. 6. Ref. 8**

**Постановка проблеми.** Розробка новітніх технологій стала важливим напрямком у розвитку передових країн. Проте для виробництва на їх основі високотехнологічних товарів і послуг та виходу з ними на світові ринки необхідне використання на підприємствах передових технічних та програмних засобів автоматизації. Саме тому автоматизація та робототехніка є одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості в усіх розвинених країнах. Дана галузь є важливою також і в міжнародних програмах розвитку науково-технічного потенціалу. Використання роботів дозволяє полегшити або зовсім замінити людську працю на виробництві, в будівництві, при рутинній роботі, на роботах із важкими вантажами, шкідливими матеріалами, а також в інших складних або небезпечних для людини умовах. Однією із задач, яку дозволяє вирішити робототехніка є автоматизація сканування штрих-кодів товарів у виробництві, торгівлі, складському господарстві. Через кожен ланку логістичного ланцюга проходить велика кількість одиниць товарів. При цьому усередині кожної ланки товари неодноразово переміщуються по місцях зберігання та обробки. Уся система руху товарів – це безперервно пульсуючі дискретні потоки, швидкість яких залежить як від потенціалу (потужності) виробництва, ритмічності поставок, розмірів наявних запасів, так і від швидкості реалізації та споживання. Для того, щоб мати можливість ефективно управляти цією динамічною логістичною системою, необхідно в будь-який момент часу мати інформацію в детальному асортименті про матеріальні потоки, що входять і виходять з неї, а також про матеріальні потоки, що циркулюють всередині системи. Як свідчить зарубіжний і вітчизняний досвід, дана проблема вирішується шляхом використання при здійсненні логістичних операцій з матеріальним потоком мікропроцесорної техніки, здатної ідентифікувати (розпізнати) окрему вантажну одиницю [1].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Проблема штучного інтелекту в науці XXI століття охопила широке коло досліджень, пов'язаних зі створенням штучного аналогу інтелекту людини, розробкою так званого «суперінтелекту»; моделюванням окремих функцій і структур психіки; робототехнікою; впливом існуючих та потенційно можливих систем штучного інтелекту на людину та суспільство тощо. Результати досліджень у галузях обчислювальної техніки, кібернетики, синергетики, неврології, психології, лінгвістики, біо- та нанотехнологій дають змогу зробити прогнози на майбутнє стосовно розвитку штучного інтелекту та робототехніки як прикладної науки, що займається розробкою інтелектуальних технічних систем.

Над розробкою робото-технічних комплексів, особливо широкого призначення, працює ряд фахівців багатьох наукових та інженерно-конструкторських спеціальностей в Україні. В основі – методи штучного інтелекту та комп'ютерних наук [2]. 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. [3], Корендяєв А.І. [4] та ін. Зокрема, у роботі Джона Вільямса [5] 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 [6].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** З розвитком інформаційної технології все частіше постає питання миттєвого та надійного введення інформації про товар в ЕОМ для подальшого швидкого вирішення завдань, пов'язаних з фіксацією факту його надходження, отримання, відвантаження, продажу, передачі на наступні етапи руху тощо. Швидкість введення штрихового коду в порівнянні зі швидкістю вводу символів зростає в 1,5 – 2 рази, а достовірність даних підвищується на кілька порядків. Тому залишаються актуальними питання про впровадження роботів для ідентифікації окремої одиниці товару у виробництві, торгівлі, складському господарстві.

**Метою дослідження** є визначення оптимального варіанту кодування символу у вигляді штрих-коду та розробка підсистеми його зчитування на базі робото-технічної системи Pololu 3pi.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Для сканування (зчитування) різноманітних штрихових кодів необхідне спеціальне обладнання. Воно дозволяє отримувати інформацію про логістичні операції в момент і в місці їх здійснення – на складах промислових підприємств, оптових баз, магазинів, на транспорті. Отримана інформація обробляється в режимі реального масштабу часу, що дозволяє керуючій системі реагувати на неї в оптимальні терміни. Автоматизований збір інформації заснований на використанні штрихових кодів різних видів [1]. Підсистема зчитування включає в себе програмне та апаратне забезпечення. Роботу виконано на основі мобільного агента Pololu 3pi. Робот – це автоматичний пристрій з антропоморфною дією, яка частково або повністю замінює людину при виконанні робіт у небезпечних для життя умовах або при відносній недоступності об'єкта; автоматична автономна машина, яка здатна самостійно приймати та реалізовувати на фізичному рівні рішення в певних класах ситуацій, для функціонування в яких вона призначена; спеціальна програма для автоматизації рутинних завдань, яка найчастіше використовується в мережі Internet; людина або звіроподібна іграшка, здатна імітувати рухи живої істоти (такі пристрої виготовляються, зазвичай, для демонстрації досягнень в області мікроелектроніки та точної механіки).

Робот може управлятися оператором, або працювати по заздалегідь складеній програмі.

Робот Pololu 3pi 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.

Мобільна система включає в себе такі компоненти (рис. 1, 2):

- 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 Зрі бути сумісною з популярною платформою розробки Arduino. Незважаючи на свою завершеність та самодостатність, конструкція робота Pololu Зрі дає можливість оновлювати і допрацьовувати його, додаючи нові сенсори, давачі та інші модулі [7].

Розроблено програму, яка забезпечує рух робота по лінії. Визначення поточного положення системи Pololu Зрі здійснюється на основі даних від 5-ти давачів інфрачервоного випромінювання, що розташовані під платформою мобільного агента (рис. 2). Перед початком руху робота проводиться калібрування його давачів. Робот здійснює повороти ліворуч та праворуч на 90° відносно свого початкового положення, під час чого відбувається зчитування давачами даних із підстилаючої поверхні. Для кожного давача до ОЗП заноситься своє мінімальне та максимальне значення, що дає змогу отримати діапазон, який розбивається таким чином, щоб сформувати масив в межах від 0 до 1000. Оскільки такий масив формується для кожного давача окремо, то процес калібрування дозволяє усунути відмінності між давачами.

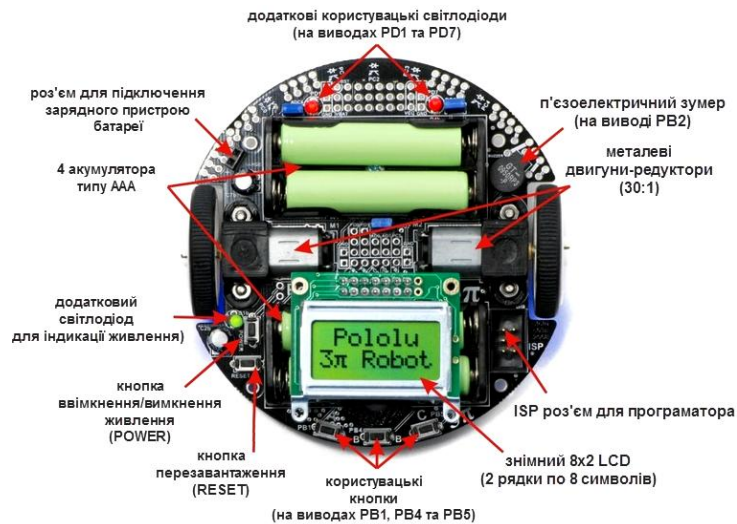


Рис. 1. Компоненти системи Pololu Зрі (вигляд зверху)

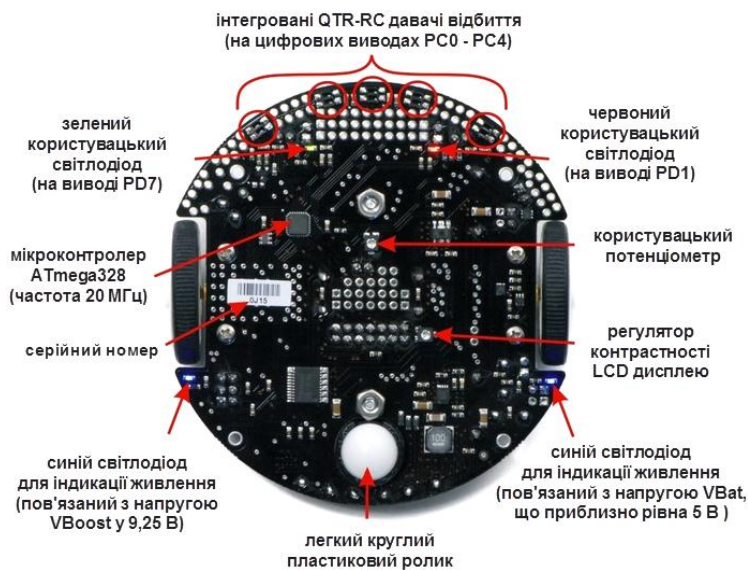


Рис. 2. Компоненти системи Pololu Зрі (вигляд знизу)

Оцінка положення робота відносно лінії здійснюється шляхом використання середньозважених індексів давачів, помножених на 1000. Нумерація давачів починається з нуля і проводиться зліва-направо [8]. Значення 0, повернене за цією формулою, означає, що лінія знаходиться безпосередньо під давачем 0, а повернене значення 1000 означає, що лінія розташована безпосередньо під давачем 1 і т.д. Проміжні значення показують, що лінія знаходиться між двома давачами. Максимальне значення, яке може повертатися за даною формулою, становить 4000 і означає, що 4-ий давач розташовано над лінією або ж ліворуч від неї, мінімальне – 0, тобто 0-ий давач знаходиться над лінією чи праворуч від неї.

Оскільки давачі робота 3рі розташовані не далеко один від одного по відношенню до ширини лінії (рис. 2), то значення, що повертається за формулою середньозважених індексів давачів, буде монотонним. Це дає змогу забезпечити необхідну точність для формування керуючого сигналу ПД-регулятором, який, у свою чергу, забезпечує необхідну точність визначення нового положення робота відносно лінії. Отже, дана підсистема дозволяє забезпечити необхідну точність руху робота по лінії [8].

Було розглянуто різні способи кодування інформації. Використання двомірного кодування є не доцільним, оскільки концепція зчитування такого коду перевищує можливості апаратної складової. Використання лінійного типу кодування (EAN, UPC, Code39 тощо) створює менше проблем при реалізації зчитування закодованого символу у порівнянні з двомірним, проте викликає ряд специфічних помилок, яких уникнути не можливо. Основною проблемою є те, що робот повинен рухатись перпендикулярно до ліній штрих-коду (рис. 3а), щоб результати його зчитування були достовірними.

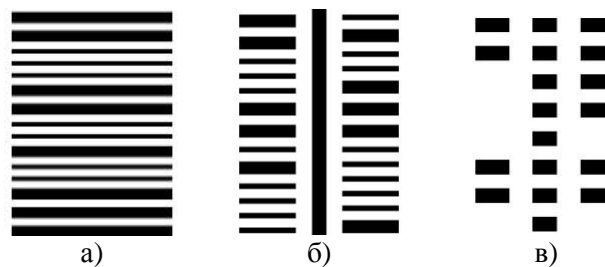


Рис. 3. Типовий вигляд штрих-коду:

а) – лінійного; б) – лінійного із центральною лінією; в) – лінійного із центральною лінією, розділеною на блоки

Щоб забезпечити перпендикулярність руху до ліній, вирішено додати центральну лінію для орієнтації руху робота (рис. 3б). Підсистема визначення положення робота відносно лінії забезпечує його точний перпендикулярний рух до ліній штрих-коду. Проте у цій підсистемі для слідування робота по лінії використовуються лише три середніх давача відбиття. Зміна плавності руху мобільного агента по лінії непомітна, оскільки лінія пряма. Два крайніх давача використовуються для зчитування штрихів, які розташовані по обидва боки лінії.

Хоча таке представлення дозволяє кодувати в два рази більше інформації (оскільки елементи штрих-коду вже розташовані по обидва боки лінії), проте ще залишилися проблеми, пов'язані з тим, що ширина штрихів є різною і розташовані вони не один навпроти одного, а хаотично. Це вимагає залучення додаткових електронних компонентів у систему. Тому вирішено розбити середню лінію на блоки і навпроти кожного з них розставити штрихи такої ж самої висоти. Таке представлення дозволить роботу відрізнити кінець одного штриха від початку іншого (рис. 3в). Наявність або відсутність бокового штриха кодується як 0 і 1 відповідно.

Щоб побудувати трек із вище описаним штрих-кодом, використано програму barcode generator utility, яка призначена для генерування штрих-коду із символів латинського алфавіту. Програма здійснює перетворення будь-якого слова у файл із розширенням \*.ppm. Ці файли можна відкрити та роздрукувати за допомогою графічного редактора GIMP. Після запуску програми на екрані з'явиться консольне вікно із запитом ввести стрічку для кодування (наприклад, «computer»). Далі необхідно задати ім'я вихідного файлу (розширення задавати не потрібно). Після виконання програми у поточному каталозі буде створено два файли (один файл на чотири символи), які містять потрібні штрих-коди.

Створені файли можна відкрити за допомогою графічного редактора GIMP. Штрих-код для слова «computer» складається для двох частин: «comp» та «uter» (рис. 4). Крапка у верхньому лівому кутку означає початок штрих-коду.

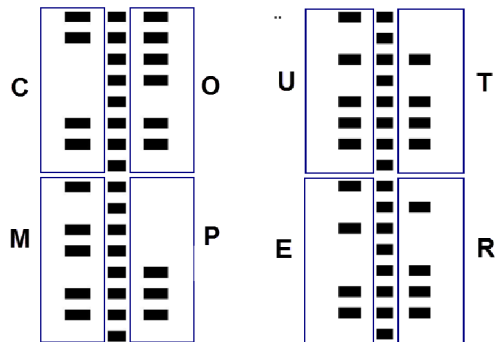


Рис. 4. Штрих-код для слова «computer»

Як видно з рисунка 4, кожен файл, створений програмою encoder.exe, містить по 4 символи. Зображення цих символів представлено шістнадцятьма горизонтальними штрихами по центру. Для того, щоб закодувати кожен символ таблиці ASCII, достатньо лише восьми бітів. Тому вісім штрихів здатні закодувати будь-яке слово. Розроблено програму зчитування цих кодів з треку роботом та їх декодування у символи, що відображаються на дисплеї системи (рис. 5). Програма завантажується у мікроконтролер за допомогою програматора USB AVR Programmer. Для розробки програмного забезпечення використано середовище розробки AVR Studio. Програмний код написано мовою C.



Рис. 5. Відображення символів на дисплеї робота

На рисунку 6 зображено мобільний агент Pololu 3pi у процесі зчитування штрих-коду.

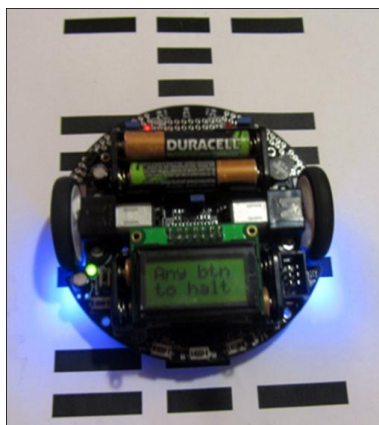


Рис. 6. Зчитування штрих-коду роботом із поверхні треку

**Висновки.** Розроблено програмне забезпечення для мобільного агента Pololu 3pi та алгоритм, що реалізує можливість зчитування нанесеного на трек штрих-коду та перетворення його назад у символи латинського алфавіту. Дана підсистема може бути прототипом для розробки складніших систем. Наприклад, роботів, що здатні навантажувати/відвантажувати деталі машин у

конкретне місце під час складального процесу, зчитуючи давачами штрих-код на деталі. Проте така система потребує складнішого апаратного та програмного забезпечення.

#### **Список використаних джерел.**

1. Никифоров В.В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок. – М.: ГроссМедиа, 2008. – 192 с.
2. Сучасний стан та перспективи розвитку робототехніки в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://oldconf.neasmo.org.ua/node/2298>.
3. Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф., Тайар Ж.-П. Конструирование роботов. – М.: Мир, 1986. – 360 с.
4. Корендяев А.И. Теоретические основы робототехники. Книга 1. – М.: Наука, 2006. – 383 с.
5. Вильямс Дж. Программируемые роботы. Создаем робота для своей домашней мастерской / Пер. с англ. А. Ю. Карцева – М.: НТ Пресс, 2006. – 240 с.
6. Губіш С.А. Модернізація системи Pololu 3рі для розв'язання задачі обходу перешкод. / С.А. Губіш, П.С. Шолом, О.К. Каганюк // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» – Луцьк: Видавництво Луцького НТУ. Вип. 12. – 2013. – С. 153-158.
7. Pololu 3рі Robot User's Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pololu.com/docs/0J21>
8. Шолом П.С., Здолбіцька Н.В. Пропорційно-інтегрально-диференціальне управління стабільністю руху мобільного агента 3рі по заданій траєкторії / П.С. Шолом, Н.В. Здолбіцька // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» – Луцьк: Видавництво Луцького НТУ. – Вип. 8. – 2012. – С. 125–129.