

# Konstrukcja robota mobilnego w systemach wspomagania projektowania

## Mobile robot's construction in CAD/CAM systems

ANDRZEJ PIOTROWSKI \*

Materiały z XX SKWPIE, Jurata 2016 r.  
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.177

Przedstawiono konstrukcję mechaniczną i elektryczną zdalnie sterowanego małego mobilnego robota gaśnicowego. Opisano budowę układu sterowania wykorzystującego mikrokomputer Raspberry Pi 2 oraz oprogramowanie opracowane w języku Python.

**SŁOWA KLUCZOWE:** robot mobilny, układ sterowania, Raspberry Pi 2, systemy CAD/CAM/CAE.

*The mechanical and electrical construction of the small remote controlled mobile robot was presented. The control system based on a microcomputer Raspberry Pi 2 and software developed in Python language was described.*

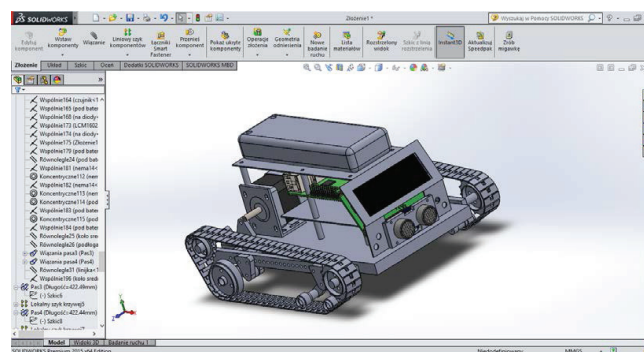
**KEYWORDS:** mobile robot, control system, Raspberry Pi 2, CAD/CAM/CAE

W początkach XXI w. bardzo popularne stały się sterowane na odległość różnego rodzaju urządzenia: samochody, samoloty, łodzie, roboty itp., wyposażone w sztuczną inteligencję, nad którymi zdalną kontrolę sprawuje operator. Ich zadaniem jest zastąpienie człowieka w miejscach, gdzie przebywanie jest niebezpieczne lub niemożliwe. Cechą charakterystyczną klasycznych robotów mobilnych jest podział na dwie współpracujące ze sobą części. Pierwsza to układ sterujący robota zbudowany z wykorzystaniem mikrokomputera lub mikrokontrolera pełniący rolę klienta oraz układ sterowania składający się z manipulatora oraz zaawansowanego komputera pełniącego rolę serwera. Oba układy sterowania połączone są bezprzewodowo lub klasycznym medium przewodowym. Rosnąca popularność robotów mobilnych skutkuje dużą liczbą konkursów „marsjańskich”. Elementem charakterystycznym prezentowanych projektów jest ich wysoka cena i skomplikowana konstrukcja. Na przekór tym tendencjom w ITM na Politechnice Częstochowskiej podjęto prace nad opracowaniem niewielkiego, taniego robota mobilnego wyposażonego w zaawansowany układ sterowania i rozwiązania *open-source*.

### Założenia projektu

Analizując konstrukcje robotów mobilnych, można je podzielić na dwie podstawowe grupy. Pierwsza to pojazdy wykorzystujące układ jezdny kołowy z trzema lub więcej kołami, przy czym minimum jedno to koło skrętne umożliwiające obrót pojazdu. Regułą jest niezależne dla każdego koła zawieszenie i amortyzacja. Wadą stosowania napędu kołowego jest stosunkowo duży promień skrętu oraz kłopoty z pokonywaniem miękkiego oraz pylistego podłoża. Dlatego planując konstrukcję mobilnego robota, podjęto decyzję o wykorzystaniu napędu gąsienicowego. Gąsienice tworzą dla kół wirtualną drogę, po której się poruszają, co ułatwia pokonywanie trudnego terenu. Ciężar pojazdu jest równomiernie rozkładany na całą szerokość gąsienic. Zakładając niezależne sterowanie każdej gąsienicy, otrzymujemy możliwość skręcania w miejscu. Kolejne kryteria to masa i wielkość pojazdu. Założono budowę łoża o maks. wymiarach 250 x 200 x 150 mm i masie ok. 4 kg (rys. 1). W celu minimalizacji kosztów w konstrukcji prototypu

\* Dr inż. Andrzej Piotrowski (apiotr@itm.pcz.pl) – Politechnika Częstochowska



Rys. 1. Trójwymiarowy model robota mobilnego w programie SolidWorks

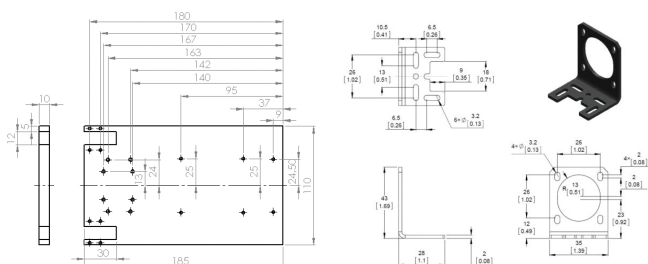
wykorzystano ogólnie dostępne w handlu, gotowe elementy modelarskie: koła, gąsienice, ogniwa itp. Brakujące elementy konstrukcyjne wykonane zostały z tworzywa sztucznego. Bazą układu sterowania jest mikrokomputer Raspberry Pi 2. Robot został wyposażony w moduł sterowania bezprzewodowego, czujniki zbliżeniowe, kamerę, diody doświetlające teren oraz akumulator wystarczający do godzinnej pracy przy pełnym obciążeniu.

Konstrukcja robota mobilnego została opracowana w programie SolidWorks 2015 Premium. SolidWorks jest zaawansowanym zintegrowanym środowiskiem wspomaganie konstruowania i wytwarzania produkowanym przez firmę 3DS [11]. Podobnie jak większość nowoczesnych systemów oparty jest na zaawansowanym modelowaniu bryłowym 3D oraz na modelowaniu powierzchniowym. Cechą charakterystyczną oprogramowania jest możliwość sprawdzenia modelu 3D pod kątem poprawności kinematycznej współpracy elementów [11]. Dopiero po utworzeniu założeń konstrukcyjnych wykonywane są na podstawie modelu 3D rysunki konstrukcyjne (rys. 2).

### Konstrukcja mobilnego robota gaśnicowego

Podstawowym elementem mobilnego robota jest płyta podwozia stanowiąca bazę konstrukcyjną. Umieszczone są na niej wszystkie elementy elektro-elektroniczne i mechaniczne. Płyta to wycięty laserowo arkusz szkła akrylowego o wymiarach 110 x 180 mm i grubości 10 mm (rys. 2a). Wykonane w płycie otwory pozwalają na mocowanie elementów konstrukcyjnych przy pomocy klasycznych połączeń śrubowych. Silniki krokowe mocowane są do płyty głównej przy pomocy dedykowanych uchwytów typu L wykonanych z aluminium i przystosowanych do montażu elementów zgodnych ze standardem NEMA 14 (rys. 2b).

Układ jezdny robota został uproszczony do maksimum. Przeprowadzone w systemie SolidWorks analizy kinematyczne wykazały, że przy założonych wymiarach i masie pojazdu do prawidłowej pracy układu gąsienicowego wystarczy pojedyncze koło o większej i dwa koła o mniejszej średnicy zawieszane na wahaczu umieszczonym z przodu pojazdu (rys. 1 i 3) oraz duże koło jezdne i umieszczone nad nim koło napędzające z tyłu [7].



Rys. 2. Elementy robota w systemie CAD: a) płyta podwozia, b) mocowanie standardu NEMA 14



Rys. 3. Widok robota z przodu: 1) płyta podwozia, 2) gąsienica, 3) wahacz, 4) koło prowadzące, 5) koła napinające, 6) czujniki zbliżeniowe, 7) wyświetlacz LCD, 8) bateria zasilająca, 9) diody doświetlające, 10) diody kontrolne

Wahacze (rys. 3), podobnie jak płyta główna, zrobione zostały ze szkła akrylowego o grubości 4 mm [6]. Kolejne elementy konstrukcyjne to wspornik czujników zbliżeniowych, wspornik płyty głównej sterownika oraz elementy mocowania akumulatorów.

Do napędu robota wykorzystano dwa bipolarnie silniki krokowe o napięciu znamionowym 10V i rozdzielczości 200 kroków na obrót (obrót o 1,8° na każdy krok) [5]. Do sterowania silnikami krokowymi wykorzystano mikroprocesorowy układ A4988.

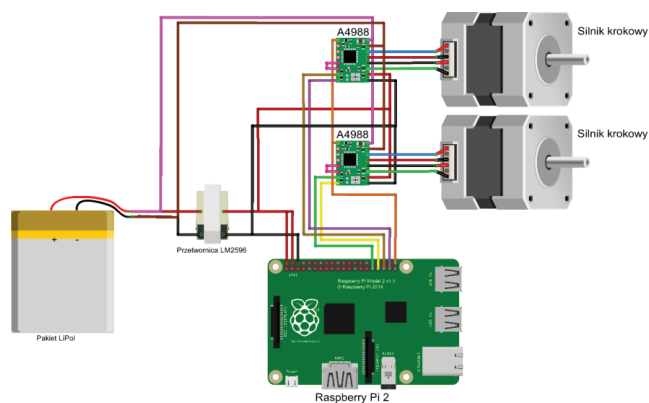
Napęd przenoszony jest z silników krokowych za pomocą prostego reduktora zbudowanego z dwóch kół zębatych osadzonych na kole napędowym i na wale silnika (13 i 48 zębów).

Z przodu robota umieszczono dwa czujniki zbliżeniowe HC-SR04. Umożliwiają one pomiar odległości w zakresie od 20 do 2000 mm z dokładnością 3 mm przy założeniu 30° kąta pomiaru [5]. Do pomiaru odległości wykorzystywana jest fala dźwiękowa o częstotliwości 40 kHz. Przeprowadzone próby jezdne wykazały wysoką czułość czujników ultradźwiękowych – robot automatycznie zatrzymywał się przed przeszkodą w zaprogramowanej odległości 300 mm [1, 5]. Wersja prototypowa robota została wyposażona w sterowany układem HD44780 ekran LCD (rys. 3) wyświetlający dane kontrolne i komunikaty systemowe [5,6].

## Układ sterowania

Cechą charakterystyczną opracowanego robota mobilnego jest odwrócenie ról układu sterowania. W klasycznych konstrukcjach rolę serwera pełni komputer zewnętrzny obsługiwany przez operatora. Robot (klient) wyposażony w uproszczony układ sterowania analizował i wykonywał rozkazy wydawane przez serwer. Taki układ był wymuszony rozmiarami układów mikrokomputerowych. Rozwój elektroniki przyczynił się do powstania komputerów wielkości karty kredytowej o dużych mocach obliczeniowych i dużej pamięci RAM [6, 10].

Sercem opracowanego robota jest mikrokomputer Raspberry Pi 2 [3, 4, 10]. Jest to druga wersja bardzo popularnego w świecie robotyki komputera Raspberry Pi. Największe zmiany to procesor Broadcom BCM2836 quad core Cortex A7 @ 900MHz, dwa razy większa pamięć RAM (1GB) oraz zmodyfikowane 40-pinowe złącze GPIO. Mikrokomputer został dodatkowo wyposażony w bezprzewodową kartę sieciową. Wydajność układu umożliwiła realizację planowanego odwrócenia zadań układu sterowania. Mikrokomputer Raspberry Pi 2 pełni rolę serwera, a komputer lub smartfon jest klientem.



Rys. 4. Schemat podłączenia sterowników A4988 i silników krokowych do złącza GPIO układu Raspberry Pi 2

Do pinów GPIO podłączono urządzenia elektro-elektroniczne robota (rys. 4). Wszystkie płytki drukujące wykorzystane w robocie zostały wykonane w programie Fritzing [7].

Mikrokomputer Raspberry Pi 2 pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Raspbian. Oprogramowanie, napisane w języku wysokiego poziomu Python [2, 9], składa się z dwóch modułów – serwera uruchamianego na mikrokomputerze Raspberry Pi 2 oraz klienta pracującego na komputerze operatora. Komunikacja odbywa się za pomocą bezprzewodowej sieci Wi-Fi w standardzie 802.11n i wykorzystuje protokół UDP.

## Podsumowanie

Wykorzystując zaawansowane systemy CAD/CAM/CAE: SolidWorks i Fritzing oraz oparte na licencji *open-source* narzędzia – Raspbian, Python – zaprojektowano i zbudowano prototyp małego robota mobilnego. Opracowany w programie SolidWorks 2015 model 3D umożliwił przeprowadzenie testów sprawdzających poprawność założeń projektowych. Potwierdzono ogromne możliwości układu Raspberry Pi do sterowania urządzeniami elektrycznymi i elektronicznymi. Koszt zbudowania prototypu zamknął się w kwocie ok. 850 zł, co stanowi ułamek ceny teoretycznie zaawansowanych robotów projektowanych przez korporacje oraz wystawianych na konkursach. Przy czym funkcjonalność jest praktycznie identyczna.

Konstrukcja pojazdu jest rozwojowa. Nowa, większa wersja robota będzie wyposażona w najnowszą wersję komputera Raspberry Pi 3. Robot zostanie rozbudowany o dwie kamery skanujące przestrzeń oraz dedykowane im oprogramowanie do analizy obrazu. Będzie podstawą do testowania algorytmów automatycznego znajdowania drogi w stałym i zmieniającym się otoczeniu.

## LITERATURA

1. Karvinen K., Karvinen T. „Czujniki dla początkujących”. Gliwice, HELION, 2015.
2. Monk S. „Raspberry Pi. Przewodnik dla programistów Pythona”. Gliwice, HELION, 2013.
3. Monk S. „Raspberry Pi. Receptury”. Gliwice, HELION, 2014.
4. Robinson A., Cook M. „Raspberry Pi. Najlepsze projekty”. Gliwice, Helion, 2014.
5. <http://botland.com.pl>: Sklep dla robotyków. Opisy i dane techniczne elementów użytych do budowy układu elektrycznego i elektronicznego łożyska, 2015.
6. <http://forum.arduino.cc>: Forum poświęcone tematyce mikrokomputerów. Opisy użycia elementów wykorzystanych do budowy modelu, 2015.
7. <http://www.fritzing.org>: Oprogramowanie dla elektroników, 2016.
8. <http://hpiracing.co.uk>: Dystrybutor części wykorzystanych w modelu, 2015.
9. <https://pl.python.org>: Opis języka Python, 2016.
10. <https://www.raspberrypi.org>: Strona poświęcona tematyce Raspberry Pi, 2016.
11. <http://www.solidworks.com>: 3 DS. Program CAD/CAM/CAE, 2016. ■