



**KoNaR**

KOŁO NAUKOWE ROBOTYKÓW

---

RAPORT Z ROBOTA KLASY MINISUMO  
”Thingrin”

---

RAFAŁ JÓZWIK  
PATRYK PHAM QUOC  
PAWEŁ RYMAN

KOŁO NAUKOWE ROBOTYKÓW KONAR

[WWW.KONAR.PWR.WROC.PL](http://WWW.KONAR.PWR.WROC.PL)

13 STYCZNIA 2014

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Założenia projektowe</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Elektronika</b>	<b>2</b>
3.1	Wykorzystane elementy . . . . .	2
3.2	Schemat ideowy . . . . .	3
3.3	Schemat PCB . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Konstrukcja mechaniczna</b>	<b>5</b>
4.1	Płytki PCB . . . . .	5
4.2	Obudowa . . . . .	6
4.3	Napęd . . . . .	7
4.4	Ośłona . . . . .	7
4.5	Czujniki białej linii . . . . .	7
4.6	Bateria . . . . .	9
4.7	Zmiany wprowadzone w noc przed zawodami . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Program</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Wnioski</b>	<b>12</b>

## 1 Wstęp

Robot klasy minisumo o nazwie "Thingring" został stworzony w ramach warsztatów rekrutacyjnych do Koła Naukowego Robotyków KoNaR. Robot był tworzony przez dwa tygodnie przed zawodami Robotic Arena 2013, w których wystartował, wygrywając jedną z sześciu walk w swojej grupie. Z grupy robot nigdy nie wyszedł.

Był to pierwszy robot konstruowany przez członków zespołu, więc nie miał najlepszych osiągnięć, wręcz przeciwnie. Najważniejsze jest jednak to, że członkowie nabyli ogromne doświadczenie budując tego robota, które pozwoli im w przyszłości stworzyć kolejne, znacznie lepsze konstrukcje.

## 2 Założenia projektowe

Ponieważ była to pierwsza w życiu tego typu konstrukcja, założenia projektowe były bardzo skromne, gdyż nie wiedziano o wielu aspektach pracy nad takim projektem.

Założono, że robot będzie miał konstrukcję prostopadłościanu z niewielkim pługiem z przodu. Długość pługu miała być dobrana do tego, jak ciasno uda się zmieścić wszystkie elementy wewnątrz bryły. Robot miał mieć koła w jednej trzeciej odległości od tyłu, czyli mniej więcej 3,3 cm, gdyż konstrukcja miała nie przekraczać 10 cm, a chciano, aby wykorzystywała jak najwięcej z tego, co może. Z przodu miały znajdować się trzy czujniki zbliżeniowe, a w czterech rogach na dole czujniki białej linii. Nie zaprojektowano robota w żadnym programie graficznym przeznaczonym, co okazało się zgubne i przysporzyło wielu kłopotów.

## 3 Elektronika

### 3.1 Wykorzystane elementy

Mikrokontroler jaki wykorzystano przy tworzeniu robota to bardzo popularna Atmega 88PA w obudowie SMD. Ma prosty zestaw pinów, jej dokumentacja jest dostępna w internecie, a oprócz tego znaleźć można na jej temat wiele prac oraz przykładów wykorzystania. Ponieważ autorzy projektu nie mieli dużego doświadczenia, uznano, że z tym mikrokontrolerem praca będzie łatwa,

a w razie problemów będzie gdzie znaleźć odpowiedź.

Do sterowania silnikami użyto dwa mostki TB6612FNG również w obudowie SMD. Pozwoliły one na obracanie silnikami w obu kierunkach. Użyto dwa - po jednym na każde koło, mostkując odpowiednie ścieżki. Pozwoliło to zmniejszyć natężenie prądu przepływającego przez mostek, który będąc dużo większy, gdyby podpiąć do mostka dwa silniki, mógłby go spalić. Zmniejszono więc to ryzyko i rzeczywiście, żaden mostek nie spalił się ani przed ani podczas zawodów.

Z mostkami połączono silniki firmy Pololu w wersji HP z przekładnią 50:1, która pozwoliła uzyskać dużą moc, natomiast do osi silników zamocowano koła firmy Solarbotics, która dość dobrze sprawowała się na zawodach.

Do wykrywania przeciwnika użyto trzech cyfrowych czujników odległości Sharp GP2Y0D340K o zasięgu 40 cm.

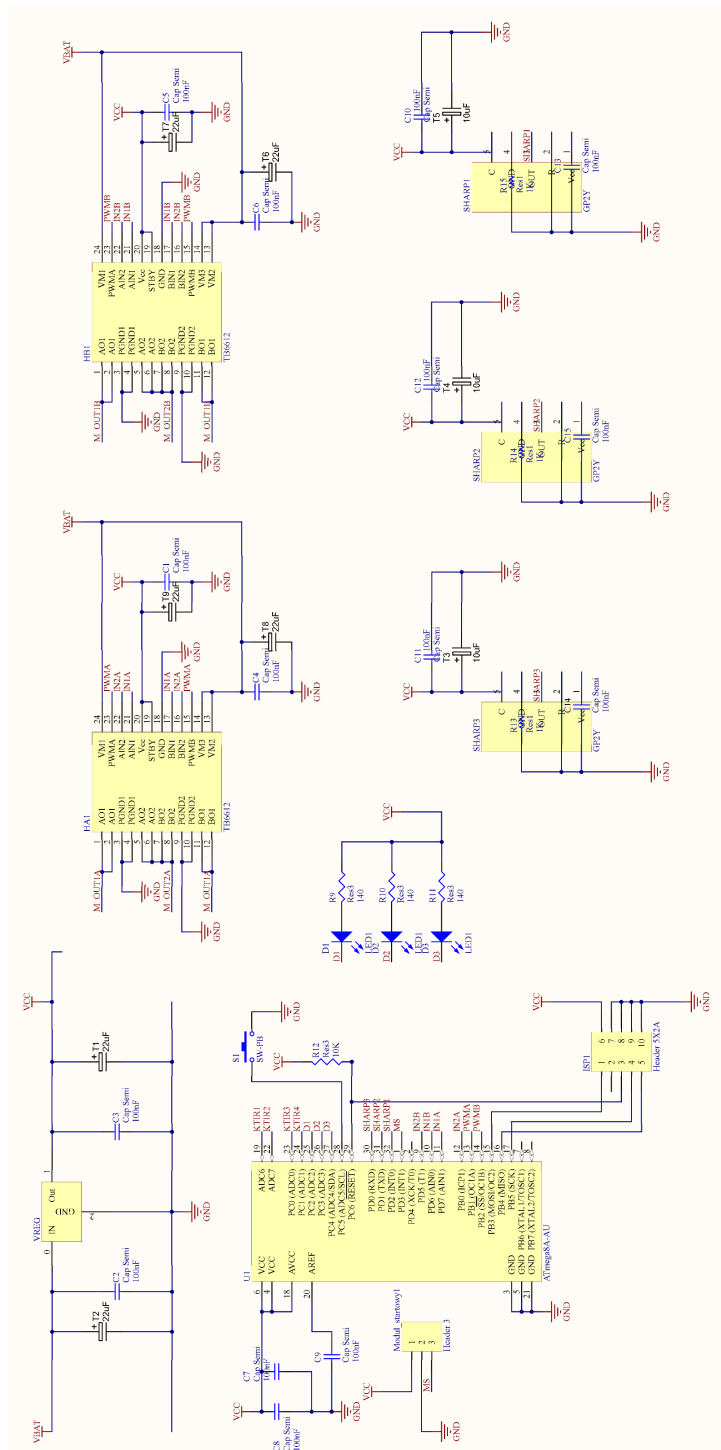
Rolę czujników białej linii miały spełniać cztery czujniki odbiciowe KTIR0711S. Nie zostały jednak wykorzystane z przyczyn technicznych, co opisane jest w dalszej części raportu.

Do zasilania użyto baterię LiPol firmy Dualsky o pojemności 800 mAh. Bateria była dwucelowa i łącznie dawała napięcie 7,4 V. Ponieważ do zasilania podzespołów potrzeba było 5 V, zastosowano regulator napięcia 7805CD2T w obudowie SMD TO252.

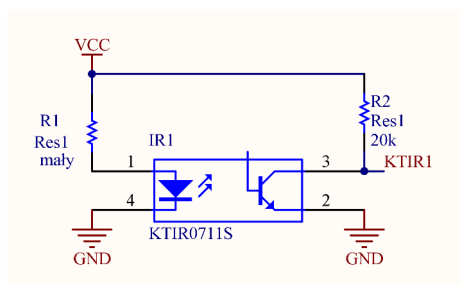
Oprócz tych najważniejszych elementów, wymienionych powyżej, zastosowano kondensatory ceramiczne i tantalowe, rezystory, diody, włącznik zasilania, włącznik programowy oraz, oczywiście, laminat dwustronny, który pokryty był warstwą światłoczułą.

### 3.2 Schemat ideowy

Na rysunku 1 widać schemat ideowy płytki, natomiast na rysunku 2 - schemat ideowy czujnika odbiciowego KTIR. Połączenia przemyślano tak, aby wszystkie peryferia były podpięte do mikrokontrolera tak, aby wykorzystywać piny cyfrowe. Jedyne piny, których nie można było w ten sposób wykorzystać to ADC6 i ADC7. Do nich jednak podpięto dwa z czterech KTIR-ów. Kanały PWM obu mostków podpięto do pinów OC1A i OC1B mikrokontrolera odpowiadające wyjściom timerów, aby w łatwy sposób sterować modulacją szerokości impulsów.



Rysunek 1: Schemat ideowy płytki



Rysunek 2: Schemat ideowy czujnika białej linii

### 3.3 Schemat PCB

Schemat płytki drukowanej widać na rysunku 3, natomiast czujnika KTIR - na rysunku 4. Poprowadzenie ścieżek przysporzyło autorom projektu najwięcej kłopotów. Było to najbardziej żmudne zadanie, wymagało ogromnego skupienia i systematyczności, gdyż łatwo było zapomnieć o jakimś detalu. Na szczęście środowisko Altium Designer, którego użyto przy projektowaniu płytki podpowiada użytkownikowi, które piny nie zostały jeszcze połączone, a które zostały połączone źle, a właściwie nawet nie dopuszcza do takiej sytuacji. Rysunki obu płytek zostały pokazane bez wylewnia masy (co, oczywiście, uczyniono), aby ich nie zaciemniać.

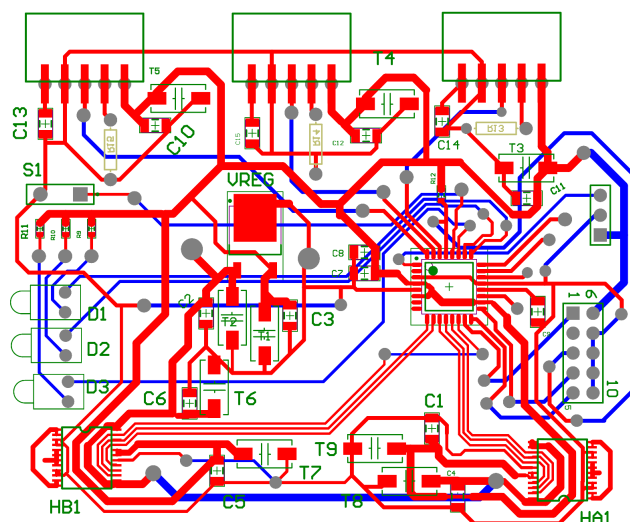
Zarówno przy projektowaniu schematu ideowego, jak i PCB, uzyskano od członków koła niezastąpioną pomoc w postaci ich wiedzy, doświadczenia i przeznaczonego na to czasu, za co autorzy projektu serdecznie dziękują.

## 4 Konstrukcja mechaniczna

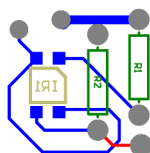
### 4.1 Płytką PCB

Płytką PCB została zaprojektowana na bazie czworokąta o wymiarach 9,5 x 7 cm. Jest to płytka dwustronna. Wykonano ją metodą foto-chemiczną. Metoda ta okazała się niezwykle dokładna. Wytrawione ścieżki o szerokości niekiedy 10 milów były schludne, nie zwierały się, choć odstęp między nimi też były niewielkie, a jedynie w trzech miejscach były podtrawione i zostały przerwane.

Płytkę docięto za pomocą gilotyny. Otwory w płycie wywiercono za pomocą wiertarki Topex. Wszystkie wyżej wymienione czynności wykonano w laboratorium 140 w budynku C-4 na Politechnice Wrocławskiej. W tym miejscu



Rysunek 3: Schemat PCB płytki



Rysunek 4: Schemat PCB czujnika białej linii

składa się najszczerze podziękowania Panu obsługującemu to laboratorium.

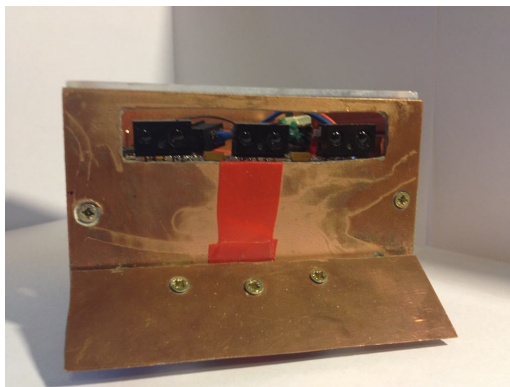
## 4.2 Obudowa

Obudowę dopasowano do kształtu płytki PCB tak, by nie przekroczyć maksymalnych wymiarów zamieszczonych w regulaminie Robotic Areny. Wykonano ją na bazie prostopadłościanu o wymiarach 10 x 7,3 x 6,5 cm.

Do budowy ścian użyto laminatu z dwóch stron pokrytego miedzią i listwy do klinkieru o wymiarach 0,7 x 1 cm. Elementy docięto za pomocą 18 V miniwiertarki firmy Topex i tarcz ściernych. Listw do klinkieru użyto jako rami, do której przykręcono wszystkie ściany.

Do obudowy za pomocą plastikowych wsporników i kilku wkrętów przymocowano pług pod odpowiednim kątem. Wykonano go z laminatu dwustronnie

pokrytego miedzią. Całość zmontowano w jedną noc. Obudowę od przodu widać na rysunku 5.



Rysunek 5: Widok robota od przodu.

### 4.3 Napęd

Z uwagi na wielkość płytki PCB, by znajdowała się ona w górnej części robota na wysokości 4 cm od podłoża, konieczne było zamontowanie kół pod płytką. Z tego powodu z laminatu wykonano podstawę o wymiarach 7,5 x 7 cm. Na niej zamocowano napęd w postaci dwóch silników Pololu HP z przekładnią 50:1. Zastosowano standardowe koła Solarbotics RW2i. Całą podstawę zamocowano na wysokości 0,7 cm od podłoża tak, aby koła stykając się z ziemią nieznacznie podnosiły obudowę nad ziemię (około 0,3 mm z tyłu, 0,1 mm z przodu prostopadłościanu - z przodu z ziemią stykał się płóg).

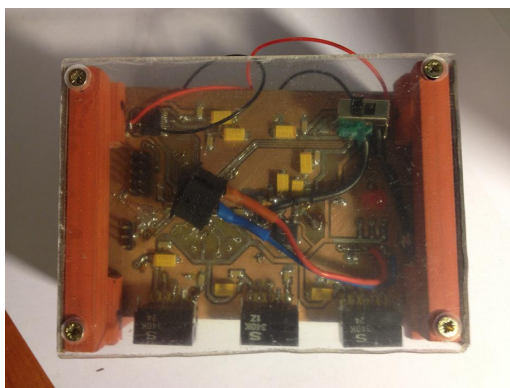
### 4.4 Osłona

Zdecydowano się wykonać od góry osłonę robota. W tym celu użyto przezroczystej plexi o grubości 2 mm i wymiarach 10 x 7,3 cm. W czasie trwania zawodów zdecydowano się zdjąć osłonę z uwagi na częściowe niedopracowanie projektu. Mianowicie nie wykonano w niej otworów na wyłącznik zasilania, przez co był on niedostępny przy założonej osłonie. W praktyce uniemożliwiało to resetowanie robota. Osłona widoczna jest na rysunku 6.

### 4.5 Czujniki białej linii

Czujników białej linii nie zamontowano z przyczyn technicznych. Do każdego czujnika wykonano płytkę PCB z przewklekanymi rezystorami. Pomysł



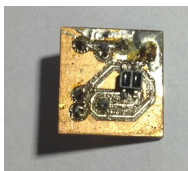


Rysunek 6: Widok robota od góry.

na przewlekane rezystory był skutkiem niewiedzy i małego doświadczenia autorów projektu, gdyż nie sądzono wówczas, że rezystory SMD są na tyle małe, że nie będą odstawać od płytki, a więc nie trzeba mocować ich po drugiej stronie tak, aby czujnik KTIR był w odpowiedniej odległości od podłoża.

Skutkiem decyzji o zastosowaniu rezystorów przewlekanych był początkowy pomysł opierający się na przyklejeniu tych płytek do obudowy i odpowiednim przylutowaniu kabli do głównej płytki PCB. Nie wykonano tego.

Zastosowanie kleju do mocowania mogłoby spowodować, że w czasie walki w wyniku nieuniknionych wstrząsów element odpadłby. Drugim powodem był brak miejsca. Czujnik, by efektywnie działał, musiał znajdować się 2 mm nad podłożem. To pozostawiało 5 mm na samą płytkę z czujnikiem. Przez rezystory zabrakło miejsca i konieczne było dodatkowe przemyślenie konstrukcji i mocowania. Padł pomysł na wylutowanie rezystorów z płytki z czujnikiem i zamocowanie ich na dodatkowych kablach. Niestety nie było już na to czasu. W związku z tym podjęto decyzję o usunięciu z projektu czujników białej linii i uwzględnienie tego podczas programowania mikrokontrolera. Płytkę z czujnikiem odbiciowym widać na rysunkach 7 i 8.



Rysunek 7: Widok czujnika odbiciowego od dołu.

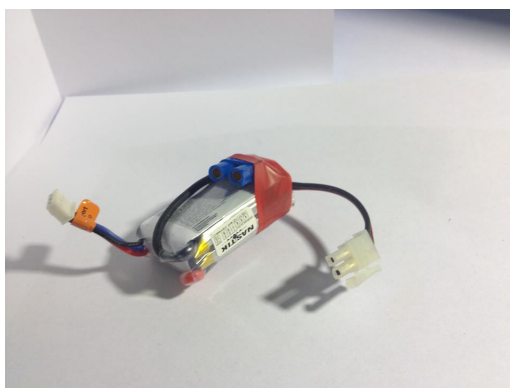


Rysunek 8: Widok czujnika odbiciowego od góry.

## 4.6 Bateria

Jako zasilanie zastosowano baterię LiPol 7,4 V o pojemności 800 mAh firmy Dualsky serii GT-S. Wymiary baterii pozwoliły na schowanie jej wewnątrz obudowy pomiędzy płytką PCB, a płytką z silnikami. Koniecznością była wymiana końcówki baterii, ponieważ producent zastosował wtyk DC3. Jest to nowy, nieznan i niestosowany obecnie przez nikogo innego standard. By rozwiązać ten problem odlutowano to złącze, pozostawiając przewody. Do nich przylutowano przewody z innym złączem. Do tego połączenia przewodów z nienanych sobie powodów przylutowano złącze DC3. Jedynym wyjaśnieniem takiego rozwiązania było zrobienie tego na tzw. wszelki wypadek.

Bateria była duża, jednak udało się ją umieścić wewnątrz konstrukcji, z tyłu. Niestety niefortunnie wymyślono system odłączania zasilania niezgodny z wszelkimi standardami bezpieczeństwa. Otóż, aby wyłączyć zasilanie należało odkręcić od obudowy pług, następnie przednią ścianę i dopiero wyjąć rozłączyć wtyki. Z racji iż należało odkręcić 6 śrub, trwało to około 45 sekund, więc był to bardzo zły pomysł. Zrobiono tak głównie dlatego, iż nie wiadomo, że na zawodach będzie trzeba resetować robota po każdej run-



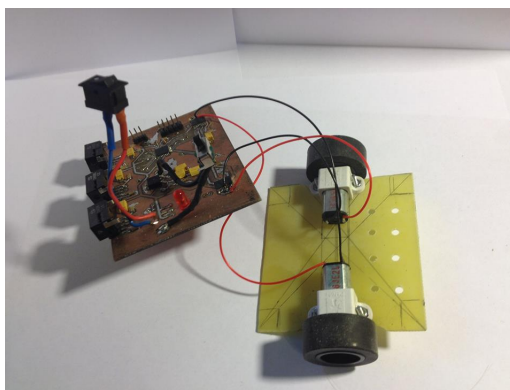
Rysunek 9: Bateria po przeróbkach.

dzie, co za każdym razem trwałoby półtorej minuty i irytowało przeciwnika, publiczność oraz sędziego. Baterię po przeróbkach widać na rysunku 9.

#### 4.7 Zmiany wprowadzone w noc przed zawodami

W noc przed zawodami zaczęto programować robota. Jednak pojawiło się kilka problemów. Otóż stało się jasne, że trzeba będzie resetować zasilanie robota po każdej rundzie, aby zresetować moduł startowy dostarczony przez organizatorów. Innym problemem było to, że zastosowano goldpiny w płytce do podłączenia modułu startowego, a ten nie miał żadnego gniazda.

Na szczęście autorom projektu pomógł jeden z członków koła, Michał Burdka, za którą to pomoc, składa się serdeczne podziękowania. Przylutował on do robota przełącznik do zasilania i wyprowadził go nad płytkę, co znacznie ułatwiło resetowanie zasilania. Ponadto pożyczył ołowianą płytkę (którą dociążono niezwykle lekkiego robota) oraz moduł startowy przygotowany specjalnie pod projekt, w którym przylutował gniazdo do goldpinów w płytce robota. To wszystko zajęło mu kilka minut, podczas gdy autorzy projektu spędziliby na rozwiązaniu tych problemów prawdopodobnie ponad godzinę, jeśli nie więcej.



Rysunek 10: Widok robota bez obudowy.

## 5 Program

Program do robota zaczęto pisać dzień przed zawodami, a skończono w nocy w dniu Robotic Areny. Nie był więc do końca przemyślany.

Na początku programu, jak radziło kilku członków koła, wstawiono deklaracje portów, pinów oraz rejestrów mikrokontrolera i peryferiów. Ułatwiło to późniejsze programowanie.

Następnie zdefiniowano funkcje odpowiedzialne za:

- Ruch prawego silnika do przodu
- Ruch prawego silnika do tyłu
- Ruch lewego silnika do przodu
- Ruch lewego silnika do tyłu
- Zatrzymanie prawego silnika
- Zatrzymanie lewego silnika
- Włączenie i konfiguracja timerów podłączonych do kanałów PWM mostków
- Funkcja ustawiająca PWM prawego silnika
- Funkcja ustawiająca PWM lewego silnika

Następnie zaczynała się funkcja główna programu. Ponieważ nie zamontowano czujników białej linii, robot nie mógł jeździć po dohio szukając przeciwnika, gdyż istniałoby poważne ryzyko wypadnięcia robota bez udziału przeciwnika. Zastosowano więc algorytm, polegający na obracaniu się robota wokół własnej osi. Gdy wykryto przeciwnika na jednym z czujników, kierowano się w jego stronę. To znaczy, że jeśli sygnał zgłosił lewy czujnik, obracano się w lewo, jeśli prawy czujnik - obracano się w prawo, a jeśli środkowy i/lub któryś z bocznych - jechano z pełną mocą na wprost.

Algorytm był prosty i wydawało się, że będzie się dość dobrze sprawował. Jednak nie przewidziano jednej rzeczy. Mianowicie gdy przeciwnik był wykrywany po lewej bądź prawej stronie robot obracał się w tą stronę z małą mocą, gdyż podczas testów czasami ślizgał się przy nagłym obrocie i przeskaکیwał go, mając go z prawej strony. Wtedy sytuacja się powtarzała - robot chcąc energicznie obrócić się w prawo, znów ślizgał się i miał przeciwnika z lewej strony. W końcu udawało mu się nakierować na niego wprost, lecz trwało to zbyt długo. Postanowiono więc, aby robot obracał się powoli.

Niestety gdy podczas walki robot starł się z przeciwnikiem krawędzią, chcąc

obrócić się w jego stronę, powoli jechał prawym kołem do przodu. W ten sposób nie miał wystarczającej mocy, aby przepchnąć przeciwnika, więc tylko się powoli kręcił (o ile przeciwnik nie podjął żadnych kroków do przepchnięcia robota).

## 6 Wnioski

Poczynając od początku, błędem było nieprzemyślenie konstrukcji i brak konkretnych założeń projektowych oraz projektu robota w programie do tego przeznaczonym, na przykład Autodesk Inventor. Jednak nawet mając miesiąc czasu autorzy projektu nie zrobiliby projektu, a zaczęliby tak, jak to zrobili i tak, jak to było robione, dostosowywali się do okoliczności i powstałych problemów. Wynikało to ze zbyt małej wiedzy i doświadczenia. Teraz jednak wzbogacono się o tę kluczową informację, że bez projektu nie ma sukcesu.

Projektując płytkę ponownie popełniono kilka błędów związanych z przemyśleniem kilku rzeczy. Mianowicie należało najpierw zamówić podzespoły takie jak stabilizator napięcia, mikrokontroler, mostki H, silniki, czujniki białej linii, czujniki przeciwnika, a dopiero potem projektować schemat PCB, gdyż w ostatniej chwili okazało się, że stabilizator napięcia, który chciano wykorzystać w rzeczywistości ma inną obudowę niż myślano. Zorientowano się o tym dosłownie dziesięć minut przed wytrawianiem, szybko poprawiono projekt z nową obudową i kontynuowano pracę. Należy więc zawsze drukować projekt na kartce papieru i przykładać elementy do kartki, aby sprawdzić, czy pasują.

O przemyślni, a raczej nieprzemyślni konstrukcji robota można by pisać dużo. Umieszczenie płytki nad silnikami sprawiło, że robot miał 5 cm wysokości, a to było bardzo dużo w porównaniu do większości przeciwników. Przez to robot był niezwykle łatwo wykrywalny.

Ponadto czujniki odległości (czujniki przeciwnika) umieszczono na wysokości płytki, czyli 4 cm nad podłożem. Spowodowało to, że robot powinien był widzieć tylko przeciwników wystających ponad podłoże powyżej 3 cm, a to było rzadko spotykane. Na szczęście udało się nieco wygiąć nóżki czujników, aby skierowane były bardziej do ziemi. Nie można jednak było ich wygiąć za bardzo, gdyż zamiast przeciwnika permanentnie wykrywałyby podłoże i robot po prostu jechałby do przodu. Szczęśliwie udało się tak dobrać wygięcie czujników, aby robot mógł wykryć przeciwnika nie wykrywając podłoża. Było to jednak wynikiem jedynie ogromnego szczęścia, dzięki czemu robot

mógł w ogóle konkurować z innymi konstrukcjami.

Inną sprawę jest rozmieszczenie czujników. Wszystkie trzy były skierowane do przodu. Było to głównie wynikiem zrobienia płytki PCB "byle działała", więc nie myślano o tym, aby jakoś ulepszyć działanie robota. Teraz wiadomo już, iż czujniki powinny być rozmieszczone na przykład tak: dwa z przodu, dwa z każdego boku i ewentualnie jeden z tyłu, ale cztery w zupełności by wystarczyły.

Czujniki białej linii w ogóle nie zostały zamontowane, gdyż nie starczyło czasu ani miejsca. Gdyby od początku przygotowano projekt wiedziano by, gdzie znajdują się te czujniki, a tak trzeba było na bieżąco wymyślać, gdzie je umieścić. To się akurat tyczy wszystkich elementów.

Program również nie był przemyślany. Należało go zrobić tak, aby robot widząc przeciwnika z boku (lub gdy przed chwilą go widział z boku) obracał się wokół własnej osi cofając się, a nie jadąc do przodu. Wtedy miałby szansę zetrzeć się z przeciwnikiem przodem i ruszyć pełną mocą, być może wypychając go z dohio.

Robot miał wiele wad, poczynając od braku założeń konstrukcyjnych po niedoskonałości w pomysłach. Jednak zdobywając doświadczenie można budować coraz lepsze roboty i prawdopodobnie skok jakościowy między tym robotem, a następnym będzie ogromny.

Z tego miejsca autorzy projektu chcieli jeszcze raz podziękować za pomoc przy tworzeniu robota członkom koła. Bez nich nie udałoby się zdążyć do Robotic Areny, a może nawet w ogóle ukończyć konstrukcji. Ich pomoc była bezcenna, a wskazówki niebyle potrzebne i zaskakująco dobre.