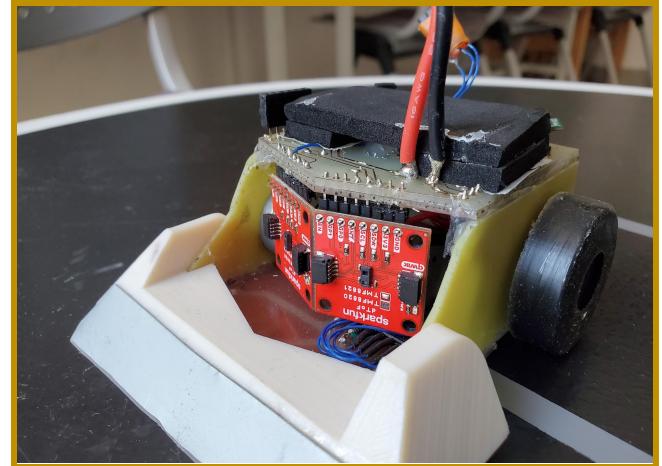


Zuzanna Zimin
Mikołaj Szmigelski

RAPORT PROJEKTU ROBOT SPORTOWY KATEGORII SUMO

Wprowadzenie

Robot sumo to popularna kategoria sportowych zawodów robotycznych organizowanych na całym świecie. Startują w niej pasjonaci w każdym wieku, których łączy pragnienie przesuwania granic rozwoju robotyki nieustannie na przód. Wspomniana konkurencja jest przeniesieniem idei japońskich sportowych pojedynków Sumo do robotyki półamatorskiej. Tak jak w klasycznej odsłonie konkurencji sumo zadaniem wojowników jest wypchnięcie przeciwnika z ringu.



Niniejszy raport zawiera opis podejścia do projektowania robota sumo, oraz wyniki przeprowadzonych testów w trakcie rywalizacji w przestrzeni makerspace. Omówiono również strategię, zastosowane technologie i rozwiązania.

Wstęp teoretyczny

Uproszczony regułamin konkurencji "robot sumo"

1. W walce na ringu biorą udział jednocześnie tylko dwa roboty.

-
2. Ring nosi nazwę dohyo. Ma kształt koła o średnicy 77cm i wysokości 2,5 cm wykonanego z gładkiego drewna pokrytego czarną, gładką, połyskliwą okleiną. Obwiednia koła o szerokości 2,5 cm jest pomalowana kolorem białym.
 3. Roboty mogą mieć maksymalny wymiar 10 x 10 cm (szerokość i długość), a ich masa nie może przekraczać 0,5 kg (nie wliczając pakietu zasilającego).
 4. Zabrania się by robot:
 - a. posiadał części niszczące dohyo,
 - b. posiadał części miotające, strzelające itp.,
 - c. przytwierdzał się do podłoża (np. z wykorzystaniem przyssawki, kleju itp.), zawierał urządzenia do zwiększenia siły nacisku na ring np. pompy próżniowe lub magnesy
 - d. wydzielał jakąkolwiek ciecz, gaz, proszki, czy też nadmierną ilość ciepła (np. w formie ognia),
 - e. używał urządzeń aktywnie zakłócających działanie układu sterowania przeciwnika; w szczególności nie jest dozwolone stosowanie urządzeń oślepiających dalmierze podczerwone robotów np. diod IR,
 - f. używały urządzeń mających na celu uszkodzenie przeciwnika,
 - g. używały magnesów, elektromagnesów,
 - h. był zbudowany w oparciu o gotowe rozwiązania komercyjne, wszelkie kwestie sporne będą rozstrzygane przez sędziego konkursu; w razie wątpliwości co do możliwości użycia gotowych elementów/modułów/schematów, należy zwrócić się do sędziego konkursu,
 - i. używały jakichkolwiek elementów mogących stanowić zagrożenie dla uczestników konkursu,
 - j. używały innych lub dodatkowych układów zasilania robota niż te dostarczone przez zespół Makerspace@UW; w szczególności zabrania się modyfikowania dostarczonych układów zasilania.
 5. Przed przystąpieniem do zawodów, robot musi przejść „test kartki” - polegający na położeniu robota na czystej kartce formatu A4 i gramaturze 80g/m² tak, żeby wszystkie koła dotknęły powierzchni papieru, a następnie podniesieniu go.

Podniesienie kartki wraz z robotem skutkuje niedopuszczeniem robota do walki - o zdaniu testu ostatecznie decyduje sędzia.

6. Koszt robota nie może przekraczać 700 zł nie wliczając źródła zasilania

Przyjęta strategia

Po wnikliwej analizie regulaminu oraz materiałów dokumentujących przebieg rywalizacji w tej konkurencji wyróżniliśmy kilka istotnych aspektów technicznych i strategicznych, które naszym zdaniem mają największy wpływ na zwycięstwo w starciu.

Siła napędowa

Rozważając problem bezpośredniego starcia czołowego robotów, w oparciu analizę równania ruchu uproszczonego modelu robota, uznaliśmy, że aby wygrać pojedynek w zwarciu robot musi dysponować większą niż przeciwnik siłą napędową. Stwierdziliśmy również, że na wartość tego parametru mają wpływ następujące czynniki:

1. Moment obrotowy silników/zestawów napędowych
2. Współczynnik tarcia opon z powierzchnią ringu
3. Masa robota
4. Rozkład masy robota oraz umiejscowienie kół

Szybkość

Analizując nagrania z walk najróżniejszych konstrukcji twórców z całego świata doszliśmy do wniosku, że cechą wspólną zwycięzców jest ich duża szybkość. Szybki robot, w krótszym czasie znajduje na ringu przeciwnika oraz jest dla niego bardziej nieprzewidywalny. Dodatkową zaletą jest to, że robot osiągając wyższą prędkość niż przeciwnik o tej samej masie uzyskuje większy pęd stanowiący przewagę przy zderzeniu.

Autonomia

Zgodnie z wymogiem regulaminu roboty muszą działać w pełni autonomicznie. Aby to osiągnąć konieczne było użycie jakiegoś rodzaju czujników, które mogłyby dostarczyć robotowi informacji o stanie otoczenia. Stwierdziliśmy, że najistotniejszymi informacjami w kolejności ważności są:

1. Pozycja linii brzegowej aren - informacja o najechaniu na linię umożliwia zapobieganie jej przekraczania
2. Pozycja przeciwnika - detekcja, ocena odległości oraz ocena położenia przeciwnika względem robota umożliwia zaimplementowanie w programie funkcji jego poszukiwania, śledzenia i celowego atakowania a także robienia np. prostych uników wrogiego ataku
3. Pozycja absolutna na ringu - informacja zwrotna o tym jak robot się porusza i w którym punkcie ringu się znajduje pozwala na zaimplementowanie w programie funkcji oceny stanu robota np. czy się zaczepił o ring i może należałyby wykonać manewr cofania lub czy nie doszło do równego zwarcia czołowego, w którym roboty siłują się w miejscu co byłoby sygnałem do wykonania jakiegoś rodzaju zwodu.

Realizacja techniczna

Po wykonaniu powyższej analizy teoretycznej z uwzględnieniem elementów strategicznych przystąpiliśmy do technicznej realizacji wyróżnionych istotnych naszym zdaniem funkcjonalności.

Podzespoły

W pierwszej kolejności zdecydowaliśmy się dobrać odpowiednie podzespoły, które umożliwią nam realizację naszej strategii

Układ sterujący

Na główną jednostkę sterującą naszym robotem wybraliśmy bardzo mały, tani moduł Waveshare Zero z popularnym dwurdzeniowym mikrokontrolerem RP 2040. Posiada on wiele wyprowadzeń GPIO dwa oddzielne kontrolery magistrali i2c oraz bardzo fajną programowalną diodę RGB.

https://botland.com.pl/plytki-z-mikrokontrolerem-rp2040/20536-rp2040-zero-ptytka-z-mikrokontrolerem-rp2040-wersja-mini-waveshare-20187-5904422381561.html?cd=18298825651&ad=&kd=&gclid=CjwKCAjwh8mlBhB_EiwAsztdBJzl-VYUVfaMe4J_3RIK6-SHBqflldnddfNI_2fvgqZKG92G-ljtBoCPUGQAvD_BwE



Silniki

Po długich poszukiwaniach wybraliśmy silniki DC będące klonami silników pololu 1571 o dużym jak na swoje wymiary momencie obrotowym i dużej prędkości obrotowej



Silnik 25Dx48L 9.7:1 6V 1010RPM zamiennik Pololu 1571

Indeks: S25DX48/9.7:1/1010
EAN: 0089925980604

Kategoria: Silniki DC z przekładnią
Waga: 0.1 kg

Parametry:

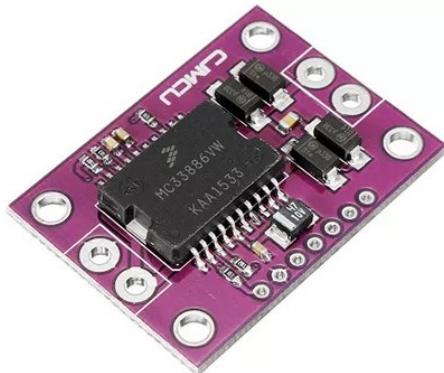
Napięcie zasilania: 6 V

Wymiary [mm]: 25 x 48

Prędkość obrotowa [Obr/min]: 1010

Moment obrotowy: 0.12 Nm

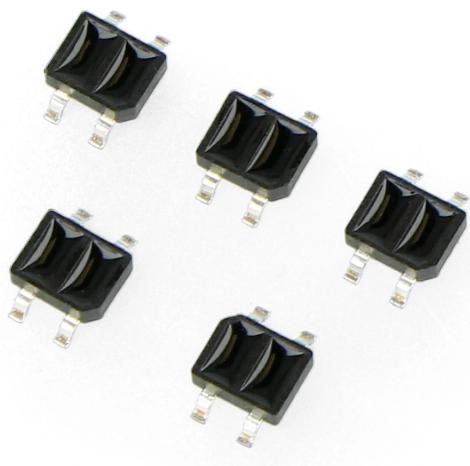
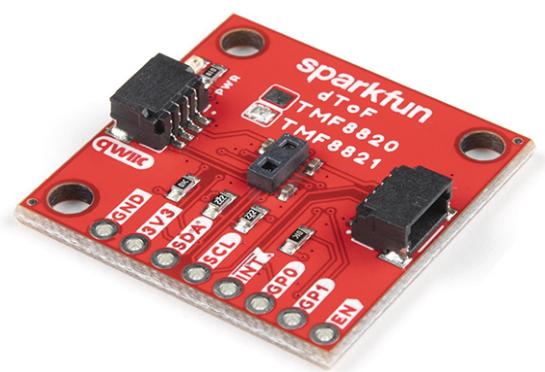
Przekładnia: 9.7:1



Aby silnikom nie zabrakło mocy oraz żeby właściwie nimi sterować dobraliśmy na wyrost moduł sterownika silników dc MC 33886

Detektory ToF

Aby robot mógł skutecznie monitorować położenie przeciwnika wybraliśmy zaawansowane i nowoczesne moduły Sparkfun z czujnikiem ToF(time of flight) TMF8821. Są to czujniki nietypowe bo potrafią mierzyć odległość jednocześnie w 16 punktach na matrycy 4x4. Posiadają również niezbędny system niwelowania wpływu światła dziennego. Działają skutecznie do 5m zasięgu a w interesującym nas zakresie pracy 0-70 cm mają niepewność bliską 1mm co jest niespotykane w tego typu czujnikach.

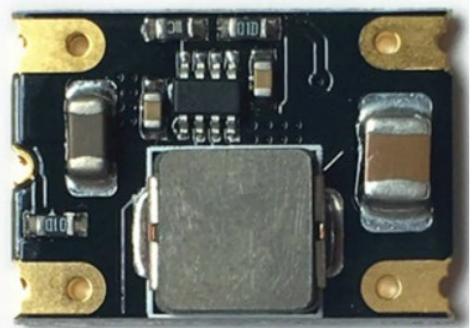


Czujniki linii

Aby skutecznie zapobiec wyjeżdżaniu robota za linię zdecydowaliśmy się na rozmieszczenie czterech najprostszych czujników odbiciowych opartych na fototranzystorze na krawędziach robota.

Stepdown

Do odpowiedniego zasilenia wszystkich czujników potrzebny nam był dodatkowy stepdown, który obniży napięcie z baterii do 3.3V



Pilot

Żeby zdalne sterowanie robotem było możliwe zdecydowaliśmy się użyć standardowego modułu czujnika IR z pilotem.

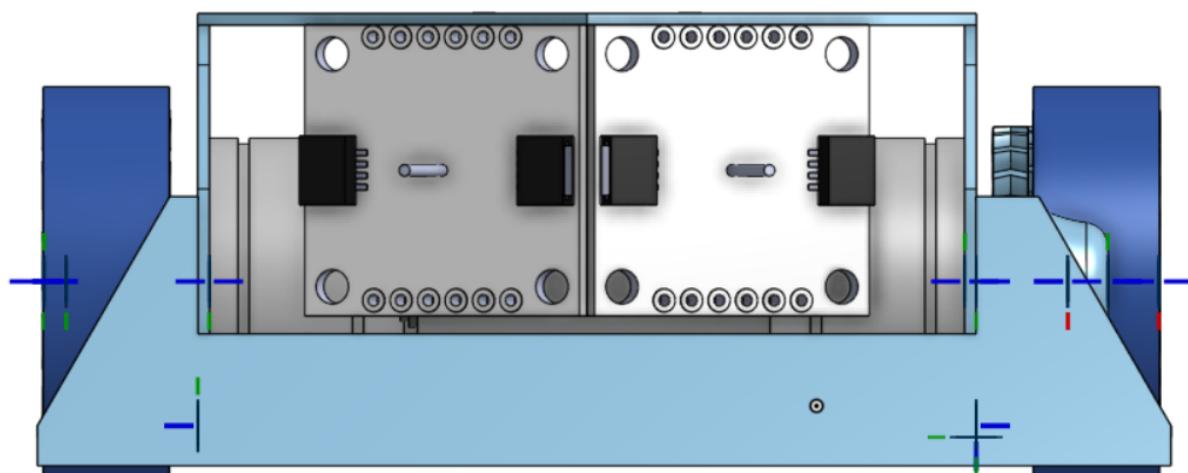
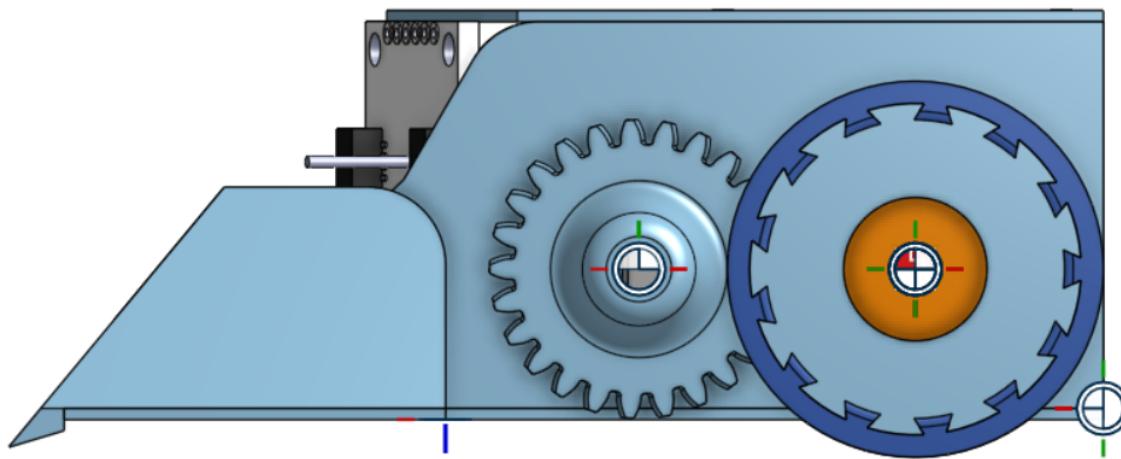
Enkoder absolutny

Aby sprostać wyzwaniu dostarczenia robotowi informacji o pozycji i przemieszczeniu w roli enkodera absolutnego przewidzieliśmy czujnik inercyjny MPU 6886.



Projekt techniczny

Model techniczny

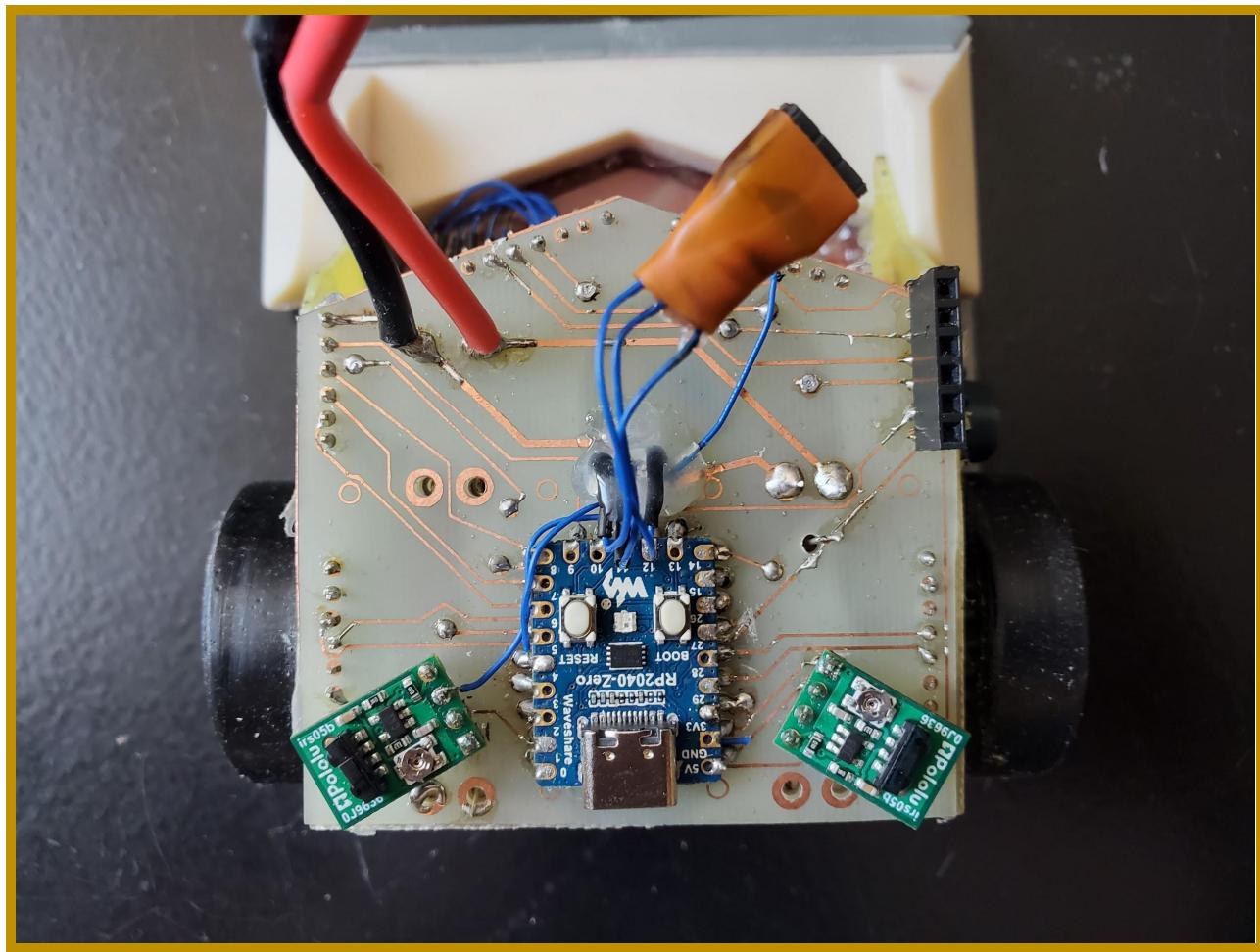


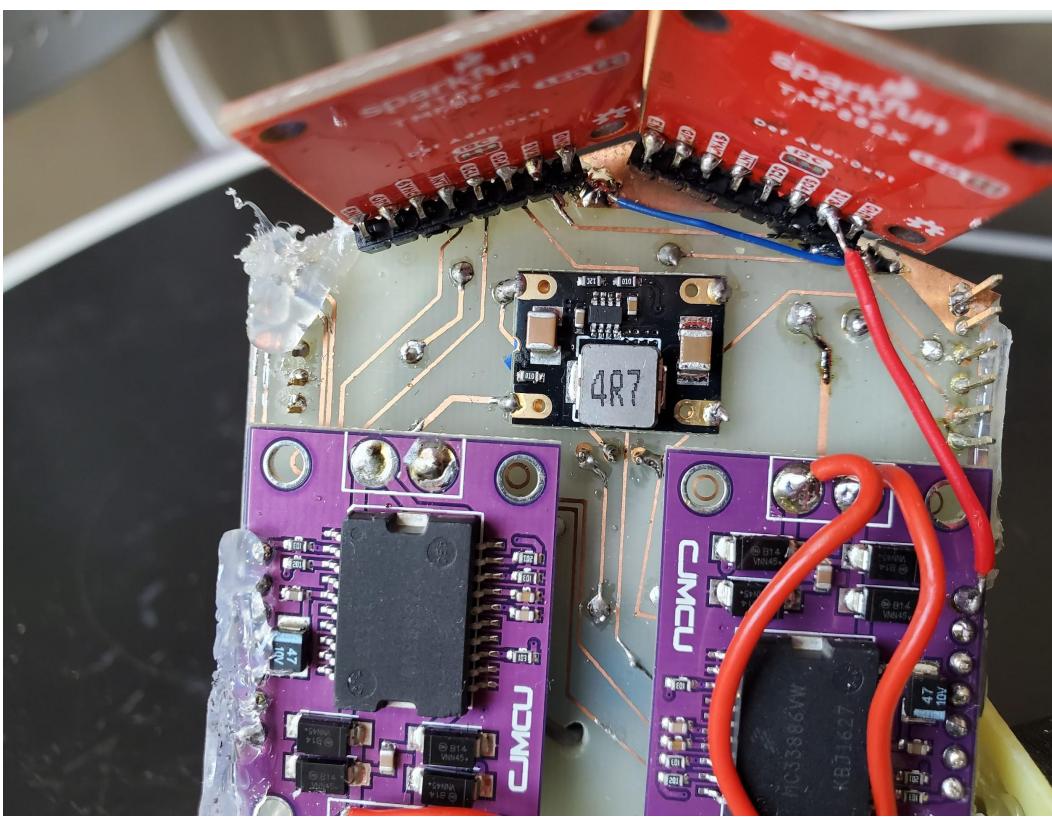
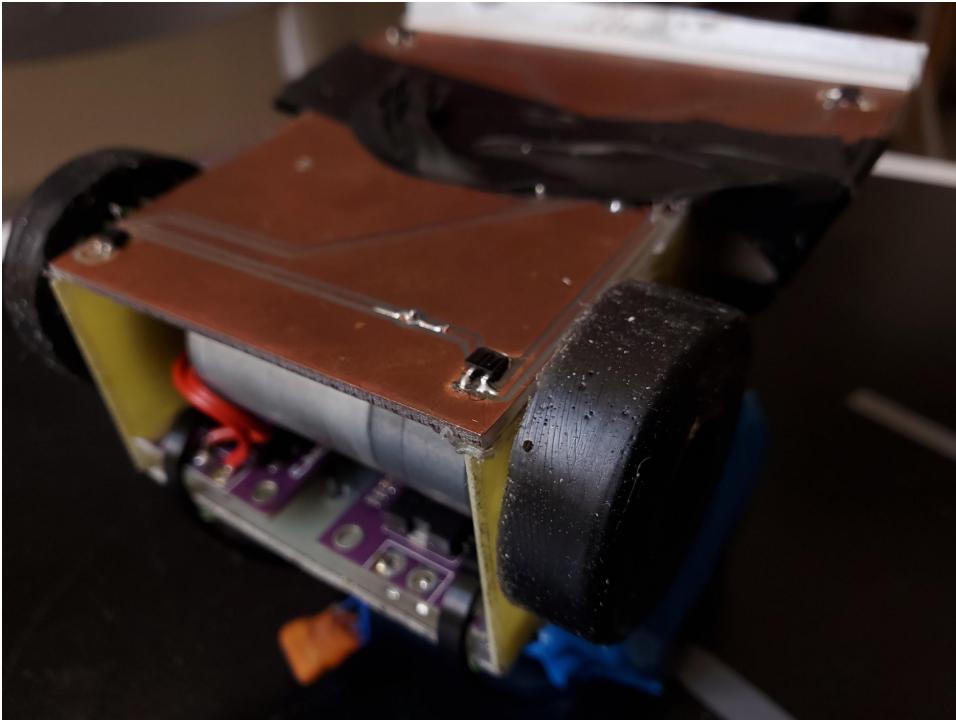
Model CAD wykonaliśmy w darmowym programie ONSHAPE. Pełna dokumentacja modelu technicznego jest dostępna pod linkiem:

<https://cad.onshape.com/documents/7a5326ff6eddfc87743a902e/w/6239f6320ab42ab3af317afb/e/790a47894d352a458ff4a814?renderMode=0&uiState=64b29bd82832ba3936b877a>

Układ elektroniczny

Żeby robot działał prawidłowo konieczne było odpowiednie połączenie wyżej wymienionych komponentów. Zdecydowaliśmy się umieścić je na dwóch dwustronnych płytach PCB. Schemat połączeń zrobiliśmy w programie easyEDA a następnie przygotowaliśmy projekt płytek, które sami wyprodukowaliśmy w pracowni chemicznej Makerspace.





Technologia produkcji

Rama

Zdecydowaliśmy, że optymalnym i funkcjonalnym rozwiązaniem będzie wykonanie całej konstrukcji z laminatu PCB i sklejenie wykonanych z niego elementów gorącym klejem. Spód i element wierzchni stanowią płytki z komponentami. Część dolna łączy czujniki odbiciowe do detekcji linii oraz odpowiednie dla nich rezystory. Część górna stanowi mózg robota, zamontowane są na niej wszystkie pozostałe komponenty elektroniczne.

PCB

Płytki PCB zostały wyprodukowane w procesie wytrawiania miedzi w odpowiedniej soli. Na laminat pokryty miedzią oraz pomalowany cienką warstwą fotopolimeru nałożyliśmy maskę wydrukowaną na przeźroczystej folii a następnie oddaliśmy odsłoniętą część fotopolimeru promieniowaniu ultra fioletowemu. Naświetloną część fotopolimeru rozpuściliśmy. W ten sposób przygotowaną płytke można było następnie poddać wytrawianiu. Wytrawione płytki z elektroniką oraz boczne panele robota wycięliśmy w oczekiwany kształt z użyciem piły taśmowej.

Plug

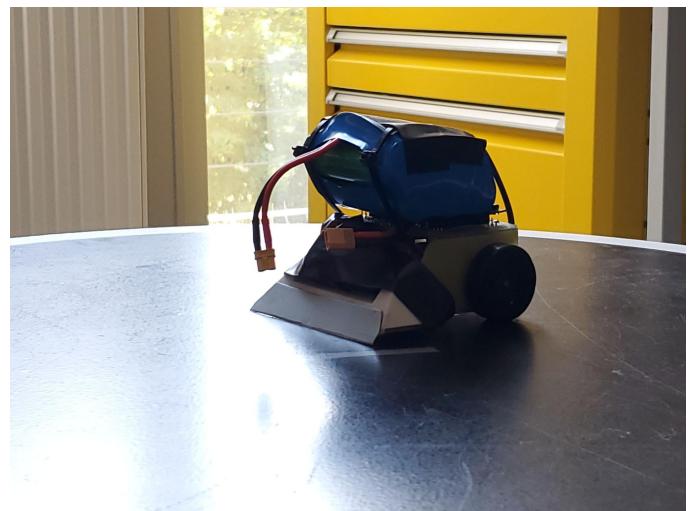
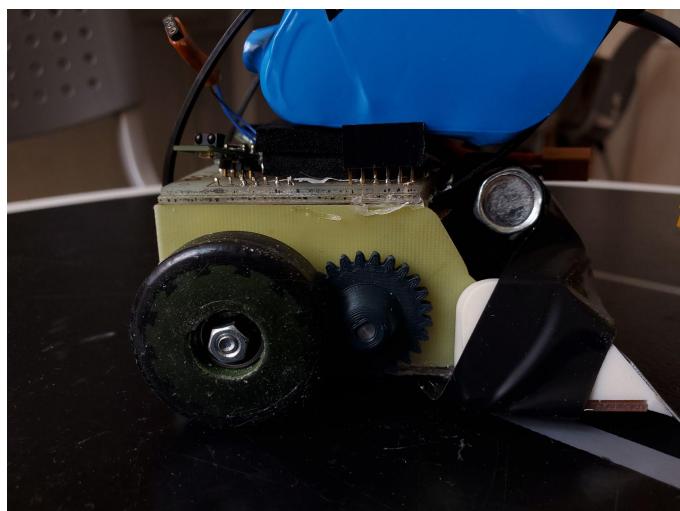
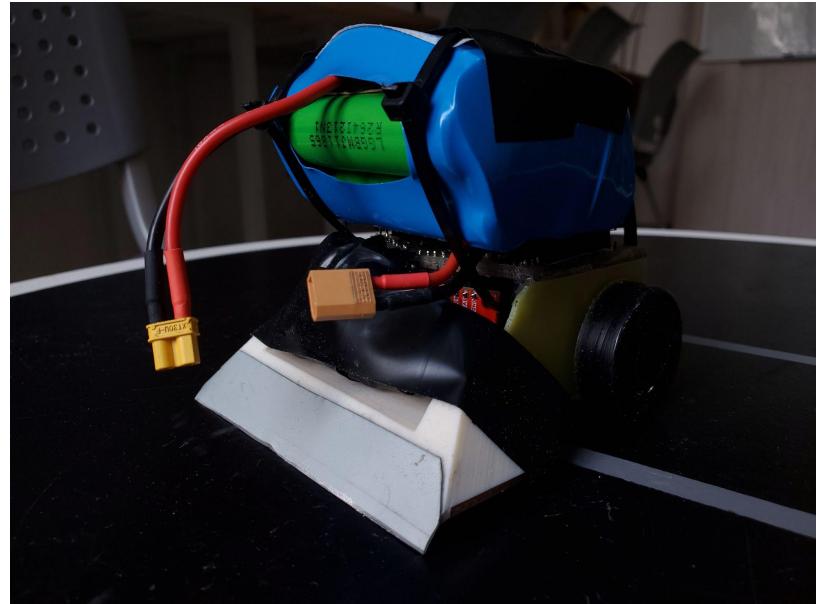
Biały element na przodzie robota wykonany w technologii druku 3D pełnił wiele рол. Przede wszystkim stanowił usztywnienie i łącznik trzech najbardziej obciążonych płyt konstrukcyjnych (spód, boki). Drugą rolą elementu było stworzenie płaszczyzny mocowania dla ostrza znajdującego się na froncie służącego do podbijania przeciwnika w chwili zderzenia.

Koła

Koła robota musiały być możliwie miękkie oraz mieć wysoki współczynnik tarcia z powierzchnią dohyo. Po przeprowadzeniu testów i badań współczynnika tarcia próbek najróżniejszych materiałów zdecydowaliśmy się wykorzystać koła z poliuretanową oponą odlewana na plastikowym, drukowanym rdzeniu.

Efekt końcowy

W efekcie zmagań w konkurencji zorganizowanej w Makerspace nasza drużyna w finałowej, emocjonującej walce zdobyła 2 miejsce. Uważamy, że największym atutem naszej konstrukcji była dobra przyczepność oraz duża moc napędowa. Niestety wiele rzeczy zawiodło. Dociągnięcie robota baterią o wadze 300 gramów spowodowało, że frontowe ostrze zaczęło się wrzynać w delikatną powierzchnię Dohyo co powodowało zatrzymywanie się urządzenia. Wszystkie komponenty pomyślnie przeszły testy połączenia i działały poprawnie. Nieszczęśliwie okazało się jednak, że dostarczone przez producentów biblioteki do obsługi podzespołów nie współpracują poprawnie ze środowiskiem programowania mikrokontrolera co uniemożliwiło w dostępnym czasie wykorzystanie w walce żadnego z nich poza silnikami i czujnikami linii.



Wnioski

Robot został skonstruowany poprawnie i wykazał dużą skuteczność bojową mimo licznych problemów i niedziałania bardzo istotnych elementów. W naszej opinii i po uwzględnieniu wniosków wyciągniętych podczas rozgrywek w MS, należy przemodełować mocowanie płygu aby zapobiec wrzynaniu się robota w powierzchnię ringu. Dodatkowo w wyniku problemów z bibliotekami, aby uzyskać pełną sprawność i funkcjonalność robota należy wykonać oprogramowanie komunikując ze sobą podzespoły z wykorzystaniem adresowania rejestrów.

