

Piotr KAMIŃSKI¹, Michał KAWIAK²

Opiekun naukowy: Robert DROBINA³

BIOBOT PAJĄK

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję, konstrukcję oraz opis przebiegu projektowania biobota pająka, jego strukturę i oprogramowanie sterownika warstwy motorycznej. W pracy przedstawiono dwa przykładowe rozwiązania konstrukcyjne. Opisano także przykładowe oprogramowanie sterujące dla kończyny biobota. W podsumowaniu przedstawiono możliwe kierunki rozwoju projektu.

Słowa kluczowe: Biobot, robot mobilny, żyroskop, serwomechanizm

BIOBOT SPIDER

Summary: This article presents the concept, construction and description of the spider biobot design solution, its structure and software of the motor controller. Moreover, it presents two exemplary solutions of its constructional form. Article describes also the software that controls limbs of biobot. The summary presents the possible directions of project development.

Keywords: Biobot, mobile robot, gyroscope, servomechanism

1. Wstęp

Ostatnie lata pokazują wzrost zainteresowań robotami mobilnymi, ponieważ znajdują one coraz to szersze zastosowanie nie tylko w przemyśle, ale również w gospodarstwie domowym. Roboty mobilne dzielą się na roboty osobiste, usługowe oraz roboty do zadań specjalnych. Wykorzystywane są do działań, które dla człowieka są zbyt niebezpieczne tam gdzie narażone jest życie i zdrowie człowieka np. transport ładunków wybuchowych, poszukiwanie i rozbrajanie ładunku wybuchowego w samolotach, pociągach. Mają również zastosowanie tam gdzie praca staje się monotonna lub tam gdzie wymagana jest duża precyzja. Wykorzystywane są do celów transportowych w ciężkich warunkach np. dużego natężenia hałasu [1,2]. Istnieje

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: specjalność: Inżynieria Produkcji

² Zespół Szkół Elektronicznych, Elektrycznych i Mechanicznych specjalność: Technik Mechatronik

³ prof. ATH dr hab. inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, email: rdrobina@ath.bielsko.pl

grupa robotów zwana biobotami jest to próba odwzorowania działania obiektu żywego. Zbudowana maszyna zarówno porusza się jak organizm żywy, a także dzięki zastosowaniu sieci neuronowej jest w stanie w podobny sposób przetwarzać informację. Najczęściej bazą do budowania biobota są insekty. Insekty wykazują dużą zdolność do szybkiego poruszania się w różnych warunkach, dlatego nadając główne cechy budowy insektów można mieć nadzieję, że ten wzór pozwoli na stworzenie konstrukcji, która będzie się tak poruszać jak można to zaobserwować u tych stworzeń. Ponadto budowa stawów owadów oraz ich kończyny jest łatwa do odwzorowania, zamodelowania oraz wykonania [3,4].

Celem tej pracy było zbudowanie i zaprogramowanie biobota mobilnego o wyglądzie pająka, możliwie prostej konstrukcji, zdolnego do poruszania się w typowym dla ludzi środowisku, np. w mieszkaniach, na chodniku. Zakres tej pracy obejmował projekt i wykonanie konstrukcji mechanicznej, elektroniki oraz programu, który miał umożliwić zdalne sterowanie robotem. Może być on łatwo przerobiony na robota autonomicznego informacyjnie, tzn. planującego trasę i poruszającego się bez pomocy operatora..

2. Założenia konstrukcyjne biobota

Biobot pająk powinien charakteryzować się następującymi cechami:

- kształt zbliżony do pająka,
- niskimi kosztami wytworzenia,
- możliwość sterowania z komputera za pomocą USB lub bluetooth,
- możliwość na pokładzie robota montażu sensorów zewnętrznych,
- otwartość systemu sterowania oraz możliwość rozbudowy i modyfikacji,
- niewielkie wymiary i masa pozwalające na swobodne przemieszczanie się robota,
- układ sterowania znajduje się na ramie biobota,
- biobot posiadać będzie cztery kończyny.

3. Układ sterowania

3.1. Zasada działania całego układu elektronicznego

Robot posiada 2 ośrodki sterujące oparte o układ ESP oraz Arduino Mega. Układ ESP zajmuje się komunikacją z siecią Internet oraz wykonywaniem niezbędnych obliczeń. Układ ten posiada niezbędną moc obliczeniową oraz charakteryzuje się wysoką wydajnością. Układ Arduino odpowiada za wykonanie prostych poleceń oraz odbiera dane z czujników, które potem wysyła do układu ESP. ESP komunikując się z sterownikiem serwowym za pomocą I²C, wysyła listę pozycji, na których mają się znaleźć nogi. Następnie sterownik ten te pozycje ustawia modulując długość impulsu wydawanego na pin sterujący do serwomotoru

Głównym ośrodkiem sterującym robota jest Arduino. Program najpierw odczytuje informacje podawane mu z komputera lub Bluetooth. W zależności od danego trybu

robot może wykonywać zaprogramowany ruch w dowolnym kierunku. Może również wysłać wartości wszystkich danych, które aktualnie przetwarza, w tym pozycji nóg lub danych z Żyroskopu. Zaprogramowane na nim są pozycje, które robot przetwarza a następnie wysyła za pośrednictwem komunikacji I²C.

Stworzony algorytm do obliczania funkcji trygonometrycznych, które mają na celu obliczanie kątów, w których noga miałyby się ustawić, by jej koniec względem początku osiągnął określony punkt w trójwymiarowej przestrzeni. Niestety nie został użyty w pierwszym modelu ze względu na wadliwą konstrukcję mechaniczną oraz zbyt małą siłę silników w robocie. Głównymi problemami mechanicznymi była mała siła nóg, mała sztywność konstrukcji oraz zbyt ciężka obudowa. Wszystkie te błędy zostały rozwiązane w drugim modelu.

Centralna jednostka sterująca serwomechanizmami odbiera sygnały za pomocą komunikacji I²C. Następnie przetwarza dane na modulowany sygnał typu PWP podawany do kabla informacyjnego serwomechanizmów. Serwomechanizmy starają się za pomocą silnika z przekładnią mostku H oraz potencjometru ustawić żądaną wartość na nodze.

3.2. Zasada działania programu

Program został napisany na zasadzie hierarchii. Poszczególne części programu są podzielone na poziomy. Najniższy poziom steruje bezpośrednio poszczególnymi serwomechanizmami. Łączył 2 serwa i tworzył z nich obiekt "Noga". Drugi poziom łączył 4 nogi w obiekt "Robot" zajmuje się on poruszaniem całego tułowia utrzymaniem pionu odczytywaniem i nadawaniem pozycji nóg. Najwyższy poziom robota zajmuje się wyznaczaniem trasy, po której przemieszcza się robot oraz porozumiewał się z komputerem.

Aby sprawnie się poruszać robot tworzy wirtualne środowisko otoczenia, w którym się właśnie znajduje. Istnieje możliwość wizualizowania ruchów robota w komputerze za pomocą programu Processing, który zajmuje się także wysyłaniem robotowi paczek informacji z komputera. Najprostsza wersja oprogramowania nie uwzględnia danych zewnętrznych robot upraszcza podłoże do nieskończonej płaszczyzny. Bardziej zaawansowane wersje uwzględniały fakt, że płaszczyzna, po której przemieszcza się robot może być odchylona do wektora grawitacji pod kątem innym niż 90 stopni. Żyroskop bada wartość i kierunek wychylenia od pionu płaszczyzny a następnie program zmieniał tak trajektorii nóg, aby robot w niezakłócony sposób poruszał się po podłożu.

Biobot jest sterowany poprzez USB lub bluetooth. Program na smartfon lub komputer wysyła do robota informacje zawierające plik nagłówkowy mówiący jaką informacje zawiera plik wartości liczbowych typu integer. Taki rodzaj sterowania pozwala na szybkie sterowanie biobotem za pomocą klawiszy klawiatury w komputerze lub za pomocą ekranu dotykowego telefonu.

3.3. Arduino Mega

Popularny moduł z mikrokontrolerem AVR ATmega2560 posiada 256 kB pamięci Flash, 8 kB RAM, 54 cyfrowych wejść/wyjść, z czego 15 można wykorzystać jako kanały PWM, 16 wejść analogowych oraz popularne interfejsy komunikacyjne. [1]

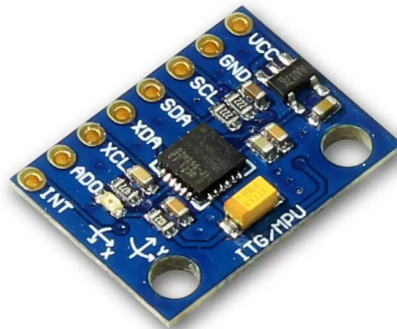
3.4. Żyroskop

Głównym zadaniem żyroskopu rys.1. jest dostarczanie informacji dotyczących aktualnego położenie robota w przestrzeni względem ziemi.

Moduł poprzez 3-osiowy akcelerometr i żyroskop pozwala na pomiar przyspieszenia oraz prędkości kątowej w przestrzeni trójwymiarowej. Układ MPU posiada sprzętową jednostkę DMP (Digital Motion Processor), która pozwala na przeliczanie danych na położenie względem ziemi.

Do komunikacji z jednostką centralną służy popularna magistrala I2C (TWI). Moduł posiada niezbędne do poprawnego działania układu elementy pasywne. Wyprowadzeniami są popularne złącza goldpin, umożliwiające podłączenie czujnika za pomocą przewodów lub bezpośrednio wpięcie w płytkę stykową[6].

W praktyce jest on używany do utrzymywania konkretnego wychylenia względem ziemi, by poprawić jakość ruchów.



Rysunek 1. Żyroskop [5]

3.5. ESP-DevkitC ESP32 WiFi + BT 4.2 - platforma z modulem ESP-WROOM-32

Na Rys.2. przedstawiona płytka z wbudowanym modulem ESP-WROOM-32. Moduł posiada wyprowadzenia w postaci goldpinów - raster 2,54 mm, układ z rodziny ESP32 do komunikacji sieci WiFi w paśmie 2,4 GHz oraz w standardzie Bluetooth BLE / v4.2 zasilany jest napięciem 5 V. Układ posiada 38 wyprowadzeń wraz z popularnymi interfejsami, m.in: UART, SPI, I2C. [10]



Rysunek 2. Moduł ESP-WROOM-32 [7]

3.6. Sterownik serwomechanizmów adafruit 16-kanalowy, 12-bitowy PWM I2C

16-kanalowy generator PWM rozszerzenie wyjść mikroprocesora arduino pozwala na sterowanie 16 serw używając tylko 2 wyjść procesora. Sterownik do komunikacji z nim używa I2C, jest przydatny, gdy brakuje wyjść mikrokontrolera. Umożliwia m.in.: kontrolowanie serwomechanizmów, regulację prędkości silników lub zmianę jasności diod LED. Komunikuje się poprzez I2C, pracuje z napięciami 3,3 V i 5V. [5] W robocie do tego sterownika podpięte są bezpośrednio wszystkie serwomechanizmy. Wydaje on też polecenia za pomocą sygnału PWM do silników by ustawiły się w określonej pozycji. 12-bitowy generator sygnału PWM. Umożliwia sterowanie aż 16-nastoma serwomechanizmami. Do komunikacji wykorzystuje tylko dwie linie interfejsu I2C. Dzięki możliwości wyboru adresów (0x60-0x80), na jednej magistrali można podłączyć 62 urządzenia, co daje 992 kanały PWM obsługiwane przez jeden mikrokontroler główny, np. Arduino Uno.

3.7. Serwomechanizm Redox L360 – standard / RDS 3115

Serwomechanizm to silnik z przekładnią oraz dedykowany sterownik zamknięty w jednej obudowie. Napędy te nie są jednak przystosowane do wykonywania pełnego obrotu. Najczęściej serwomechanizmy mogą poruszać zamontowanym ramieniem o kąt 0-180°. Co ważne, znają one swoją aktualną pozycję. Serwomechanizm za pomocą wbudowanego sterownika wie, na jaką pozycję się ustawić. To on, na podstawie dostarczonego sygnału PWM, steruje silnikiem. Przyjętym standardem jest, że do serwomechanizmów dostarcza się sygnał o okresie równym 20ms. Natomiast wypełnienie sygnału interpretowane jest jako pozycja, w którą należy przemieścić ramię serwa

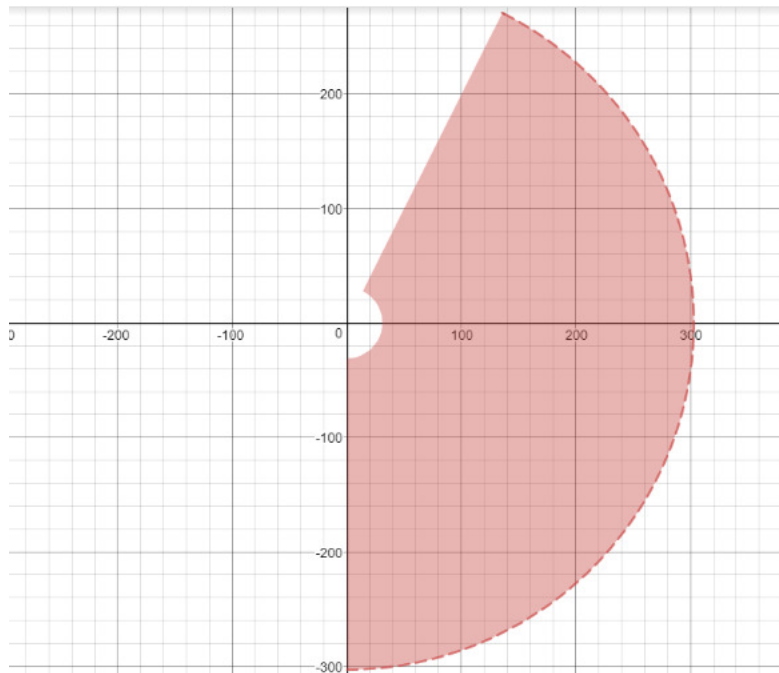
Wypełnienie generowanego sygnału powinno mieścić się w granicach 5-10%. Wartości te zostaną przekształcone na dwie skrajne pozycje serwa (maksymalnie w lewo oraz maksymalnie w prawo). Zastosowany serwomechanizm Redox L360 umożliwia przemieszczanie się bez obciążenia z prędkością 0.027 m/s z obciążeniem wynoszącym 1 kg 0.033 m/s a z 2kg 0.016 m/s. zaś przy zastosowaniu RDS 3115 prędkość wynosiła 0.51 m/s. [9].

4. Konstrukcja mechaniczna biobota

W pierwszej kolejności utworzony został model robota na komputerze, który posłużyłby do sprawdzenia przy jakim zakresie ruchów poszczególnych jego członów dojdzie do kolizji. Zakres ruchów w poziomie dla pojedynczej kończyny przedstawiony jest na rys.3.

Na podstawie modelu zostałyby wydrukowane części na drukarce 3D typu FDM użyto materiału ABS. Konstrukcja mechaniczna została zaprojektowana w programie SolidWorks. Układ nośny został tak zaprojektowany, aby umożliwić podłączenie wszystkich elementów elektronicznych, a także uprościć proces sposób montażu. Korpus robota został tak pomyślany, aby był niedrogi, prosty w montażu i jednocześnie wytrzymała pod względem mechanicznym. Na poszczególnych elementach składowych zostały wykonane otwory fi3 montażowe do podłączenia poszczególnych zespołów i urządzeń elektronicznych za pomocą śrub M3. Odnóża robota składają się z dwóch ramieni górnego i dolnego, pomiędzy którymi znajduje

się serwomechanizm. Dodatkowe dwa serwomechanizmy mocowane są jeden do korpusu i łącznika, a drugi do łącznika i górnego ramienia nogi. Dzięki zastosowaniu trzech serwomechanizmów na każdą kończynę, których jest cztery biobot może przemieszczać się w każdym kierunku. Jego korpus posiada 6 stopni swobody.



Rysunek 3. Zakres poruszania się kończyny Biobota Pająka w poziomie (skala w mm.). [źródło własne]

Model CAD jednej kończyny biobota przedstawia rys.4. Połączenie do korpusu czterech kończyn umożliwiło poruszanie się biobota w dowolnym kierunku.

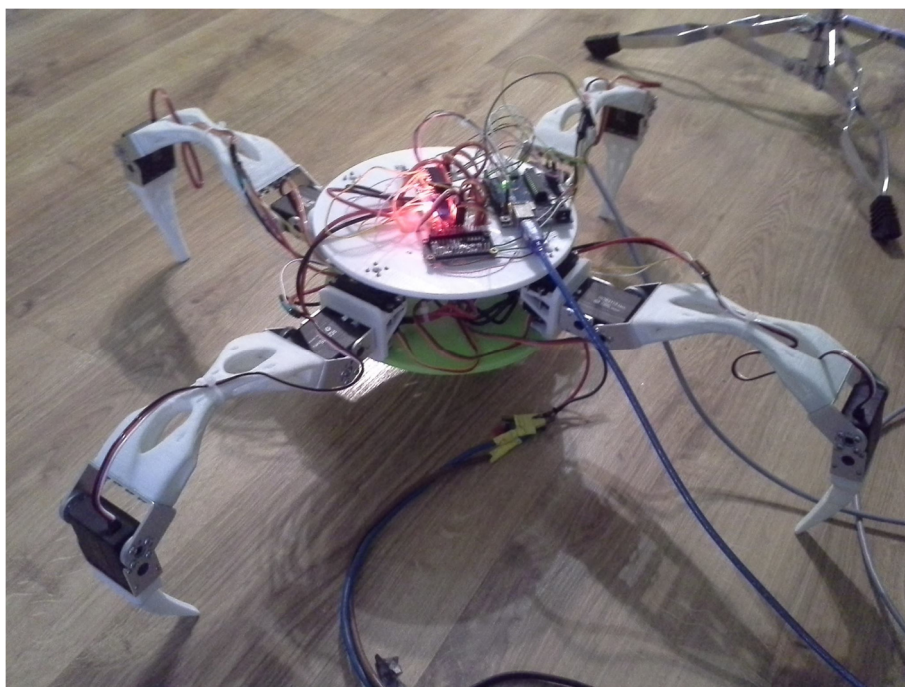


Rysunek 4. Model CAD kończyny Biobota Pająka: czerwone-ramiona, zielony-łącznik, czarne-serwomechanizmy, szare-mocowanie serwa [źródło własne]

Model CAD robota przedstawiony jest na rys. 5. Wydrukowane i połączone ze sobą elementy tworzące biobota pająka przedstawione są na rys.6.



Rysunek 5. Model CAD Biobiota Pająka. [źródło własne]



Rysunek 6. Model rzeczywisty Biobota Pająka. [źródło własne]

5. Oprogramowanie

Przygotowane oprogramowanie do obsługi biobota posiada następujące możliwości:

- Runner - klasa dająca możliwość kierowania nogą wg współrzędnych XYZ. Deklarując nogę należy podać piny, do których podpięte są serwomechanizmy, wartość PWM dla 90 stopni oraz kierunek obrotów każdego z serwomechanizmu. Program nie pozwala na przesunięcie nogi w pozycję, która mogłaby spowodować uszkodzenie nogi. W sytuacji, gdy zostanie od niego zarządzana pozycja, która może być błędna, robot wysyła pełny raport błędu informujący, która noga i w jaki sposób chciała się poruszyć. Klasa ta jest podstawą do działania całego programu.
- unStable- funkcja zwracająca informacje true or false w zależności, czy cały robot znajduje się w stanie równowagi, zakładając, że środek ciężkości znajduje się w środku tułowia (co jest dużym uproszczeniem ale z użyciem wystarczającego marginesu błędu pozwala na zachowanie stabilności robota z dużą skutecznością)
- moveExecuter -funkcja wykonująca listę 16 pozycji. Program wykonuje ruch z ustaloną prędkością
- makeListOneSteep: funkcja tworzy tabelę z listą pozycji nóg pozwalającą na najprostszy rodzaj kroku, czyli krok trójpodporowy, tzn. że tylko jedna noga znajduje się w powietrzu, a reszta posuwa się do tyłu. Dwa parametry pozwalają na regulację wysokości i długości kroku.
- -makeOneStep: funkcja wykonująca zapisany poprzednio krok z możliwością modyfikacji kąta w którym krok jest wykonywany.
- 2axeRotate - funkcja wykonująca obrót robota w 2 osiach - użyteczna w połączeniu z żyroskopem. Pozwala utrzymać w pionie robota, mimo poruszania się po nierównej nawierzchni

6. Podsumowanie

Wgrany program pozwala na przemieszczanie się robota w dowolnym kierunku, obrót oraz na kontrolowane ruchy korpusu przy niezmiennym położeniu miejsc stykania się kończyn z podłożem. Dzięki zastosowanym silnikom, które mają jeszcze zapas mocy robot ma duży zapas siły i może wykonywać gwałtowne ruchy. W konstrukcji udało się zrealizować przyjęte założenia konstrukcja okazała się stabilna oraz lekka. Waga całego biobota wynosi 1,5kg. Biobot pajak wykonany na bazie mikrokontrolera ARDUINO może stanowić wartościową, tanią, a jednocześnie atrakcyjną i nowoczesną bazę dydaktyczną wspomagającą proces nauczania wielu przedmiotów: specjalizowanych układów i podzespołów mechanicznych i elektronicznych, podstaw techniki komputerowej, podstaw programowania i innych. Dalszy rozwój koncepcji robota opiera się na zastosowaniu mocniejszych silników z wbudowanymi precyzyjnymi enkoderami dającymi możliwość jeszcze płynniejszego ruchu biobota. Planuje się również montaż kamer oraz układów sensorów mających powodować autonomiczne przemieszczanie się robota z punktu A do punktu B niezależnie od napotkanych po drodze przeszkód. Zastosowane kamery będą służyły jako układy skanujące obszar wokół robota dzięki czemu robot na podstawie obrazu będzie wybierał w którym kierunku dalej będzie się przemieszczał. Kamery będą przysyłały obraz, aby w czasie rzeczywistym był podgląd do obszaru wokół robota.

LITERATURA

1. TCHOŃ K., MAZUR A., HOSSA R., DULĘBA I., MUSZYŃSKI R.: Manipulatory i Roboty Mobilne. Akademicka Oficyna wydawnicza PLJ. Warszawa 2000.
2. GARBACZ M.: Planowanie ścieżki dla robota mobilnego na podstawie informacji z czujników odległościowych. Automatyka 10(2006), 135-141.
3. BUDKOWSI P.: Bioboty
<https://www.ii.pwr.edu.pl/~kwasnicka/tekstystudenckie/bioboty.pdf>, 21.06.2018
4. KWAŚNICKA H., OLSZEWSKI K.: Bioboty - co to jest, wybrane projekty: cel, metodologia, osiągnięcia. 2001
<https://www.ii.pwr.edu.pl/~kwasnicka/tekstystudenckie/biobotyolszewski.pdf>, 10.06.2018
5. Serwis internetowy: <http://automatyka.elstat.com.pl/p38238,zyroskop-3-osiowy-akcelerometr-mpu-6050.html>, 21.06.2018
6. Serwis internetowy: <https://botland.com.pl/23-zyroskopy>, 01.06.2018
7. Serwis internetowy:
https://elty.pl/pl/p/ESP32-DevkitC-modul-IoT-z-ukladem-ESP-32/1906?gclid=EAIaIQobChMIxIvcytjk2wIVSF8ZCh07Xw8VEAQYASABEGIN-PD_BwE, 22.06.2018
8. MAZURKIEWICZ A.: Analiza jakości wydruku elementu z termoplastu ABS wykonanego w technologii FDM. Autobusy 6(2017), 956-960
9. Serwis internetowy: <https://forbot.pl/blog/kurs-arduino-silniki-pwm-serwomechanizm-zewnetrzne-biblioteki-id3913>, 22.06.2018
10. Serwis internetowy: <https://botland.com.pl/moduly-wifi/8306-esp32-devkitc-esp32-wifi-bt-42-platforma-z-modulem-esp-wroom-32.html>, 22.06.2018
11. Serwis internetowy: <https://botland.com.pl/arduino-moduly-glowne/1062-arduino-mega-2560-rev3-8058333490083.html>, 22.06.2018

