

## ROBOT SZEŚCIONOŻNY

### Żądło Michał

Koło Naukowe Automatyki i Robotyki

System sterowania dla sześcionożnych maszyn koczających w porównaniu do innych rodzajów lokomocji jest trudniejszy i wymaga wykonywania obliczeń w czasie rzeczywistym. Zaletami maszyn koczających w porównaniu do maszyn o napędzie kołowym jest fakt, że nie potrzebują one utwardzonych dróg, napotkane przeszkody mogą być przekraczane, a nie tylko omijane. Jednak maszyny koczające obecnie nie wykazują dużej sprawności energetycznej lokomocji.

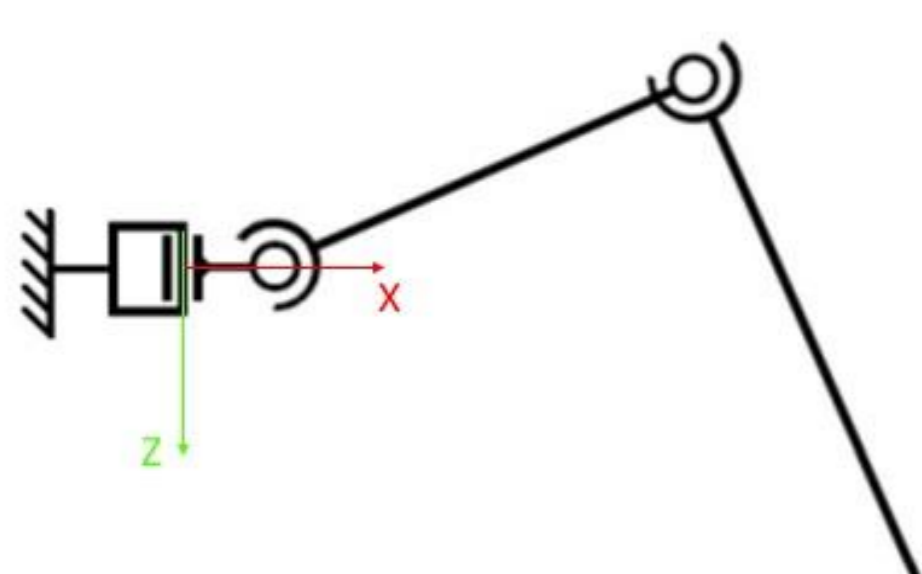
Maszyny koczające pracują w warunkach niebezpiecznych, jak i trudno dostępnych dla ludzi i pojazdów kołowych: gaszą pożary, wyszukują miny, dokonują inspekcji w elektrowniach atomowych oraz wchodzą do kraterów aktywnych wulkanów.

### 1. Cel projektu

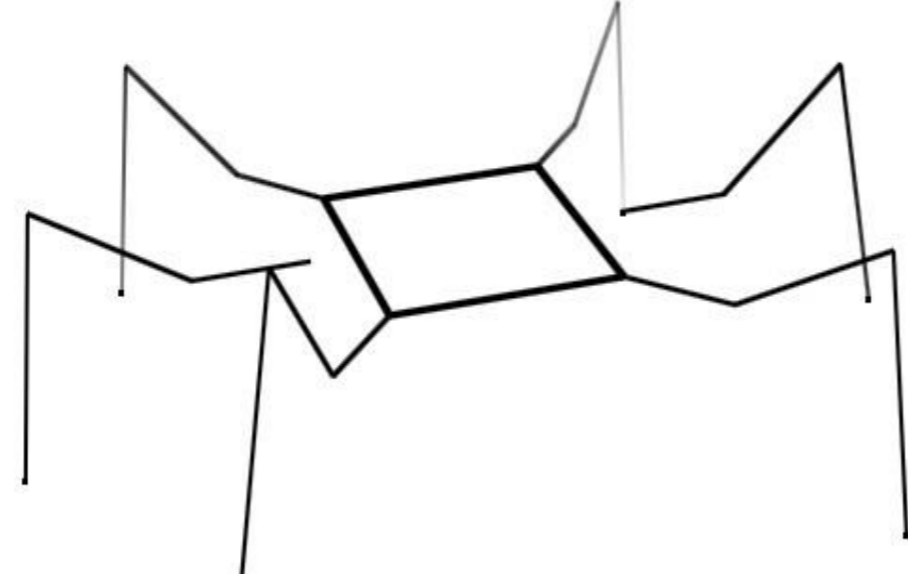
Celem projektu było zamodelowanie i wykonanie sześcionożnego robota koczającego oraz opracowanie systemu sterowania, który umożliwi sterowanie ruchem robota poprzez kontroler. Układ sterowania oparty o mikroprocesor ATmega328P ma umożliwiać zmianę parametrów chodu, które pozwolą na dostosowanie robota do zaistniałych warunków.

### 2. Kinematyka odnóży

Zaproponowana kinematyka odnóży ma trzy stopnie ruchliwości co przedstawiono na rysunku 1. Pozwala ona na osiągnięcie przez kocówkę nogi każdego punktu w przestrzeni (ograniczonej długością członów) oraz pozwala na realizację dowolnej trajektorii w tej przestrzeni. Dzięki temu możliwa jest realizacja dowolnej trasy przez robota, jak również sterowanie jego nachyleniem. Sterowanie położeniem końcówek nóg odbywa się poprzez rozwiązanie zadania odwrotnego kinematyki. Domyślną posturę robota prezentuje rysunek 2.



Rys. 1. Schemat kinematyczny odnóży

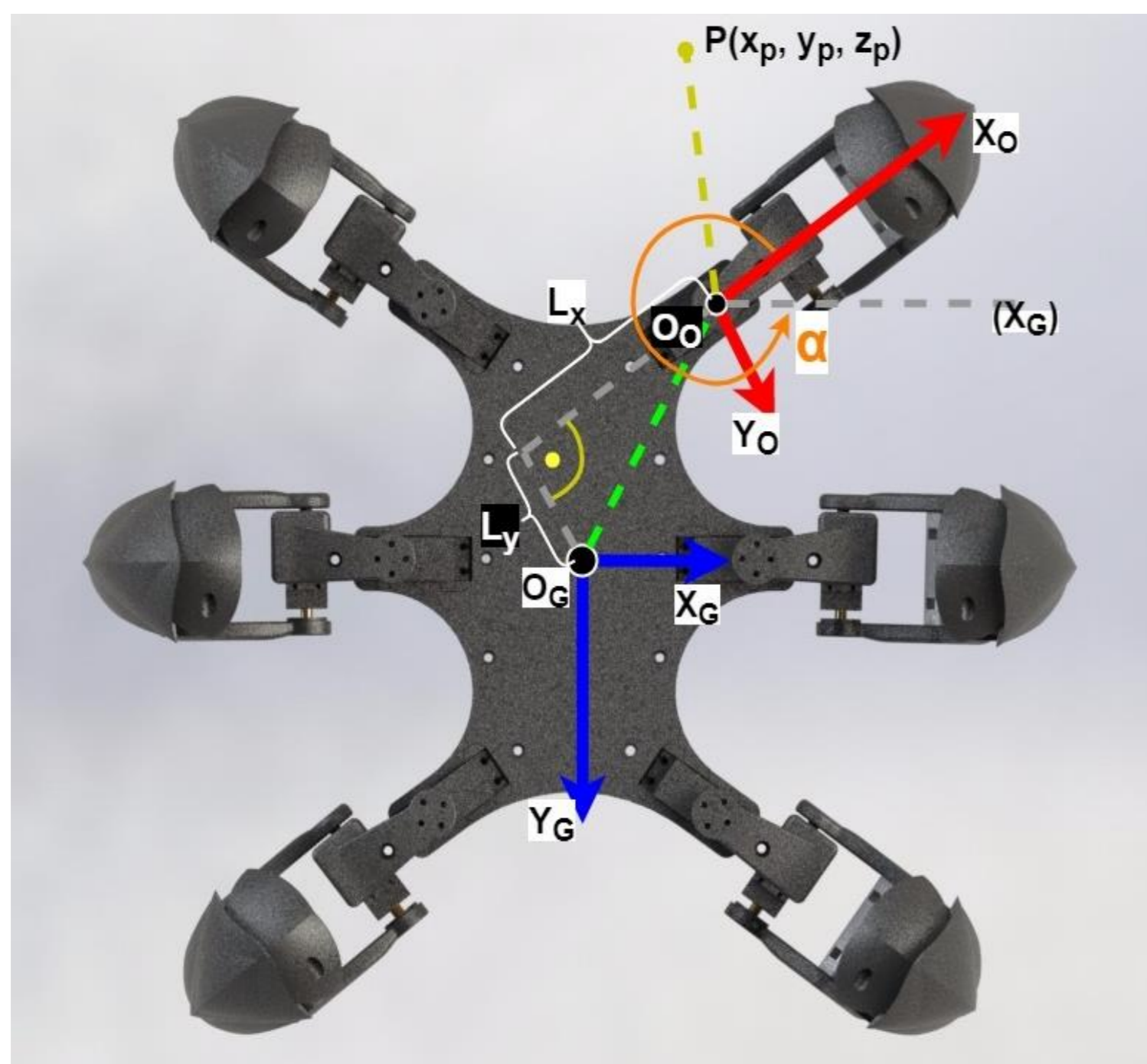


Rys. 2. Postura robota

### 3. Algorytm sterowania sześcioma nogami

Planując ruch sześcionożnej maszyny koczającej należy znać punkty charakterystyczne – tj. np.: punkty początku fazy podparcia / przenoszenia każdej nogi. Punkty te po rozwiązaniu zadania odwrotnego kinematyki powinny zostać osiągnięte. Aby je w wygodny sposób wprowadzić, a później mieć możliwość łatwej ich zmiany zastosowano jeden główny układ współrzędnych umieszczony w środku korpusu robota. Względem niego podawane są kluczowe punkty pracy które mają zostać osiągnięte przez końcówki nóg. Na rysunku 3 przedstawiono takie odwzorowanie. Punkt  $O_G$  jest środkiem globalnego układu współrzędnych. Punkt  $O_o$  jest środkiem lokalnego układu współrzędnych nogi. Punkt  $P$  jest zadaniem punktem charakterystycznym. Aby obliczyć współrzędne punktu  $P$  podane w układzie globalnym, na współrzędne w układzie lokalnym nogi skorzystać należy z macierzy przekształcenia jednorodnego, którą przedstawia wzór 1.

$$\begin{bmatrix} {}^oP_x \\ {}^oP_y \\ {}^oP_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 & L_x \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 & L_y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} {}^Gp_x \\ {}^Gp_y \\ {}^Gp_z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$



Rys. 3. Przekształcenie współrzędnych punktu (P) w układzie globalnym  $O_G$  do współrzędnych w układzie lokalnym  $O_o$

Po przemnożeniu macierzy otrzymujemy:

$${}^oP_x = L_x + {}^Gp_x \cos \alpha - {}^Gp_y \sin \alpha \quad (2)$$

$${}^oP_y = L_y + {}^Gp_y \cos \alpha + {}^Gp_x \sin \alpha \quad (3)$$

gdzie:

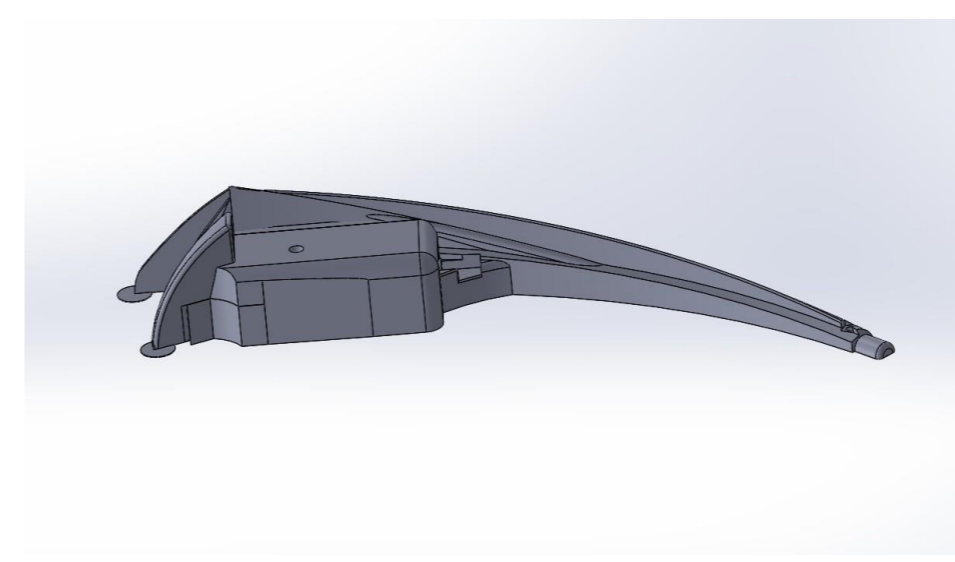
${}^oP_x, {}^oP_y, {}^oP_z$  to współrzędne punktu P w układzie lokalnym nogi

${}^Gp_x, {}^Gp_y, {}^Gp_z$  to współrzędne punktu P w układzie globalnym nogi

Obliczenia należy powtórzyć dla pozostałych nóg. W takim przypadku możemy zapisać współrzędne punktów charakterystycznych każdej nogi względem jednego globalnego układu współrzędnych, a następnie wykonać obliczenia na tych współrzędnych według wzorów 2 i 3. Następnie wprost z rozwiązania zadania odwrotnego kinematyki obliczyć przemieszczenia napędów.

### 4. Konstrukcja mechaniczna robota

Cała konstrukcja mechaniczna robota została wykonana przy pomocy technologii druku 3D. W tym celu po zamodelowaniu robota w systemie CAD należało model odpowiednio przygotować. Niektóre części były zbyt duże - musiały zostać podzielone, gdyż nie mieściły się w obszarze roboczym drukarki 3D. Model robota wykonano w programie SolidWorks, natomiast przygotowanie modelu do procesu wydruku 3D w programie Slic3r (podzielenie modelu na warstwy i ustawienie parametrów druku). Model przykładowej części został pokazany na rysunku 4, a wydrukowany element na rysunku 5.



Rys. 4. Zamodelowana część odnóży



Rys. 5. Wydrukowana część odnóży

### 5. Efekt projektu

Na rysunku 6 przedstawiono wykonanego robota wraz z kontrolerem. Komunikacja między robotem a kontrolerem odbywa się poprzez bluetooth. Kontroler umożliwia ustawienie podstawowych parametrów chodu (takich jak długość kroku, szybkość chodu i wysokość podnoszenia odnóży), wybór kierunku ruchu oraz trybu chodu.



Rys. 6. Zaprojektowany robot z kontrolerem – pozycja spoczynkowa

### 6. Wnioski i dalszy rozwój projektu

Robot sprawnie porusza się po płaskim terenie oraz po terenie o nieznacznym nachyleniu (około  $5^\circ$ , zakładając że korpus robota ma utrzymywać poziom). W przypadku dalszego rozwoju projektu należy zmienić główny mikroprocesor na szybszy i wydajniejszy obliczeniowo, gdyż obecnie stosowany jest w pełni wykorzystywany. Obecnie prowadzone są prace w kierunku zwiększenia autonomiczności robota, co można osiągnąć poprzez:

- dodanie czujników w stopach robota (wykrywanie nieciągłości podłoża)
- zastosowanie systemu wizyjnego do omijania przeszkód lub do podążania za celem