

Politechnika Wrocławska Wydział Mechaniczny

Schodochód – Robot pokonujący schody

Kurs: Interdyscyplinarny projekt zespołowy

Kierunek: Mechatronika

Zaliczający:

dr hab. inż. Zbigniew Zimniak, prof. PWR

Skład grupy:

1. Kacper Zyzik
2. Grzegorz Grabski
3. Adam Szewczyk
4. Michał Litwa

1. Wstęp

Schody stanowią podstawową część większości budynków mieszkalnych, biurowych i przemysłowych. Zwiększająca się automatyzacja i robotyzacja procesów przemysłowych, transportowych i czynności życia codziennego powoduje wykorzystywanie pojazdów i robotów. Rozwiązania te powinny być dostosowane do obszaru pracy. Oznacza to również sprawne pokonywanie schodów, w celu zapewnienia pełnej uniwersalności rozwiązania. Nasz projekt ma na celu zaprojektowanie takiego robota, który wyjdzie naprzeciw tym potrzebą.

Robot mający taką funkcjonalność, może służyć za pojazd transportujący dokumenty biurowe, pojazd dostawczy w warunkach mieszkalnych i przy zastosowaniu większych gabarytów część łańcucha dostaw w zakładach przemysłowych.

Podczas realizacji tego kursu nasza grupa skupi się na zaprojektowaniu prototypu wyżej wymienionego rozwiązania. Prototyp będzie cechował się mniejszymi gabarytami, skupiając się w pełni na wymaganej kinematyce. Podczas kolejnych spotkań projektowych z Profesorem nasza grupa będzie konsultować wszelkie problemy konstrukcyjne, co ma zapewnić uzyskanie jak najlepszego prototypu.

Proces projektowy można podzielić na następujące moduły:

- 1) Część mechaniczną,
- 2) Część elektryczną,
- 3) Część systemową - struktura informatyczna.

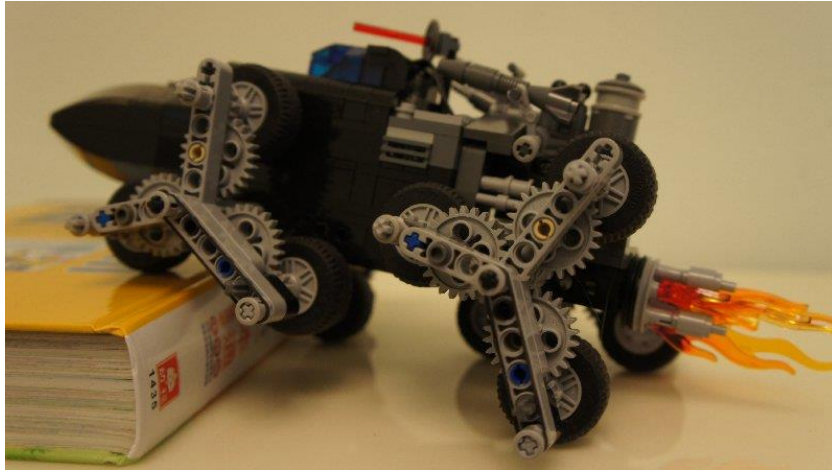
Każdym moduł jest realizowany najpierw w postaci schematycznej: rysunki techniczne, modele wykonane w programie NX, schematy elektryczne w programie EAGLE, analiza kinematyki w programie ADAMS. Następnie grupa przechodzi do realizacji części praktycznej: lutowanie płytek obwód drukowanych, programowanie płytki Arduino, wydruk 3D.

2. Przegląd rozwiązań

Pierwszym krokiem projektowania nowego rozwiązania, jest sprawdzenie rozwiązań podobnych lub funkcjonalnie tożsamyh.

- 1) Zabawka lego

Widoczne na zdjęciu rozwiązanie stanowi główną inspirację naszego projektu. Ten prosty, hobbistyczny model zainspirował nas do zaprojektowania wstępnej struktury.



Rysunek 1 - Zabawka lego o podobnym przeznaczeniu

Trójpalczysta struktura, która przenosi moment obrotowy i pozwala na pokonywanie przeszkód, została przeniesiona i zaadaptowana do naszego projektu. Ze względu na skomplikowany układ przekładni, postanowiliśmy unieruchomić wszystkie koła połączone z trójpalczą struktura nośną i zastosować jeden napęd. Drugą zmianą względem widocznego rozwiązania to inna tylna oś, standardowa dla pojazdów, odpowiednio dostosowana do wymaganej kinematyki naszego prototypu.

2) Robot kroczący, pokonujący przeszkody.

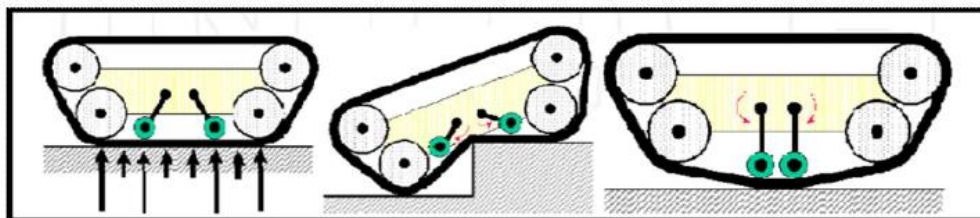


Rysunek 2 - Robot kroczący, pokonujący przeszkody

Widoczne na zdjęciu rozwiązanie przedstawia czteronożnego robota, który krocząc pokonuje przeszkody. Każda z nóg posiada niezależny napęd i łańcuch kinematyczny, który umożliwia stawianie kolejnych kroków w zależności od powierzchni. Zaletą takiego rozwiązania jest większa mobilność, co pozwala na pokonywanie również bardziej skomplikowanych przeszkód. Jednak większa mobilność wiąże się ze skomplikowaną strukturą kinematyczną. Wymaga to bardziej złożonych komponentów mechanicznych i użycia wielu napędów, w kolejnych węzłach nóg kroczących. Ze względu na budżet i ograniczenia czasowe, przykład ten stanowi jedynie pomocnicze źródło informacji.

3) Pojazd gąsienicowy

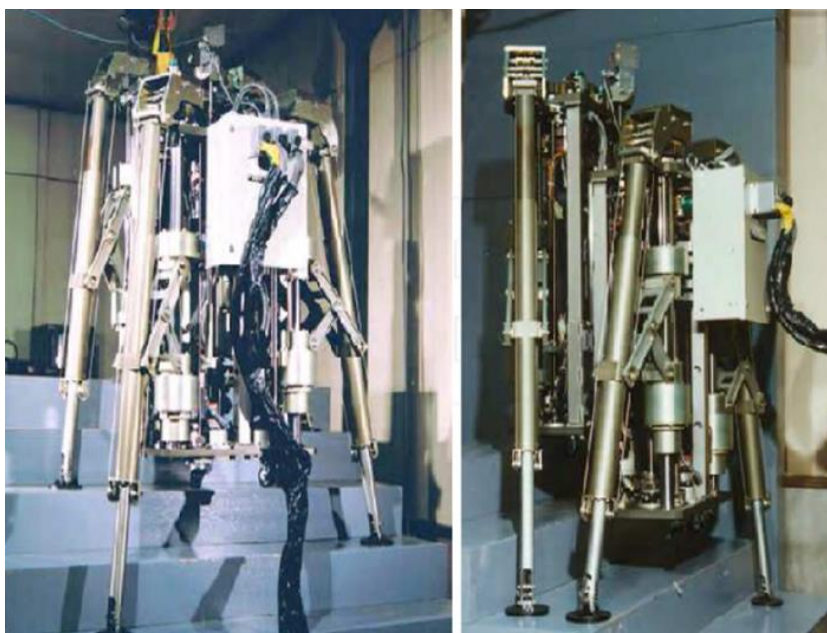
Jest to kolejny przykład rozwiązania, które dzięki zastosowaniu gąsienicy połączonej z kołami napędowymi pozwala, widocznemu na zdjęciu pojazdowi na pokonywanie schodów.



Rysunek 3 - Pojazd gąsienicowy

Zaletą takiego rozwiązania jest na pewno prostsza kinematyka, często spotykana w rozwiązaniach takich jak czołgi militarne, ratniki śnieżne. Gąsienica, napędzana przez połączone z nią koła, ma dużą powierzchnię styku z podłożem, dzięki czemu robot może sprawniej pokonywać przeszkody i unikać położeń osobliwych mechanizmu. Jednak duża wysokość schodka może spowodować blokadę pojazdu i niemożność nasunięcia przedniej części na czoło schodów. To rozwiązanie zostało przez nas przedyskutowane i doszliśmy do wniosku, że kupno gąsienicy i dostosowanie kół napędowych będzie stanowił problem finansowy. Zasilanie takiego robota, również może okazać się zbyt energochłonne, aby móc go zbudować w warunkach uczelnianych.

4) Robot kroczący, dedykowany do pokonywania schodów,



Rysunek 4 - Robot kroczący podczas pokonywania schodów

Widoczne na zdjęciu rozwiązanie oparte jest o zestaw siłowników, które wykonując odpowiednią sekwencję symulują ruch nogi ludzkiej. Wszystkie cztery nogi połączone są z główną platformą, również o osadzonej na siłowniku. Zasilaniem robota jest prawdopodobnie trójfazowy prąd przemieniony. Dostarczane jest przez zewnętrzny obwód zasilający, który nie jest zawarty w

strukturze robota. Stanowi to oczywistą wadę takiego rozwiązania, gdyż ciągnąca się za robotem wiązka elektryczna utrudnia jego mobilność. To rozwiązanie stanowi dla nas jedynie wzorzec poglądowy. Użyty napęd pneumatyczny uniemożliwia wykonanie takiego rozwiązania, ze względu na koszt wykonanie układu pneumatycznego.

3. Przegląd literatury

Ze względu na interdyscyplinarny charakter projektu, wybraliśmy szerokie spektrum pozycji literaturowych. Część z wybranych pozycji posłużą nam do konkretnej analizy, inne będą stanowiły źródła pomocnicze.

1) „Teoria maszyn i mechanizmów”. Antoni Gronowicz, Stefan Miller, Władysław Twaróg,

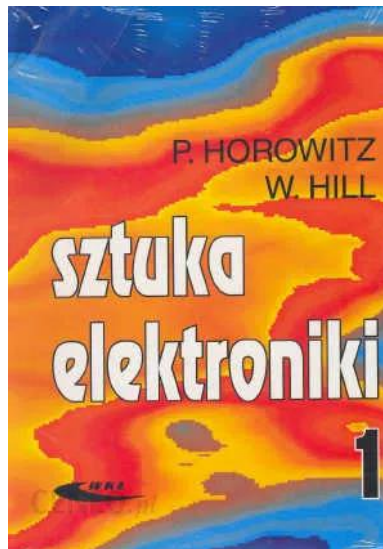
Książka ta będzie dla nas pomocna podczas tworzenia symulacji w programie ADAMS. Opis podobnych problemów z dziedziny analizy kinematycznej pozwoli nam dobrać odpowiednie pary kinematyczne i parametry symulacji.



Rysunek 5 -Teoria Maszyn i Mechanizmów

2) „Sztuka Elektroniki. Tom 1”. P. Horowitz, W.Hill,

Jest to pozycja zawierająca pełną gamę informacji na temat elektroniki i układów elektronicznych. Korzystając z zawartej w niej informacji będziemy w stanie dobrać odpowiednie komponenty elektroniczne i zasilanie.






Rysunek 6 - Sztuka elektroniki

3) Forbot– Kurs Elektroniki,

Jest to darmowy kurs tworzenia układów elektronicznych, pokazujący praktyczne rozwiązania i analizę problemów istniejących układów. Obejmuje również zagadnienia związane ze sterowaniem napędami krokowymi.

Kursy elektroniki dla średnio zaawansowanych

Poniższe serie **wymagają znajomości podstaw** omówionych we wcześniejszych kursach. Wykonując ćwiczenia poznasz kolejne zagadnienia, które poprowadzą Cię do stworzenia praktycznych projektów.

 <p>Kurs elektroniki, poziom II Praktyczne projekty</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nowe elementy • Rozbudowane układy • Więcej ćwiczeń <p>Przejdź do kursu >></p>	 <p>Kurs techniki cyfrowej Podstawy świata cyfrowego</p> <ul style="list-style-type: none"> • TC od podstaw • Algebra Boole'a • Rozbudowane układy <p>Przejdź do kursu >></p>	 <p>Kurs lutowania Podstawy lutowania</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pierwsze lutowanie • Unikanie błędów • Dużo zdjęć i filmów <p>Przejdź do kursu >></p>
--	--	---

Rysunek 7 - Przykładowy kurs elektroniki ze strony Forbot

4) Forbot – Kurs programowania ARDUINO,

Kolejny z ogólnodostępnych kursów na platformie Forbot, będący pomocny w tworzenie kodu i używaniu interfejsu płytki.

Kurs Arduino, poziom II – #1 – wstęp, spis treści

[Blog](#) / [Artykuły](#) / [Poradniki o Arduino](#) / Kurs Arduino, poziom II – #1 – wstęp, spis treści

Poradniki o Arduino | 16.03.2023 | Damian (Treker) Szymański



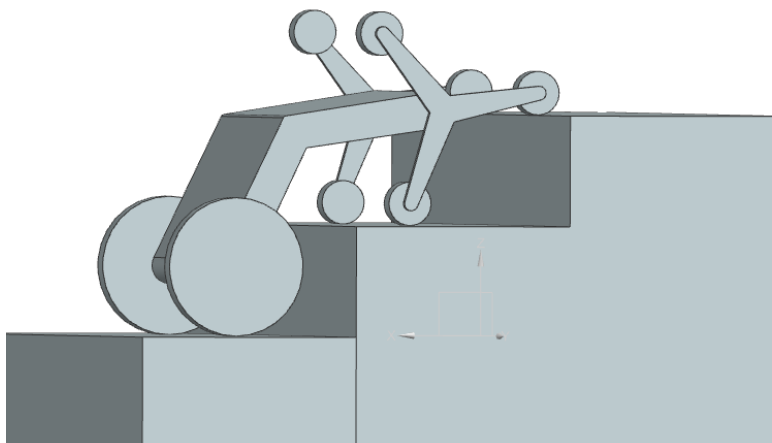
Poprzedni [kurs Arduino](#) dotyczył najważniejszych podstaw. Tym razem pójdziemy znacznie dalej! Wykorzystamy wiele nowych elementów. Dzięki nim tworzone projekty będą jeszcze ciekawsze!

Zajmiemy się również bardziej **zaawansowanymi aspektami** od strony programistycznej, które są niestety pomijane w innych poradnikach.

 [Udostępni](#)

Rysunek 8 - Przykładowy kurs ARDUINO

4. Wstępny model poglądowy,



Rysunek 9 - Wstępny model poglądowy

Przednia oś składa się z trzech nieruchomych kół, połączonych z obrotową strukturą trójpalczą. Tylnia oś, to ruchome koła, połączone bezpośrednio z silnikami. Rozłożenie silników jest następujące. Dwa silniki w przedniej osi, po jednym dla trójpalczastych struktur nośnych. Dwa silniki w tylnej osi, bezpośrednio połączone z kołami. Przednia oś ma za zadanie zaatakowanie stopnia, tylnia oś jest punktem podparcia i pcha przód przez kolejne stopnia. Łączenie przedniej i tylnej osi jest realizowane przez główną strukturę nośną, która również stanowi przestrzeń montażową dla komponentów elektronicznych i zasilania. Powyższy model jest jedynie poglądowy i geometria głównej struktury nośnej może ulec zmianie. Jest kształt i wykonanie będzie zależne od symulacji w programie ADAMS i prób testowych.

5. Część mechaniczna – założenia ogólne,

Podczas tworzenia części mechanicznej naszego rozwiązania będziemy głównie bazować na wydruku 3D. Modele części zostaną przygotowane w programie CAD 3D NX. Następnie odpowiednio zaimplementowane do środowiska drukarki 3D. Elementy, które będą przeznaczone do druku to głównie łączniki i struktura nośna osi kół przednich i tylnich. Główna struktura nośna zostanie wykonana z płyty OSB, albo z innej formy płyty.

Koła, wsporniki, śruby, nakładki i inne elementy zostaną zakupione.

6. Część elektryczna – założenia ogólne,

Nasz grupa jest w posiadaniu płytki Arduino i to na niej oprzemy strukturę elektroniczną. Będzie ona głównym modułem, odpowiedzialnym za wysyłanie odpowiednich sygnałów do sterowników silników krokowych i realizację sekwencji odpowiednich ruchów.

7. Część softwareowa – założenia ogólne,

Mikrokontroler Atmega 328P, obecny na płytce Arduino zostanie przez nas programowany w języku Arduino lub języku C w zależności od potrzeby naszego rozwiązania.

8. Lista zakupów,

1) Kółko z oponą 65x26mm – żółte

Sztuki: 8

Cena: 35,20zł

Link: <https://botland.com.pl/kola-z-oponami/14245-kolo-z-opona-65x26mm-zolte-5903351248181.html>

2) Koła 90x10 mm - czarne - Pololu 1435

Sztuki: 1

Cena: 46,90 zł

Link: <https://botland.com.pl/kola-z-oponami/454-kola-90x10-mm-czarne-pololu-1435-5903351248099.html>

3) Silnik krokowy z przekładnią 28BYJ-48 5V/ 0.1A/ 0,03Nm ze sterownikiem ULN2003

Sztuki: 4

Cena: 59,60zł

Link: <https://botland.com.pl/silniki-krokowe/12807-silnik-krokowy-z-przekladnia-28byj-48-5v-01a-003nm-ze-sterownikiem-uln2003-5904422306410.html>

4) Aluminiowy hub mocujący 5mm M3 - 2szt. - Pololu 1998

Sztuki: 1

Cena: 49zł

Link: https://botland.com.pl/przejsciovky-do-silnikow/1839-aluminiowy-hub-mocujacy-5mm-m3-2szt-pololu-1998-5904422362645.html?fbclid=IwAR0_EZOsEek3-s5buCzvBLSqrISLVL-OIsbtQMFJglyzVeZ4jX-KXuT3VR4

5) Zestaw przewodów połączeniowych justPi - żeńsko-męskie 20cm 40szt

Sztuki: 1

Cena: 5,95zł

Link: <https://botland.com.pl/przewody-polaczeniowe-zensko-meskie/19621-zestaw-przewodow-polaczeniowych-justpi-zensko-meskie-20cm-40szt-5903351243025.html>

6) Zestaw przewodów połączeniowych justPi - żeńsko-żeńskie 20cm - 40szt.

Sztuki: 1

Cena: 5,95 zł

Link: <https://botland.com.pl/przewody-polaczeniowe-zensko-zenskie/19620-zestaw-przewodow-polaczeniowych-justpi-zensko-zenskie-20cm-40szt-5903351243032.html>

7) Zestaw przewodów połączeniowych justPi - męsko-męskie 20cm 40szt.

Sztuki: 1

Cena: 6,10 zł

Link: <https://botland.com.pl/przewody-polaczeniowe-mesko-meskie/19622-zestaw-przewodow-polaczeniowych-justpi-mesko-meskie-20cm-40szt-5903351243018.html>

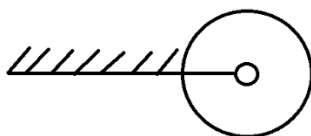
Suma: 208,70 zł

Lista zakupów pokazuje, że mieścimy się w budżecie.

Część mechaniczna

W celu zaprojektowania platformy robota, należy zacząć od ustalenia struktury i geometrii. W tym przypadku, zdecydowano się na projektowanie robota z czterema kołami, w tym dwóm przednim i dwoma tylnymi, co pozwoli na dobrą manewrowość. Wykorzystano metodę łańcucha pośredniczącego [1) - „Teoria maszyn i mechanizmów”. Antoni Gronowicz, Stefan Miller, Władysław Twaróg]

$$W = 6(k - 1) - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - ;$$



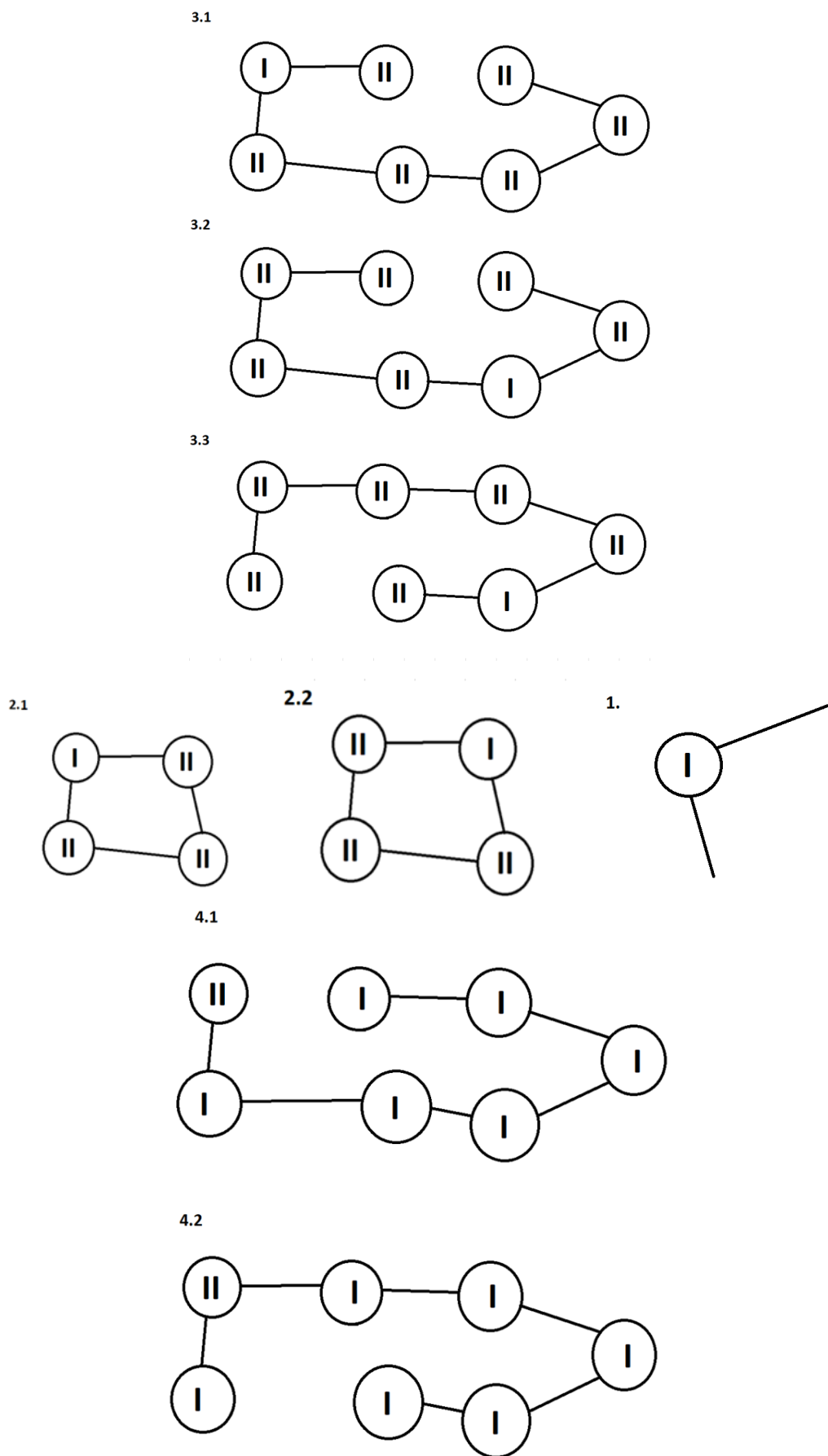
Rysunek 10. Obrany schemat rozwiązania. „Teoria Maszyn I mechanizmów”

Przykładowo dla obranego schematu, gdy $W=1$ i $k=2$:

$$1 = 6(2 - 1) - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5$$

$$5 = 5p_1 + 4p_2 + 3p_3 + 2p_4 + p_5$$

Po uproszczeniu równania i przyjęciu, że wykorzystane zostaną jedynie pary I i II klasy można wywnioskować, że pary II klasy nie będą występowały przy liczbie członów 2 i ruchliwości 1, obecne będą jedynie pary I klasy. Obecne będą jedynie pary I klasy.



Rysunek 11. Przykłady realizacji syntezy strukturalnej dla $W=1$. Źródło: 1).

Tabela 1. Przykłady realizacji syntezy strukturalnej dla $W=1$

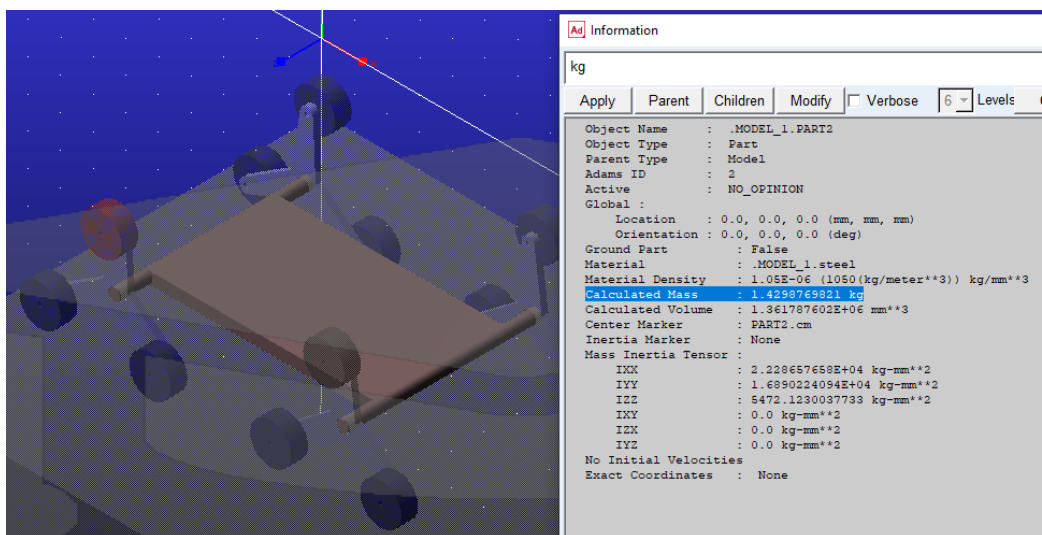
lp.	k	p1	p2
1	2	1	0
2	4	1	3
3	6	1	6
4	6	5	1
5	7	7	0
6	7	3	5
7	8	5	4
8	8	1	9
9	9	7	3
10	9	3	8
11	10	5	7
12	10	1	12
13	11	11	1
14	11	3	11
15	11	7	6

Możliwym do zaadaptowania rozwiązaniem będzie wykorzystanie przykładu nr 1 w oparciu o który dokonany zostanie dobór geometrii i przeprowadzenie dalszych obliczeń.

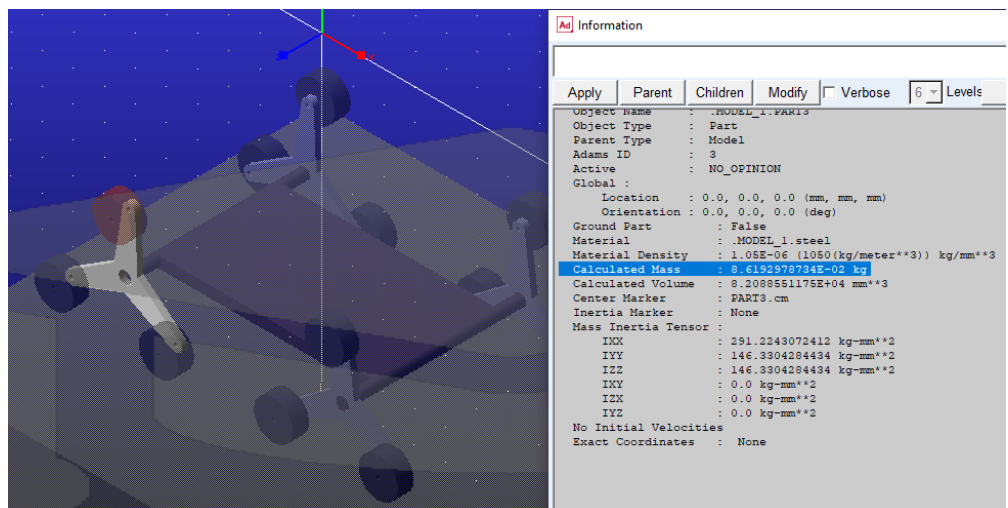
Widoczne na rysunku 1 rozwiązanie stanowi główną inspirację projektu. Ten prosty, hobbistyczny model był inspiracją do zaprojektowania wstępnej struktury. Trójpalczysta struktura, która przenosi moment obrotowy i pozwala na pokonywanie przeszkód, została przeniesiona i zaadaptowana do projektu. Na każdej z osi umieszczone są dwa napędy które napędzając obracające się trójpalczaste człony. Na każdym z członów zamocowane zostały koła które unieruchomiono aby realizować ruch kroczący.

Aby pojazd mógł pokonywać przeszkody typu próg powinien być lekki. Realizując ruch kroczący ważne jest także aby pojazd mógł „zaczepić się” podczas wspinania na stopień i „pociągnąć” resztę pojazdu do przodu. Na rysunkach 12., 13. oraz 14. przedstawiono zrzuty ekranu z programu Adams pokazujące masy poszczególnych elementów.

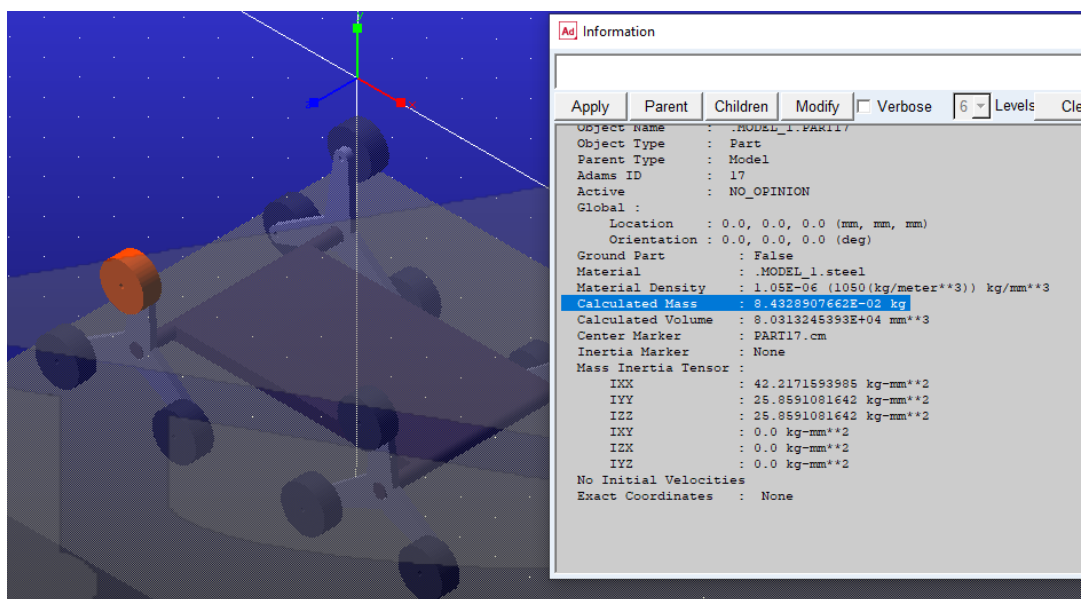
Zaprojektowane elementy możliwe są do wytworzenia za pomocą techniki druku 3D lub kupienia zatem jako materiał bazowy w programie Adams przyjęto ABS o gęstości $1050 \frac{kg}{m^3}$, stosowany jako filament do druku 3D.



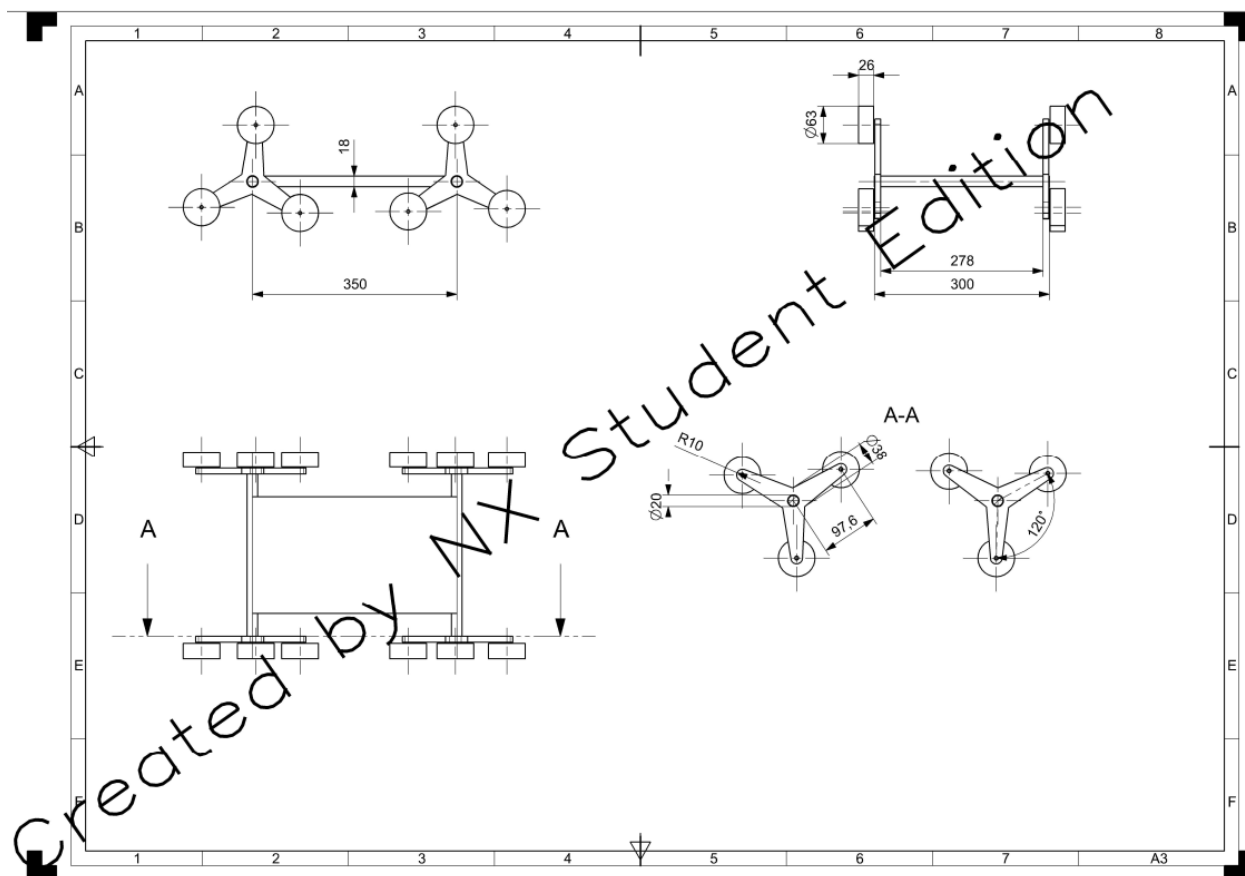
Rysunek 12. Masa struktury nośnej.



Rysunek 13. Masa członu trójpalczastego



Rysunek 14. Masa małego kola.



Rysunek 15. Rysunek złożeniowy zasymulowanego układu.

Całkowita masa wszystkich elementów zamodelowanego układu to 2,783 kg (tabela 2). Zastosowanie termopolimeru ABS pozwoliło na redukcję masy układu.

Tabela 2. Ilość i masa poszczególnych elementów układu.

Nazwa element	Masa jednego elementu [kg]	Ilość zastosowanych elementów
Struktura nośna	1,430	1
Koło	0,084	12
Człon trójpalczas	0,086	4
Suma:	2,783	17



Rysunek 16. Robot na końcu pokonanej przeszkody po 50 sekundach ruchu.

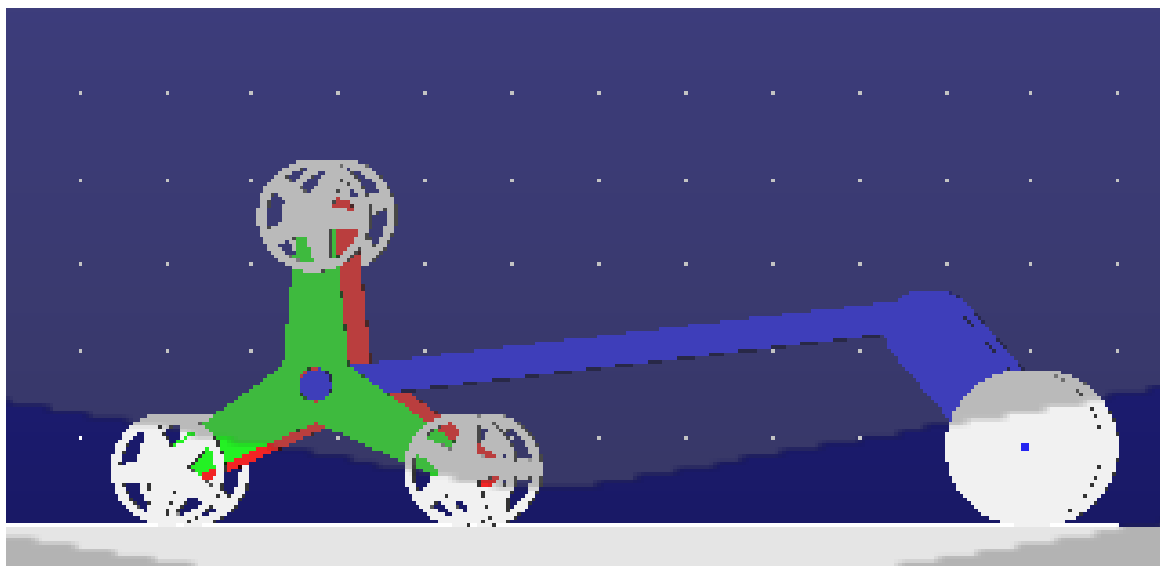
Tak zamodelowany robot był w stanie pokonać przeszkodę. Zbadany został dodatkowo jeden model o innej budowie.

Jako punkt zaczepienia przyjęto robota kroczącego jeżdżącego napędzanego za pomocą czterech silników po dwa z przodu i dwa z tyłu. Z przodu zamocowane zostaną trójpalczaste człony, na każdym z „palców” zaczepione będzie koło z oponą przymocowane na sztywno tak aby nie mogło się ono obracać, za to obracać będzie się oś z członem trójpalczastym. Z tyłu do struktury nośnej zamocowane będą większe koła które będą miały możliwość regularnego obracania się. Ten model jest o tyle podobny, że z przodu zachowały się trójpalczaste człony, zastąpione jedna

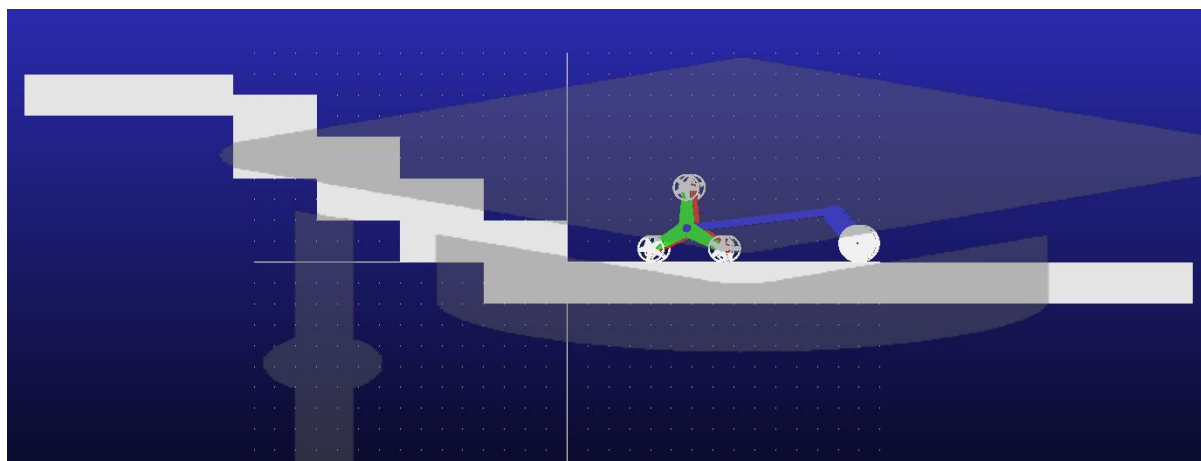
Taki robot napędzany na obu osiach poruszając się do przodu, po napotkaniu przeszkody – progu lub schodów byłby w stanie odepchnąć się i zaczepić na przednim członie utrzymując resztę struktury nośnej tak aby mogła pokonać przeszkodę. W teorii ten stosunkowo prosty mechanizm wymaga doboru odpowiednich elementów wykonanych z lekkich materiałów – zbyt ciężki pojazd nie będzie w stanie pokonać siły tarcia i ruszyć z miejsca. Zbyt lekki pojazd mógłby się wywracać i tracić stabilność.

Część mechaniczna została rozpoczęta od stworzenia modelu w programie NX. Elementy zamówione zgodnie z przedstawioną wcześniej listą zakupów, zostały zamodelowane w uproszczeniu wg rysunków technicznych dostarczonych przez producenta lub danych podanych na stronie sprzedawcy. Pozostałe elementy czyli człony trójpalczaste oraz struktura nośna i ich wymiary zostały zamodelowane tak aby były w stanie pokonać zadaną przeszkodę w symulacji w programie Adams View.

W programie Adams View stworzono wstępny model symulacyjny. Zgodnie z założeniami przednie koła zamocowane na trójpalczastych członach są nieruchome i mają za zadanie podpieierać pojazd na zasadzie kroczenia.

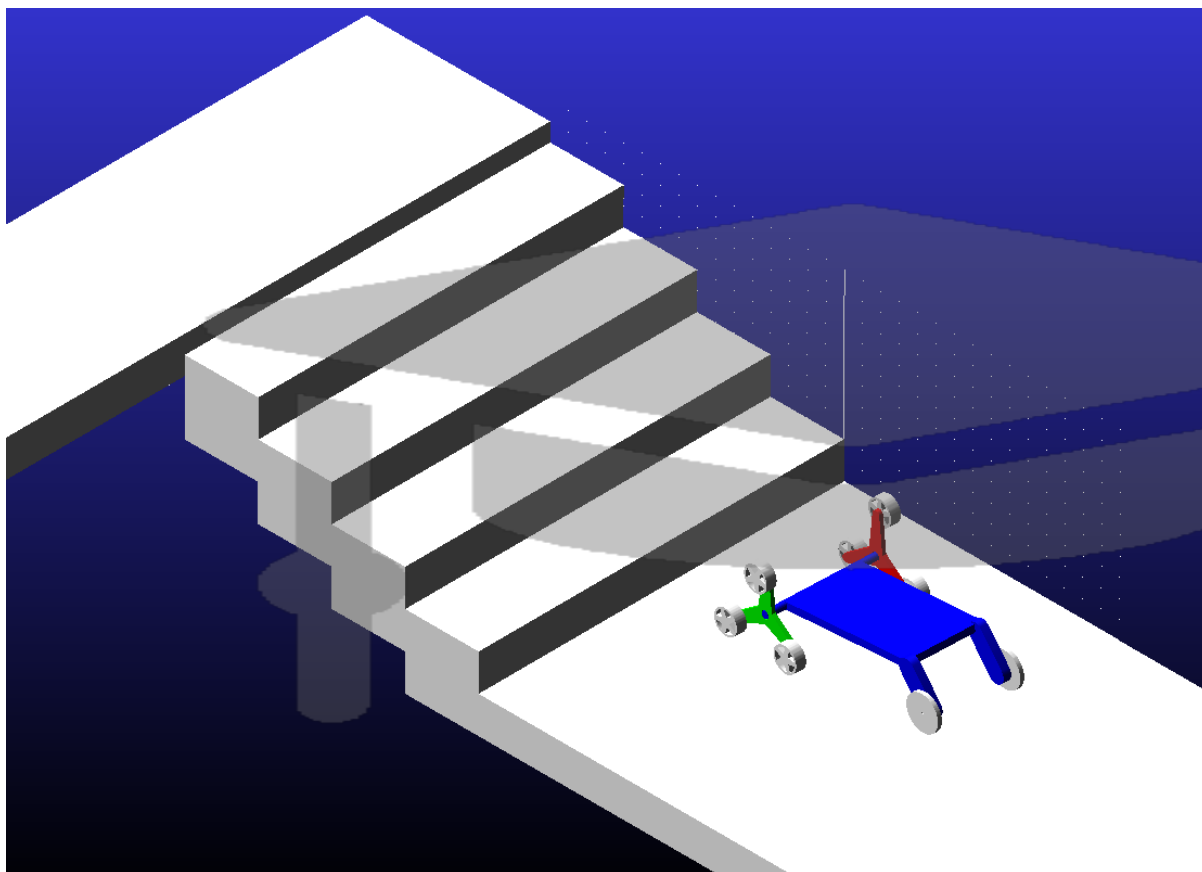


Rysunek 17. Robot w symulacji.



Rysunek 18. Robot oraz przeszkoda w symulacji w Adams View. Rzut z przodu.

Robotowi zadana została przeszkoda ukazana na rysunku 12. Każdy ze stopni ma 100 mm wysokości i tylko ostatni z nich ma 30 mm wysokości. Prędkość zadana na każdej z osi wynosi 30 obr/min.



Rysunek 19. Robot oraz przeszkoda w symulacji w Adams View. Rzut izometryczny.

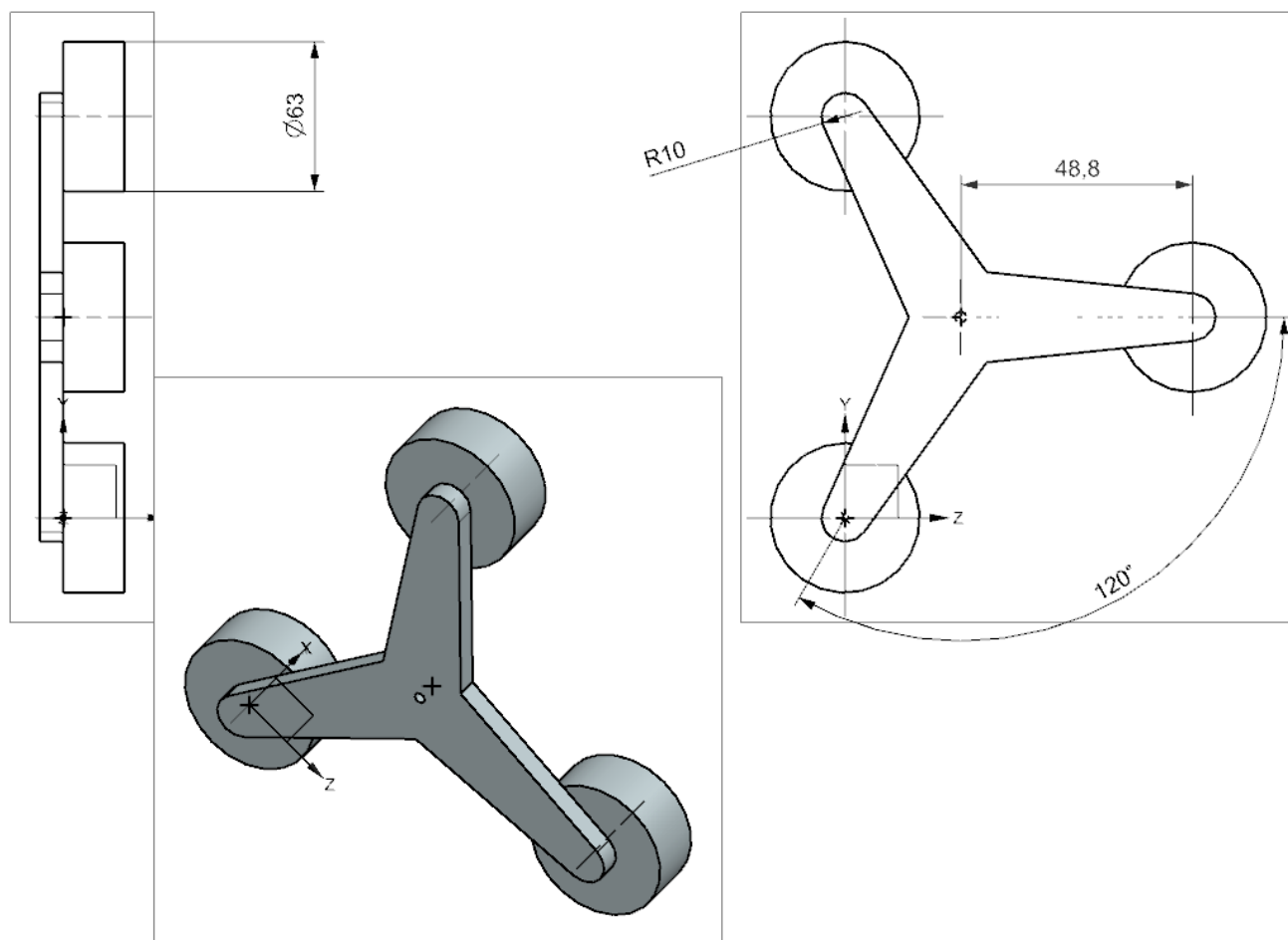
Specyfikacja kół Dagu RW002

- Średnica opony: 65 mm
- Szerokość opony: 26 mm
- Otwór do montażu na silniki Dagu z serii DG01D i DG02S
- W zestawie dwa koła z oponami



Rysunek 20. Specyfikacja wybranych kół zamocowanych na trójpalczastym członie.

Trójpalczasty człon to element którego nie udało się kupić. Został on zamodelowany z przeznaczeniem do wydruku 3D. Model prezentuje się następująco:



Rysunek 21. Rysunek techniczny członu trójpalczastego z kołami

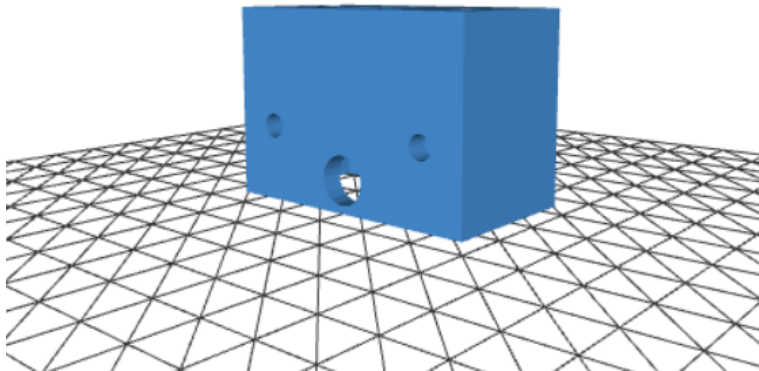
Człon składa się z trzech wystających części, na końcach których zamocowane są koła. Wymiary członu dostosowane są do dobranych kół w taki sposób, aby umożliwić wjazd pojazdu po schodach. Wymiary dobrane zostały tak, aby w momencie dojazdu do schodów dwa koła były w stanie stykać się z podłożem jednocześnie – pierwsze koło ze schodem na których znajduje się pojazd, a drugie ze schodem następnym. Koła są zamocowane nieruchomo do trójpalczastego członu, dzięki czemu ich brak obrotu wokół własnej osi powoduje powstanie tarcia z podłożem i pozwala na wjazd całego pojazdu na kolejny stopień. W trójpalczastej strukturze przewidziano również otwór pod wał silnika. Poniżej na rysunku 12 przedstawiono fotografię rzeczywistego elementu wydrukowanego z zamocowanymi na sztywno kołami



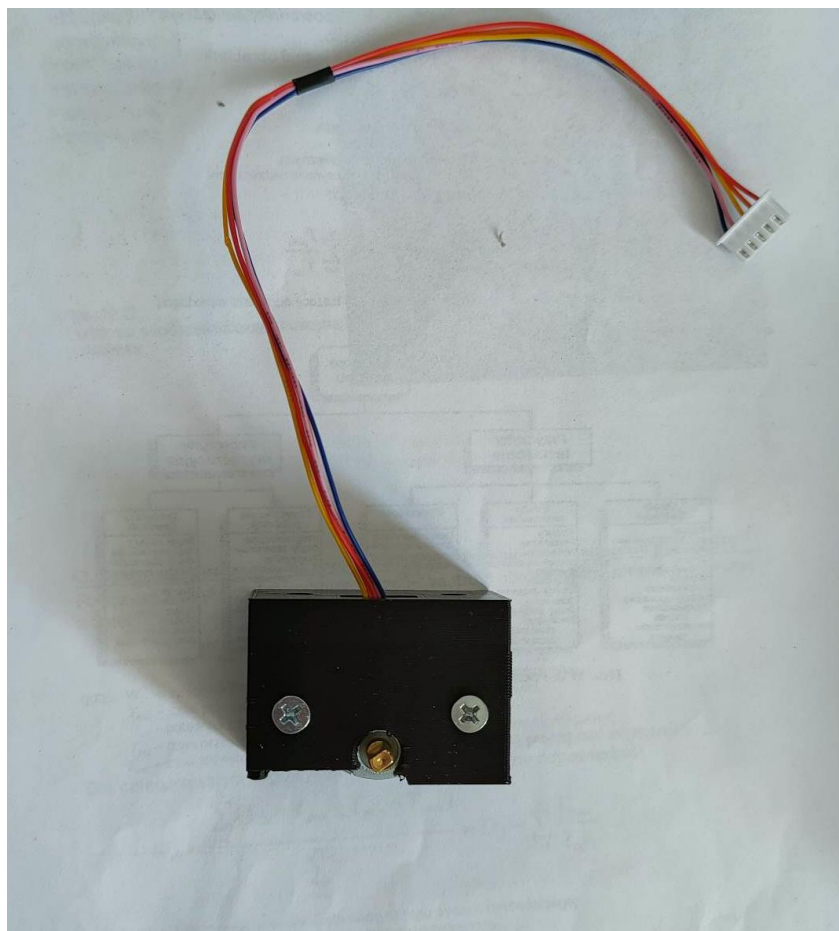
Rysunek 22. Człon trójpalczasty z kołami

Struktura nośna jest także elementem niestandardowym jednak druk 3D tego elementu byłby zbyt kosztowny. W modelu rzeczywistym jako strukturę nośną wykorzystano panel podłogowy który jest tańszym i równie wytrzymałym rozwiązaniem co element z filamentu. Tylna część struktury nośnej została zaprojektowana tak, aby po dołączeniu kół pojazd był równoległy do podłoża. Posiada ona również otwory pozwalające na zamocowanie silnika. Długość struktury dobrana została dostosowana do przeciętnych schodów tak, że pojazd podczas wspinaczki znajduje się maksymalnie na dwóch stopniach schodów. Dodatkowo wymiary struktury (długość i szerokość) przewidują miejsce na zamocowanie niezbędnych elementów elektronicznych.

Podczas składania modelu tylna część struktury została zamieniona na element mocujący silnik ze strukturą, który prezentuje się następująco:

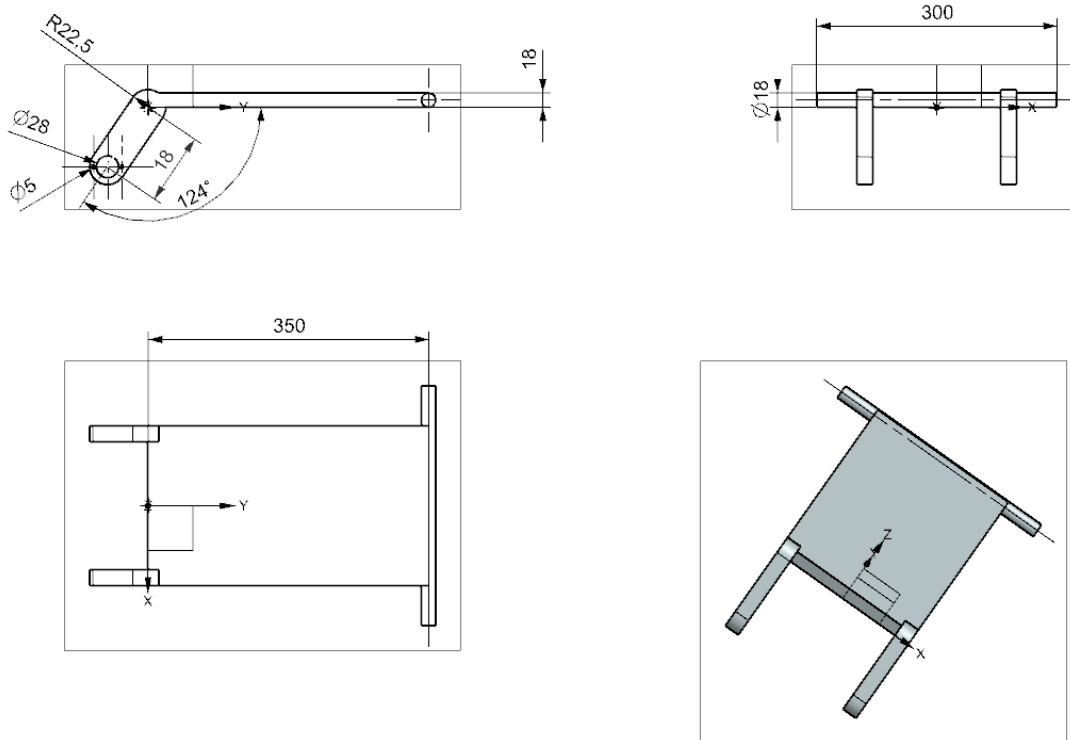


Rysunek 23. Element mocujący silnik ze strukturą nośną – model 3D

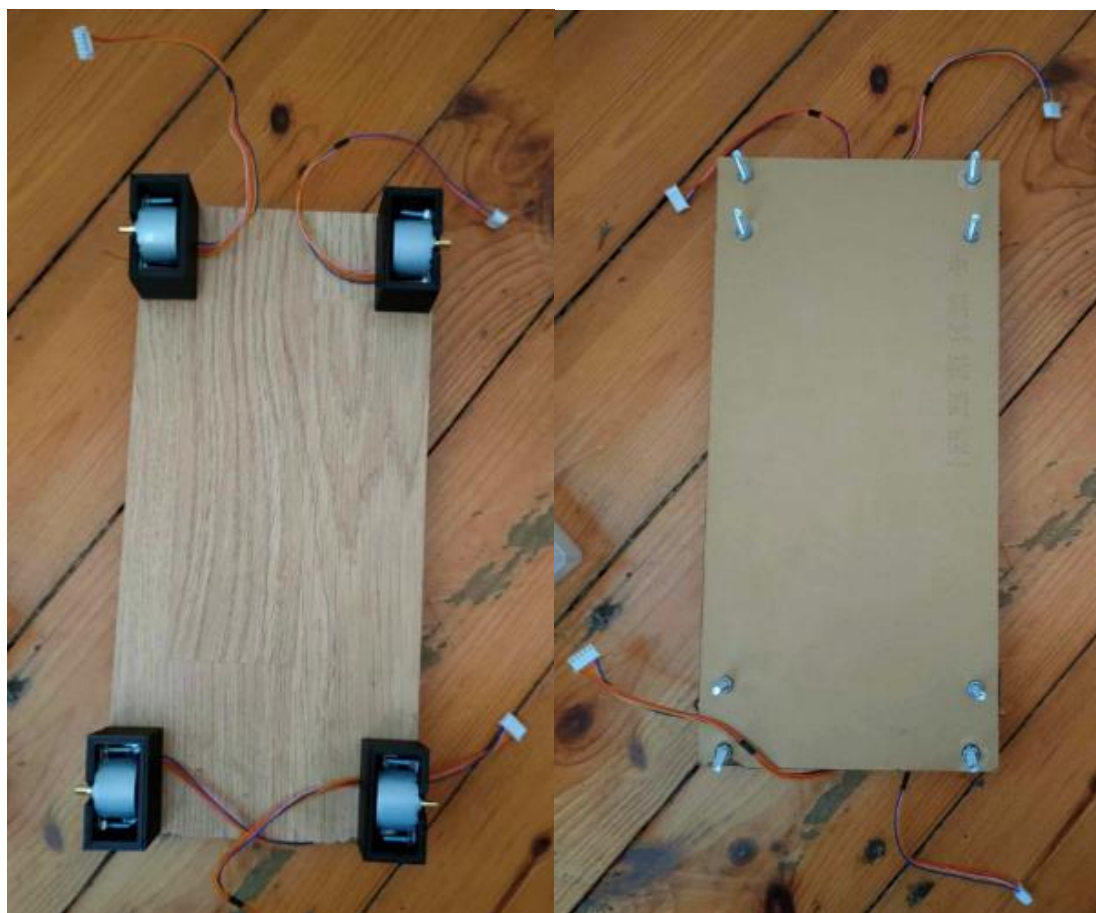


Rysunek 24. Element mocujący silnik ze strukturą nośną

Wymiary elementu zostały dobrane tak, aby płaszczyzna struktury nośnej była równoległa do podłoża.

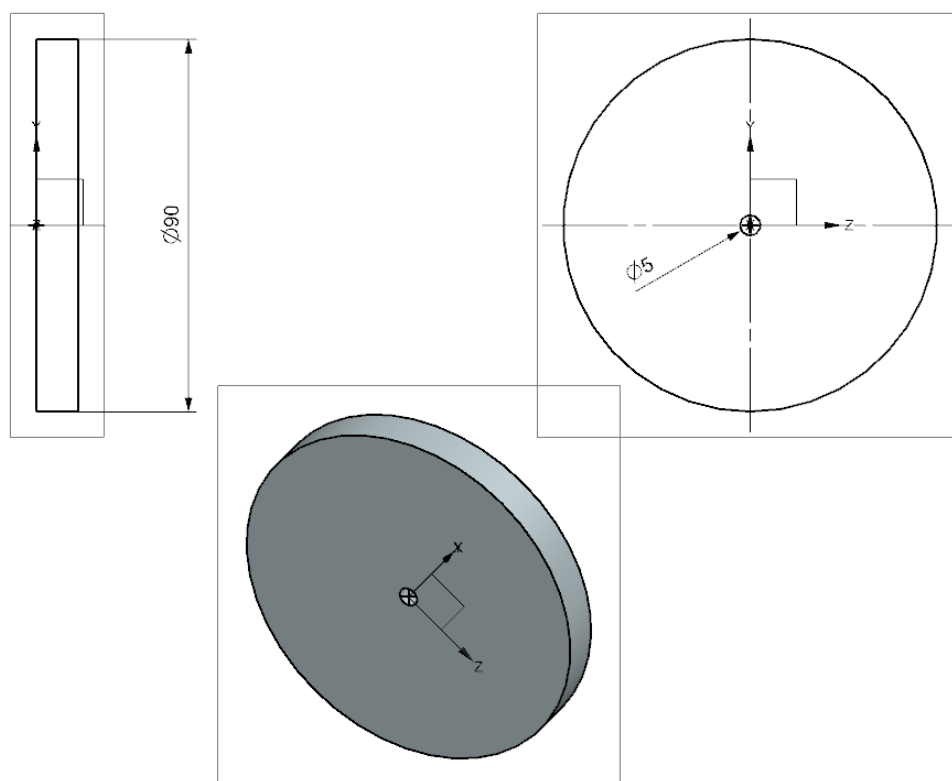


Rysunek 25. Rysunek techniczny struktury nośnej



Rysunek 26. Struktura nośna z zamocowanymi elementami mocującymi silnik. Po lewej widok z dołu po prawej widok z góry.

Duże koło zamodelowano w uproszczony sposób:



Rysunek 27. Rysunek techniczny tylnego koła

Rzeczywiste koło od producenta prezentuje się następująco:



Rysunek 28. Rzeczywiste koło od producenta

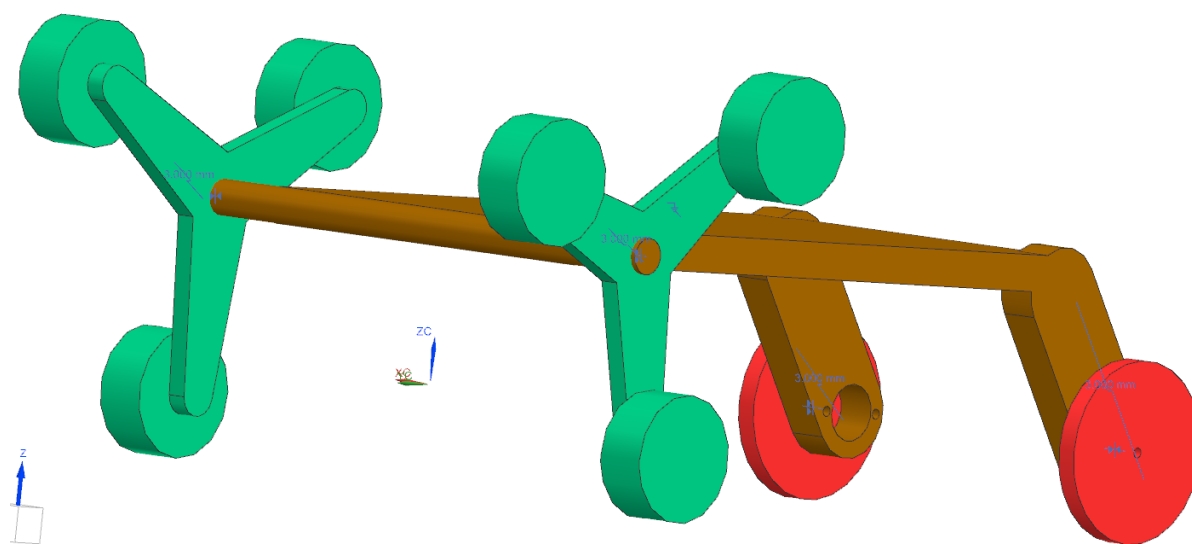
Zamocowanie kół do silnika wymagało użycia hubów mocujących:



Rysunek 29. Hub mocujący

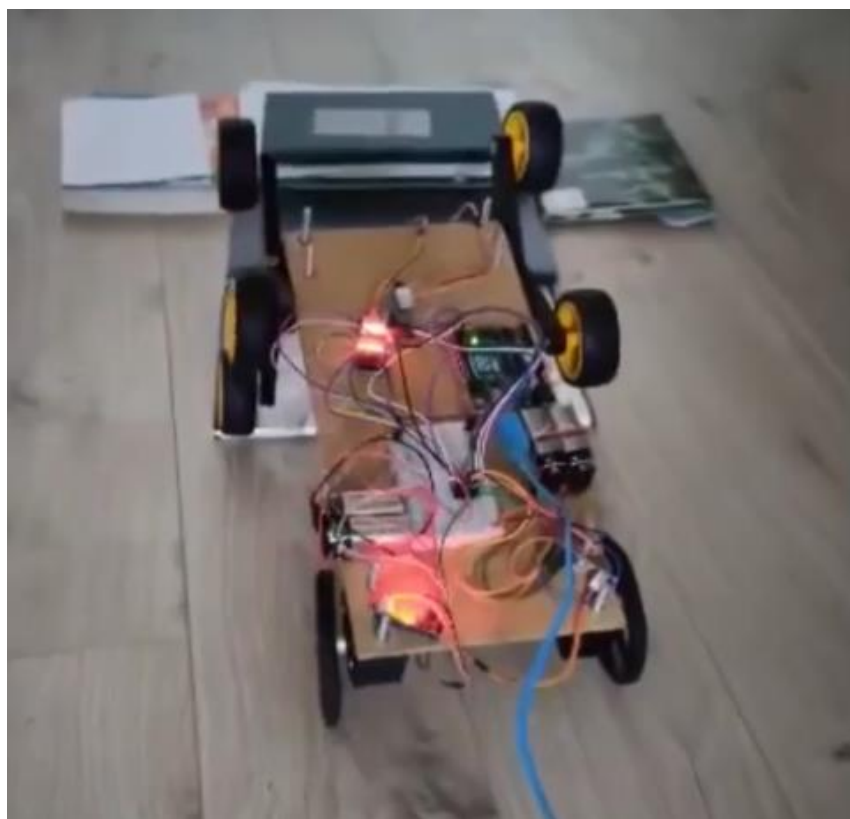
Hub mocujący umożliwia połączenie silnika z kołem. Koło przytwierdzone jest do hubu za pomocą śrub M3. Hub zamocowany jest na wale silnika za pomocą śrub M3 z gniazdem sześciokątnym.

Całościowy model złozeniowy w programie NX prezentuje się następująco:

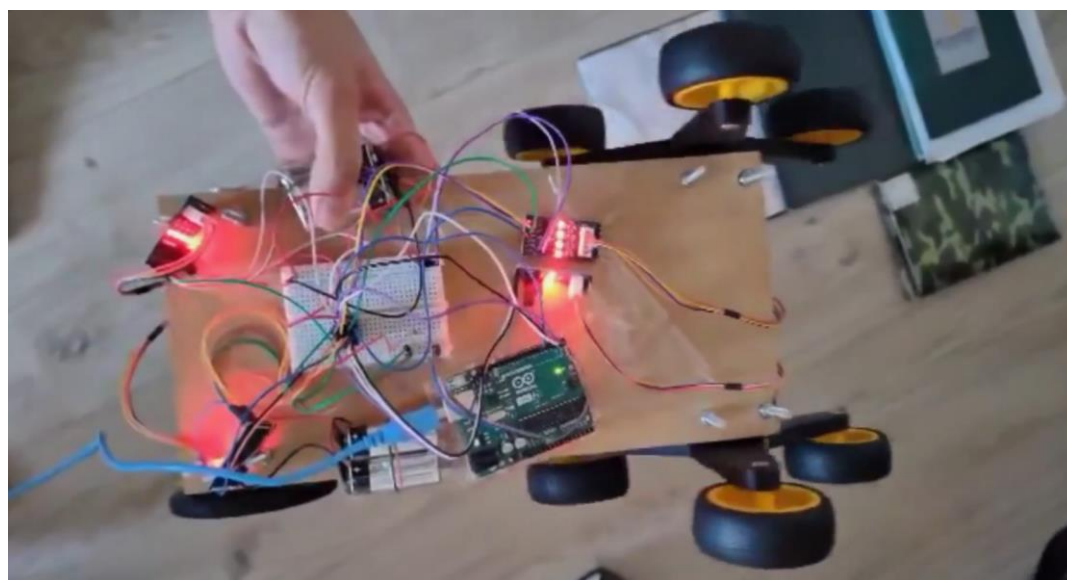


Rysunek 30. Model złozeniowy w programie NX

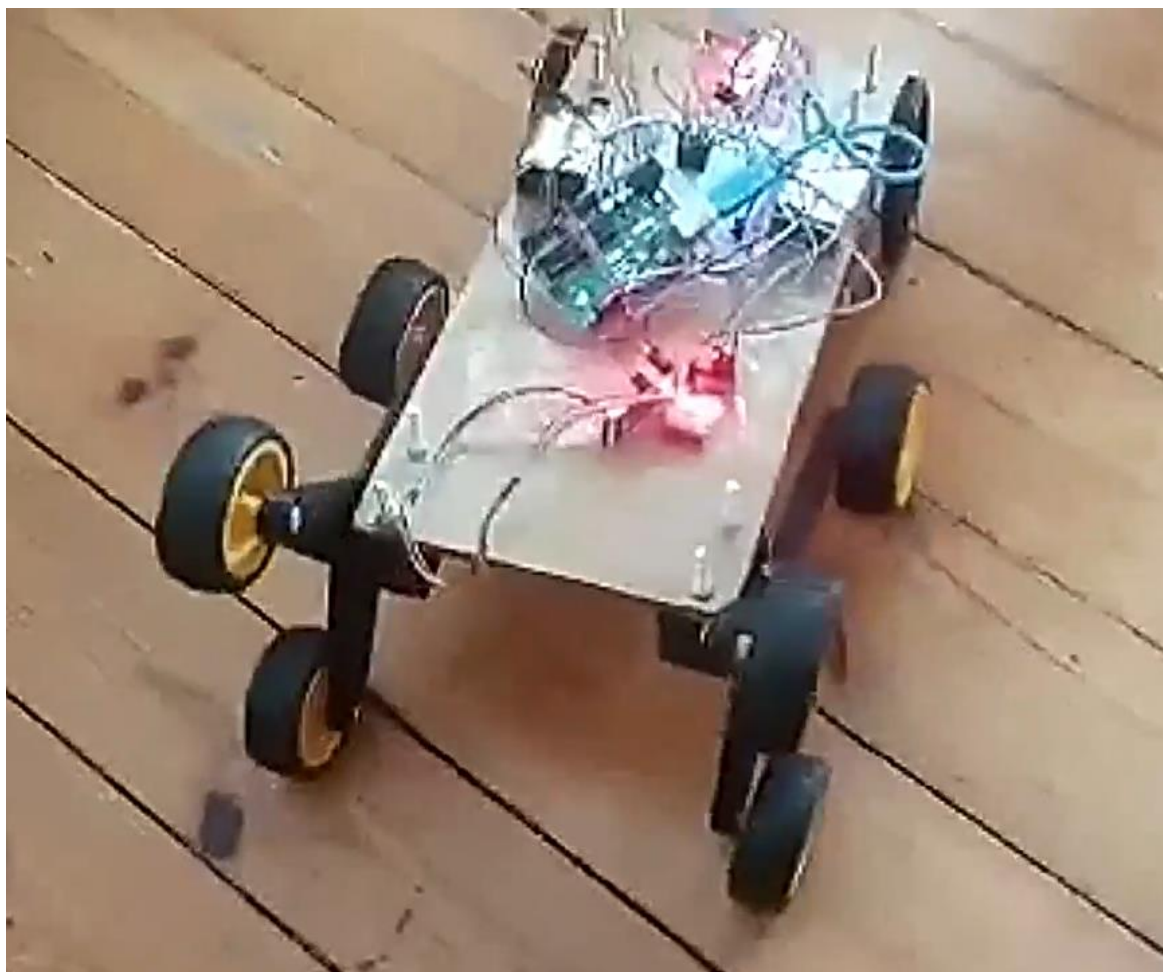
Rzeczywisty, złożony model prezentuje się następująco:



Rysunek 31. Model rzeczywisty (1)



Rysunek 32. Model rzeczywisty (2)



Rysunek 33. Model rzeczywisty (3)

Elementy mocujące silnik ze strukturą nośną (tzw. Pudełeczka) zostały zamocowane z użyciem dwóch śrub M5 oraz nakrętek każdy. Silniki do Pudełeczek przytwierdzone są za pomocą dwóch śrub M4 i nakrętek samokontrujących. Tylne koła połączone są z silnikiem przez hub mocujący oraz wkręty dociskowe M3. Trójpalczasy element jest wciśnięty na wał silnika dzięki zastosowaniu pasowania ciasnego. Dodatkowo, aby umocnić mocowanie element dociśnięty jest do wału silnika za pomocą wkrętu M5. Małe koła są nieruchomo przytwierdzone do trójpalczastego elementu za pomocą śruby M5 i nakrętki samokontrującej. Na powierzchni struktury nośnej znajduje się płytka stykowa połączona z podłożem przez połączenie klejone. W ten sam sposób, obok breadbord'u przytwierdzone jest Arduino. Przewody zasilające silniki wyprowadzone są przez odpowiedni otwór w elemencie mocującym (Pudełeczku) i połączone są z programatorami. Baterie zasilające silniki umieszczone zostały w tylnej części struktury w celu odciążenia przednich silników.

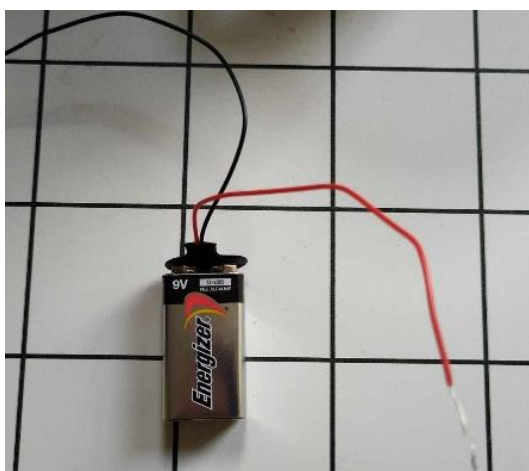
Część elektroniczno- informatyczna

W części elektroniczno - informatycznej konieczne będzie dobranie współpracujących ze sobą elementów które pozwolą na zasilenie, zbieranie oraz przetwarzanie informacji z zewnątrz pozwalających na sterowanie robotem. Jako serce układu wybrane zostało Arduino UNO. Ten popularny mikrokontroler pozwoli na obsługę kilku silników jednocześnie oraz przetwarzanie informacji z czujników. Jednostką napędową układu są cztery silniki krokowe 28BYJ-48. Pracują one na napięciu stałym 5 V i pobierają 0,1 A. Silniki te mają w zestawie sterownik ULN2003. Silnik generuje moment obrotowy 0,03 Nm.



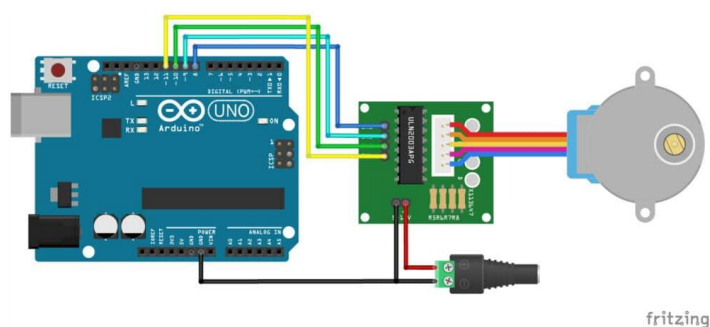
Rysunek 34. Silni krokowy wraz ze sterownikiem

Mikrokontroler Arduino UNO dzięki gotowym bibliotekom pozwala na przyjazne dla użytkownika sterowanie i obsługę silników oraz popularnych czujników. Robot poruszając się po budynkach użyteczności publicznej może mierzyć parametry otoczenia i środowiska takie jak temperaturę, ciśnienie i wilgotność powietrza. Jak głosi prawo Murphy'iego aby urządzenie lepiej działało powinno być podłączone do zasilania. W przypadku naszego robota zasilanie jest realizowane przez 4 baterie 9V o wydajności prądowej 50 mA podpięte szeregowo do siebie. Zapewnia to optymalny prąd dla każdego silnika krokowego. Prąd z baterii jest ograniczany przez rezystor przewlekany 330 ohm. Połączenie baterii zrealizowano za pomocą zworek widocznych na zdjęciu. Arduino, płytka stykowa oraz programatory połączone są przewodami męsko-męskimi oraz męsko-żeńskimi.



Rysunek35. Bateria zasilająca oraz zworki.

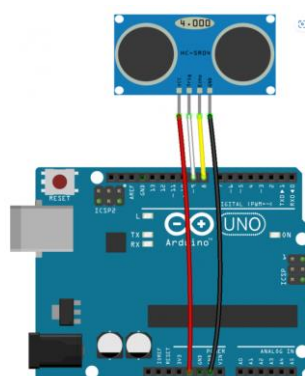
Sterownik silników realizuje swoje działanie przez dwie linie wymiany danych oraz linie zasilania. Schemat podłączenia jest następujący:



Rysunek 36 - Schemat połączenia silnika Arduino oraz sterownika

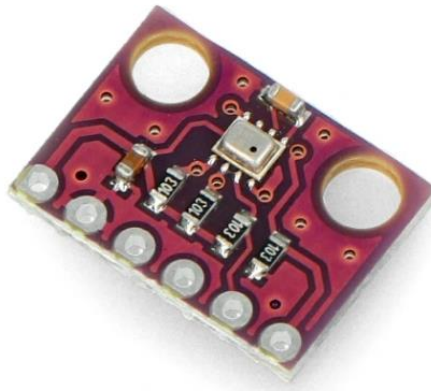
Pomiar odległości będzie odbywać się przy pomocy czujnika HC-SR04

Czujnik odległości zbiera informacje o otoczeniu i przesyła je w postaci sygnału zwrotnego. Posłuży on rozwojowi przyszłego algorytmu samodzielnej jazdy, na podstawie wykrytych elementów. Czujnik będzie stanowić element decyzyjny o przerwaniu bądź kontynuowaniu jazdy



Rysunek 37 - Schemat podłączenia czujnika do Arduino

Czujnik ciśnienia BMP280 będzie mierzyć ciśnienie panujące w pomieszczeniu. Jest to jeden z najtańszych dostępnych na rynku czujników tego typu.



Rysunek 38. Czujnik ciśnienia BMP280.

Do pomiaru wilgotności powietrza oraz temperatury wykorzystano czujnik cyfrowy DHT11.



Rysunek 39. Czujnik temperatury i wilgotności DHT11

W programie sterującym oraz obsługującym czujniki wykorzystano biblioteki:

Stepper.h – obsługa silników krokowych

DHT.h – obsługa czujnika wilgotności i temperatury

Adafruit_BMP280.h – obsługa czujnika ciśnienia otoczenia

Kod sterujący prezentuje się następująco:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <Stepper.h>
#include <DHT.h>

#define BMP_SDA_PIN 4
#define BMP_SCL_PIN 5

#define DHT_PIN 6
#define DHT_TYPE DHT11

#define TRIGGER_PIN 7
#define ECHO_PIN 8

#define STEPPER_PIN1 9
```

```

#define STEPPER_PIN2 10
#define STEPPER_PIN3 11
#define STEPPER_PIN4 12
#define STEPPER_STEPS_PER_REV 2048

Adafruit_BMP280 bmp;
DHT dht(DHT_PIN, DHT_TYPE);
Stepper stepper(STEPPER_STEPS_PER_REV, STEPPER_PIN1, STEPPER_PIN3,
STEPPER_PIN2, STEPPER_PIN4);

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  if (!bmp.begin(BMP_SDA_PIN, BMP_SCL_PIN)) {
    Serial.println("Nie znaleziono czujnika BMP280. Sprawdź połączenia!");
    while (1);
  }

  pinMode(TRIGGER_PIN, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_PIN, INPUT);

  dht.begin();

  stepper.setSpeed(300); // Ustaw prędkość silnika krokowego (w RPM)
}

void loop() {
  readBMP280();
  readDistance();
  readDHT11();
  moveStepper();

  delay(1000); // Poczekaj 1 sekundę przed ponownym odczytem
}

void readBMP280() {
  float temperature = bmp.readTemperature();
  float pressure = bmp.readPressure() / 100.0;
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(temperature);
  Serial.print(" °C\tCiśnienie: ");
  Serial.print(pressure);
  Serial.println(" hPa");
}

void readDistance() {
  digitalWrite(TRIGGER_PIN, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIGGER_PIN, HIGH);
}

```

```

delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TRIGGER_PIN, LOW);

unsigned long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
float distance = duration * 0.034 / 2;

Serial.print("Odległość: ");
Serial.print(distance);
Serial.println(" cm");

if (distance <= 10) {
    // Zatrzymaj silnik krokowy, gdy odległość jest mniejsza lub równa 10 cm
    stepper.setSpeed(0);
} else {
    // Wznowienie ruchu silnika krokowego
    stepper.setSpeed(300); // Ustaw prędkość silnika krokowego (w RPM)
}
}

void readDHT11() {
    float humidity = dht.readHumidity();
    float temperature = dht.readTemperature();

    Serial.print("Wilgotność powietrza: ");
    Serial.print(humidity);
    Serial.print("%\tTemperatura: ");
    Serial.print(temperature);
    Serial.println(" °C");
}

void moveStepper() {
    // Wykonaj jedno pełne obroty silnikiem krokowym
    stepper.step(STEPPER_STEPS_PER_REV);
}

```

Rysunek 40. Kod sterujący silnikami oraz sensorami przez Arduino

PODSUMOWANIE

Projekt początkowo zakładał robota wchodzącego po schodach wykorzystującego kinematykę trójpalczastych struktur nośnych. Ich moment obrotowy miałby być wykorzystywany do przenoszenia robota przez kolejne stopnie schodów. Każdy trójpalczasty element jest wyposażony w koła na końcówkach. Koła są unieruchomione w celu zwiększenia tarcia względem podłoża. Tylne napęd realizowany jest przez dwa koła rozmieszczone po obu stronach osi. Realizują one ruch obrotowy, w celu zwiększenia parcia w krytycznym momencie pokonywania stopnia. We wczesnych fazach projektowania, zakładaliśmy silniki krokowe, JK42HS40-0504 o momencie obrotowym 0,43Nm, zasilanym napięciem stałym 12V, jednak ze względu na ograniczenia finansowe, użyliśmy znacznie tańszych silników. Zrodziło to problem zbyt małego momentu obrotowego. Uniemożliwiło to pokonanie schodów. Zmusiło to nas do zmiany założeń projektowych i stworzenie robota o przeznaczeniu badawczym. Bada on atmosferę i warunki środowiskowe otoczenia. Dzięki czujnikowi odległości, przy dalszym rozwoju zastosowanych technologii, miałby realizować autonomiczne sterowanie. Dane zbierane miałyby być synchronizowane przez chmurę zewnętrzną i obliczane kolejne parametry.

Podobne rozwiązania, które przedstawialiśmy w zestawianiu przykładowych rozwiązań, używały zbyt kosztownych technologii. Spowodowało to brak punktu zaczepienia i brak możliwości użycia podobnych schematycznych rozwiązań.

Nasz robot stanowi pokazową formę zastosowanego łańcucha kinematycznego, jednak ze względu na zbyt mało czasu (jeden semestr) i budżet nasz robot może jedynie stanowić wstęp do podobnych rozwiązań.

Przy następnym takim projekcie kluczowe na pewno bardziej rozwiniętego procesu projektowego i wcześniejszego prototypowania.