

# PROJEKT

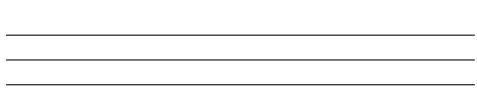
ROBOTY MOBILNE

---

## Robot mobilny unikający przeszkód "Wędrowiec"

---

Michał Dołharz, 248943



*Prowadzący:*

mgr. Arkadiusz Mielczarek

Katedra Cybernetyki i Robotyki

Wydziału Elektroniki

Politechniki Wrocławskiej

# **Spis treści**

<b>1 Opis projektu</b>	<b>1</b>
1.1 Cel projektu . . . . .	1
1.2 Przewidywane efekty końcowe . . . . .	1
1.3 Planowane narzędzia . . . . .	1
1.4 Harmonogram prac . . . . .	1
1.5 Dodatkowe modyfikacje . . . . .	2
<b>2 Dokumentacja i archiwizacja</b>	<b>2</b>
<b>3 Projekt robota</b>	<b>3</b>
3.1 Konstrukcja . . . . .	3
3.2 Zasilanie . . . . .	3
3.3 Silniki i sterowanie . . . . .	3
3.4 Pozostałe elementy . . . . .	3
3.5 Płytki PCB . . . . .	3
<b>4 Projekt pilota</b>	<b>10</b>
4.1 Konstrukcja . . . . .	10
4.2 Zasilanie . . . . .	10
4.3 Joystick . . . . .	10
4.4 Pozostałe elementy . . . . .	10
4.5 Płytki PCB . . . . .	11
<b>5 Efekt końcowy</b>	<b>16</b>
<b>6 Podsumowanie</b>	<b>16</b>
<b>Spis rysunków</b>	<b>16</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>17</b>

# 1 Opis projektu

## 1.1 Cel projektu

Celem projektu jest zbudowanie dwukołowego, autonomicznego robota mobilnego sterowanego mikrokontrolerem Arduino Nano [5, 6]. Robot ten będzie wyposażony w czujnik HC-SR04 [2], który będzie służył do wykrywania przeszkód na jego drodze. Po wykryciu przeszkody robot obróci się o pewien kąt i będzie kontynuował jazdę.

Dodatkowo zostanie zbudowany pilot, aby umożliwić bezpieczne, zdalne uruchamianie i wyłączanie robota. Komunikacja między mikrokontrolerami będzie odbywać się za pomocą modułów nRF24L01 [4].

Robot zostanie wykorzystany na potrzeby kursu Wizualizacja danych sensorycznych, gdzie będzie służył jako model samochodu. Dane z czujników będą wizualizowane na ekranie w taki sposób, w jaki byłyby wyświetlane na ekranie wewnętrz samochodu, aby ułatwić parkowanie (ocenę odległości od otoczenia) [1].

## 1.2 Przewidywane efekty końcowe

W efekcie końcowym oczekiwany jest przede wszystkim robot działający w dwóch trybach: zdalnego sterowania oraz autonomicznej jazdy. Czujnik odległości będzie aktywny przy obu trybach pracy.

W przypadku wprowadzenia modyfikacji (punkt 1.5) reakcja robota będzie zależała od czujnika, który wykryje przeszkodę (boczne: skręt w ruchu, główny: skręt w miejscu).

## 1.3 Planowane narzędzia

Tworzenie oprogramowania odbędzie się w Arduino IDE. Do użytych modułów zostaną wykorzystane odpowiednie biblioteki.

Przewidywane są również narzędzia takie jak płytki uniwersalne, płytki stykowe, lutownica, multimetr oraz zasilacz laboratoryjny.

Do wytrawienia płytki wykorzystane zostaną laminaty jednostronne i środki trawiące.

## 1.4 Harmonogram prac

Prace nad budową i programowaniem robota zostaną podzielone na trzy etapy (kamienie milowe).

**Etap 1.** Dobranie części montażowych robota i pilota, między innymi silników z kółami oraz czujnika odległości. Zaprojektowanie układów ideowych. Rozplanowanie i wykonanie podwozia, czyli głównego elementu konstrukcji oraz pilota. Termin: do końca marca.

**Etap 2.** Złożenie robota i pilota. Ewentualne poprawki. Termin: do końca kwietnia.

**Etap 3.** Zaprogramowanie robota i pilota. Termin: do końca maja.

## 1.5 Dodatkowe modyfikacje

W przypadku szybkiego postępu prac przewidywane jest wprowadzenie kilku modyfikacji:

- integracja robota z platformą czujników wykonaną na Wizualizacjach danych sensorycznych,
- rozbudowa możliwości pojazdu do zdalnego sterowania z pilota joystickiem,
- wytrawienie dedykowanych płytka do robota i pilota.

## 2 Dokumentacja i archiwizacja

Projekt jest archiwizowany w zdalnym repozytorium. W podfolderach znajdują się pliki z oprogramowaniem robota oraz pilota, znajduje się tam również dokumentacja programów stworzona przy użyciu generatora Doxygen (dokumentacja jest dostępna również w formie online):

- **Repozytorium:**  
<https://github.com/Repti993/Mobile-Robot-Wanderer>
- **Oprogramowaniem robota:**  
[https://github.com/Repti993/Mobile-Robot-Wanderer/tree/main/program\\_robot](https://github.com/Repti993/Mobile-Robot-Wanderer/tree/main/program_robot)
- **Oprogramowaniem pilota:**  
[https://github.com/Repti993/Mobile-Robot-Wanderer/tree/main/program\\_remote\\_control](https://github.com/Repti993/Mobile-Robot-Wanderer/tree/main/program_remote_control)
- **Dokumentacja:**  
<https://github.com/Repti993/Mobile-Robot-Wanderer/tree/main/doc/html>
- **Dokumentacja online:**  
<http://panamint.ict.pwr.wroc.pl/~mdolharz/rm/>

### **3 Projekt robota**

Spis elementów wykorzystanych do budowy robota znajduje się w tabeli 1. Schemat połączeń przedstawia rysunek 3. Gotowy robot widnieje na rysunku 5.

#### **3.1 Konstrukcja**

Robot składa się z dwóch silników i kół, koła podporowego, włącznika, czujnika ultradźwiękowego i wytrawionej płytki z mikrokontrolerem. Wszystkie elementy są przyjmocowane do platformy (podwozia).

#### **3.2 Zasilanie**

Układ jest zasilany akumulatorem litowo-polimerowym o napięciu nominalnym 7.4 V, pojemności 300 mAh i ciągłym prądzie rozładowania 9 A.

Ponieważ zasilanie jest podłączone do układu przez złącze ARK, zastosowano zaabezpieczenie przez odwrotną polaryzację zasilania w postaci tranzystora mocy IRF520, wpiętego odwrotnie tuż przy złączu masy. Przy prawidłowym podłączeniu zasilania tranzystor jest otwarty dzięki dodatniemu napięciu na bazie. W przypadku odwrotnego podłączenia zasilania tranzystor nie otworzy się i prąd nie popłynie [3].

Napięcie dostarczane przez akumulator jest obniżane do wartości 5 V przy użyciu stabilizatora napięcia 7805. Po obu stronach stabilizatora napięcie jest filtrowane parą kondensatorów elektrolitycznego i ceramicznego. Napięcie 3.3 V potrzebne do zasilania układu nRF24L01 jest pobierane z Arduino i jest filtrowane.

#### **3.3 Silniki i sterowanie**

Robot jest wyposażony w dwa silniki DC 6 V, w praktyce jednak działają pod napięciem 5 V. Posiadają przekładnię 1:48. Do sterowania silnikami służy układ L293.

Do silników zostały dopasowane koła z gumowymi oponami. Robot posiada również obrotowe koło podporowe.

#### **3.4 Pozostałe elementy**

Robot został wyposażony w kołyskowy przełącznik do włączania i wyłączania zasilania. Zasilanie jest filtrowane i stabilizowane.

Na płytce znajduje się również przełącznik deep switch, służący do aktywowania i dezaktywowania silników. W przedniej części robota znajduje się czujnik ultradźwiękowy HC-SR04, służący do wykrywania przeszkód na drodze. Do komunikacji z pilotem służy moduł radiowy nRF24L01, nadający na częstotliwości 2.4 GHz. Jest zasilany filtrowanym napięciem 3.3 V, ale na pinach komunikacyjnych toleruje napięcie z pinów Arduino 5 V.

#### **3.5 Płytki PCB**

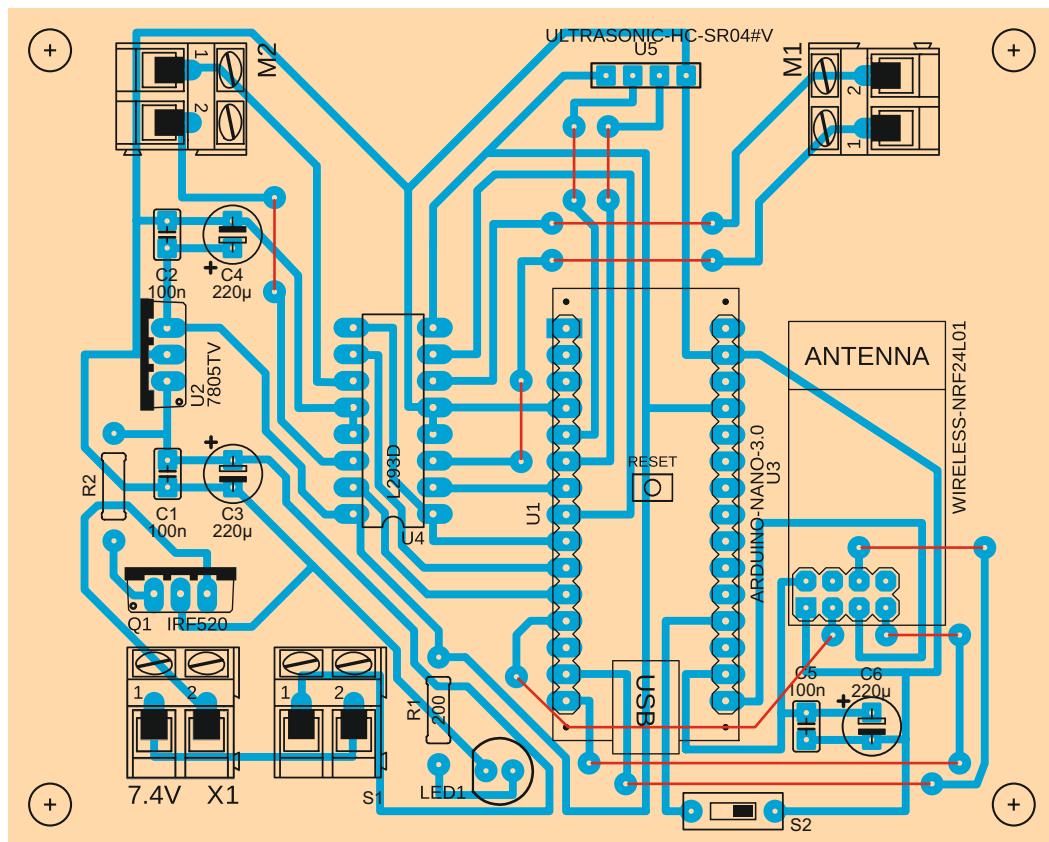
Na potrzeby projektu została zaprojektowana i własnoręcznie wytrawiona autorska płytka PCB. Powstało również kilka błędów projektowych.

Najważniejszym błędem okazało się zastosowanie tego samego kanału PWM do sterowania oboma silnikami. W efekcie koła nie mogą kręcić się z różnymi prędkościami,

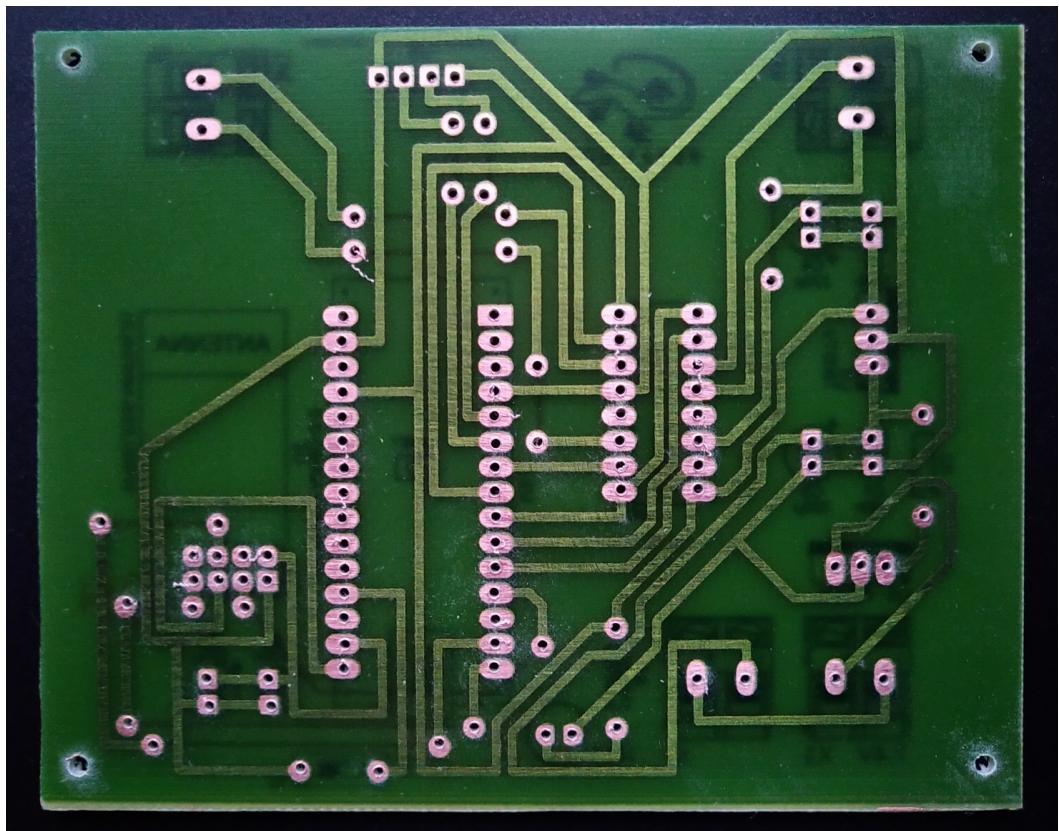
a co za tym idzie, jedyne sposoby na zakręcanie to skrót w miejscu (jeden silnik kręci się do przodu, drugi do tyłu) lub skrót jednym kołem (jedno koło się kręci, drugie wyłączone). Problem jest poniekąd zlagodzony tym, że w praktyce okazało się, że zakres wartości kanału PWM, przy którym silniki działały, regulował prędkość silników w prawie niezauważalnym stopniu. Prawdopodobnie przyczynia się do tego zastosowanie układu L293, który ma całkiem spory spadek napięcia, przez co silniki są zasilane niewielkim napięciem.

Innym błędem było popełnienie literówki w jednej etykiecie przy projektowaniu schematu. Spowodowało to, że program generujący ścieżki nie potraktował etykiety pinu arduino i etykiety pinu układu nRF24L01 jako jedno połączenie. Piny zostały ze sobą połączone dolutowanym przewodem.

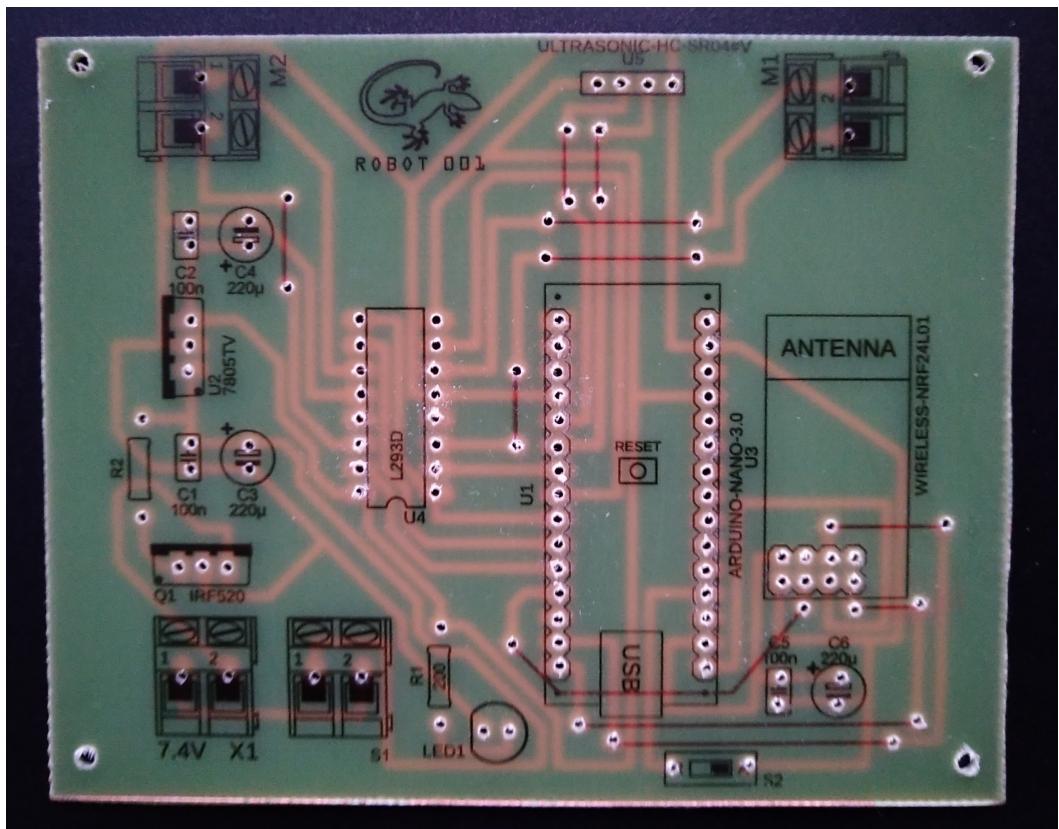
Płytki została wytrawiona jednostronnie, ale niezbędne okazało się zastosowanie kilku mostków. Niewykluczone są również inne odbieżności od standardów profesjonalnie trawionych płyt.



Rysunek 1: Projekt płytki PCB robota

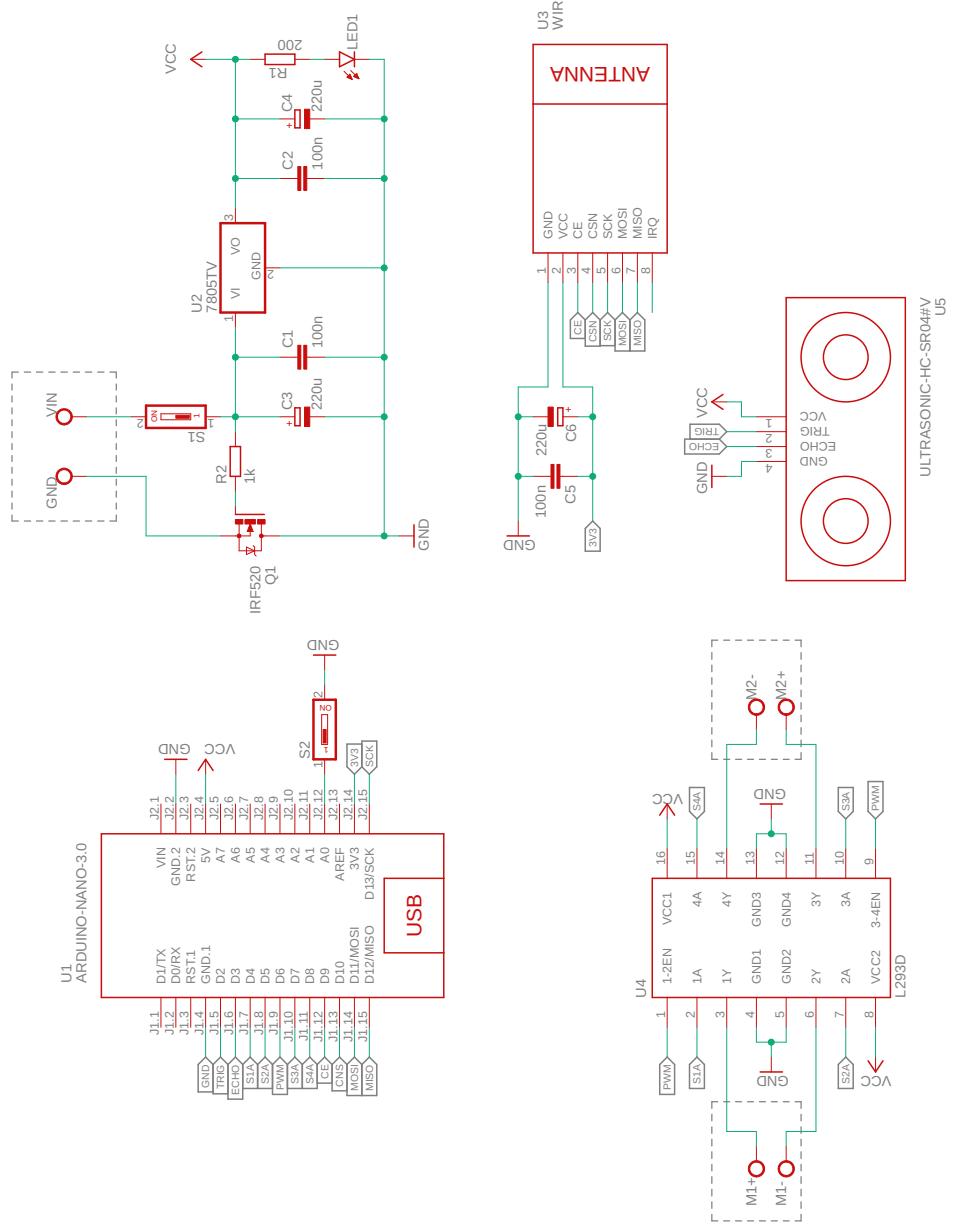


(a) Strona ścieżek (lutownicza)

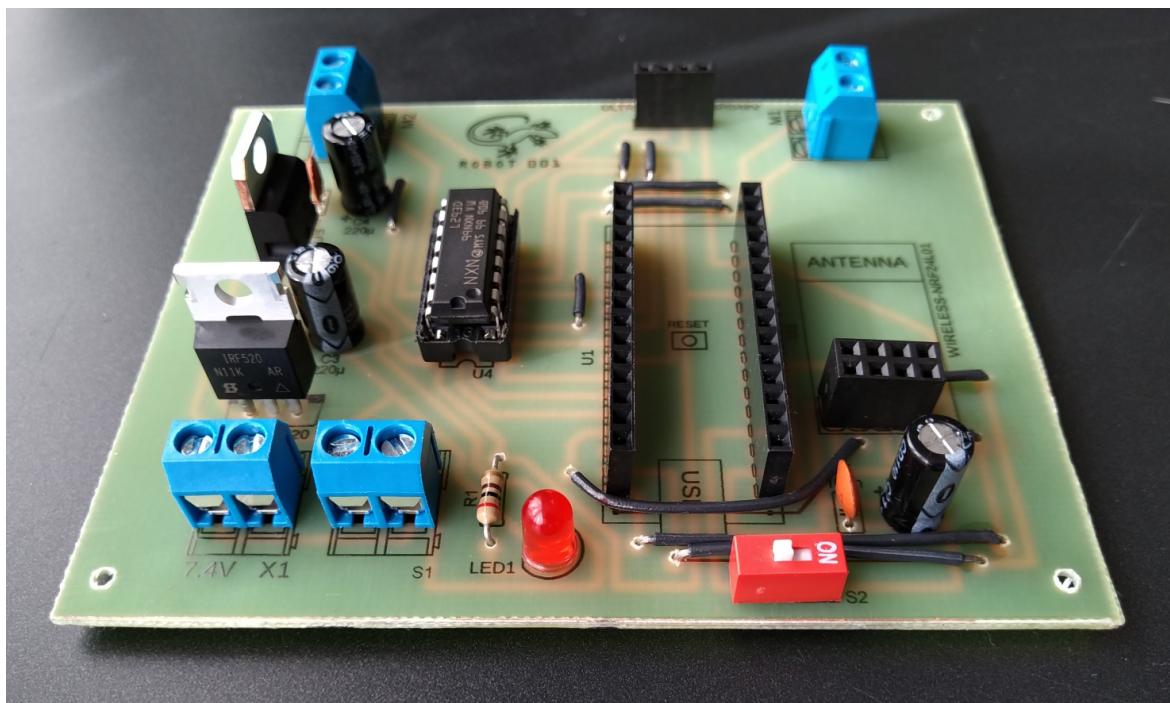


(b) Strona opisowa

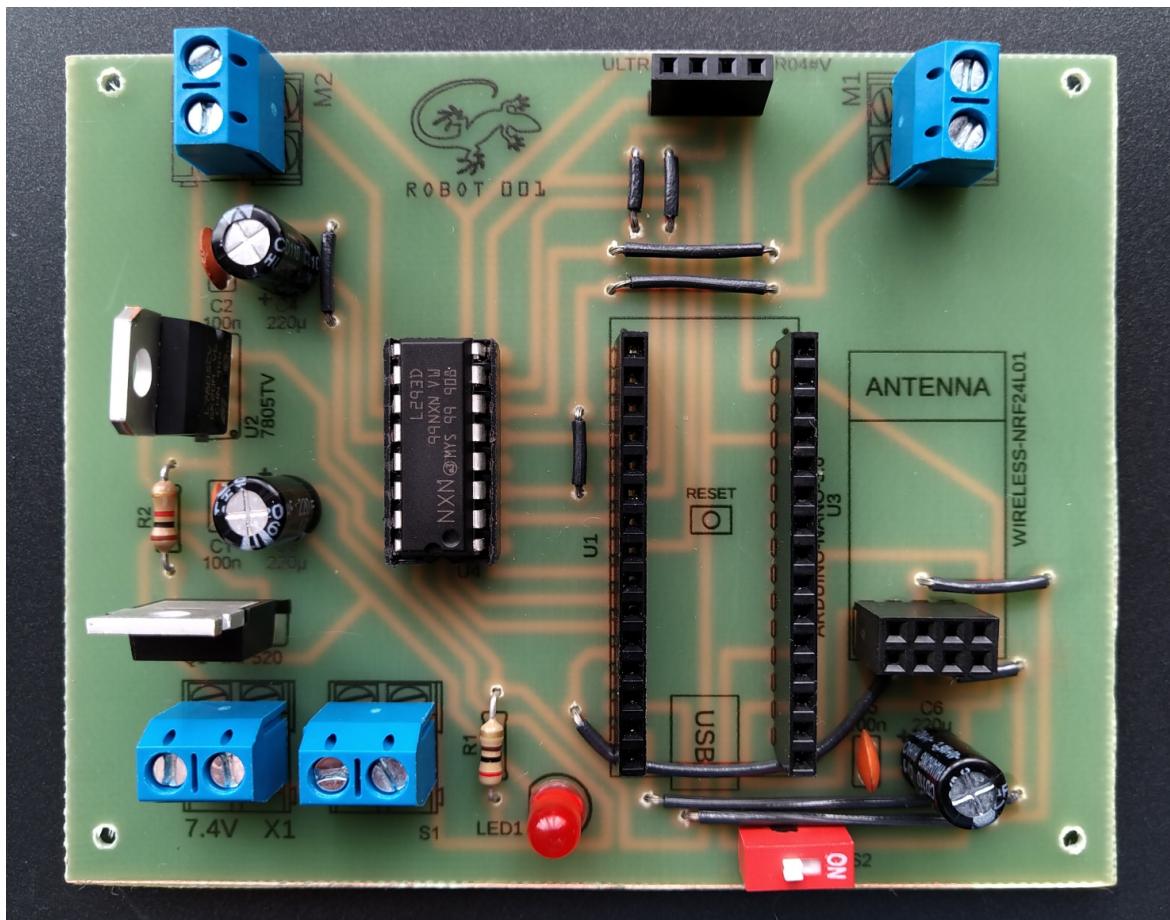
Rysunek 2: Wytrawiona płytka PCB robota



Rysunek 3: Schemat ideowy układu robota

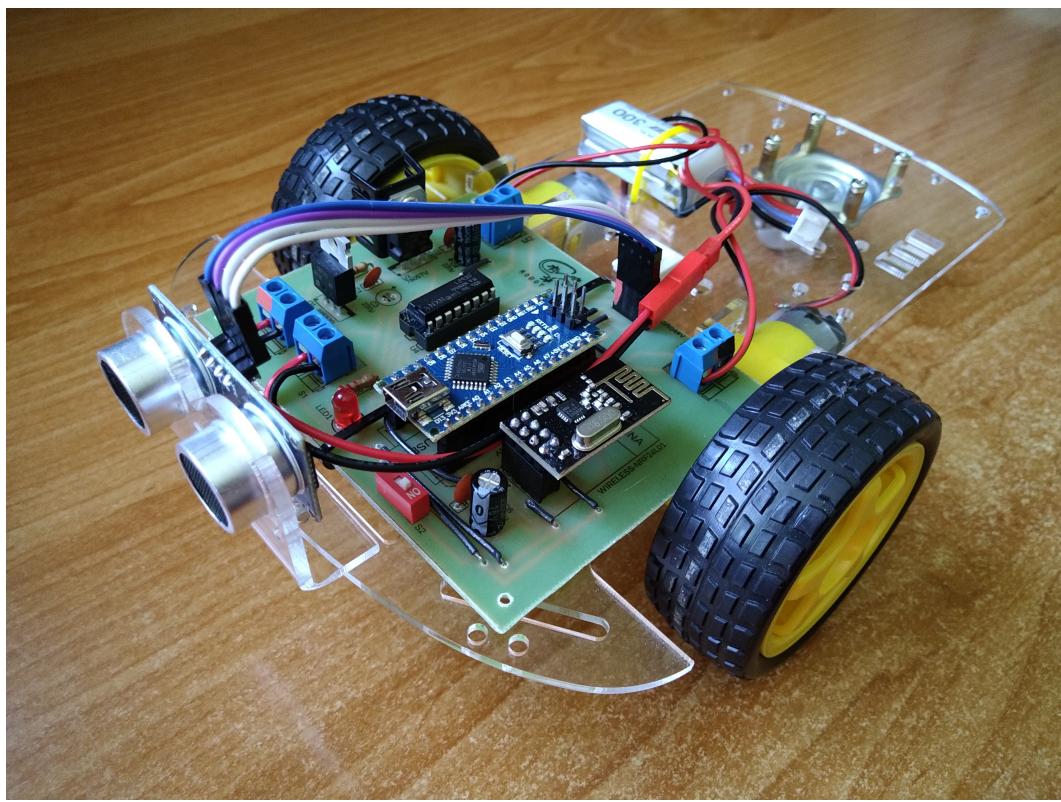


(a)

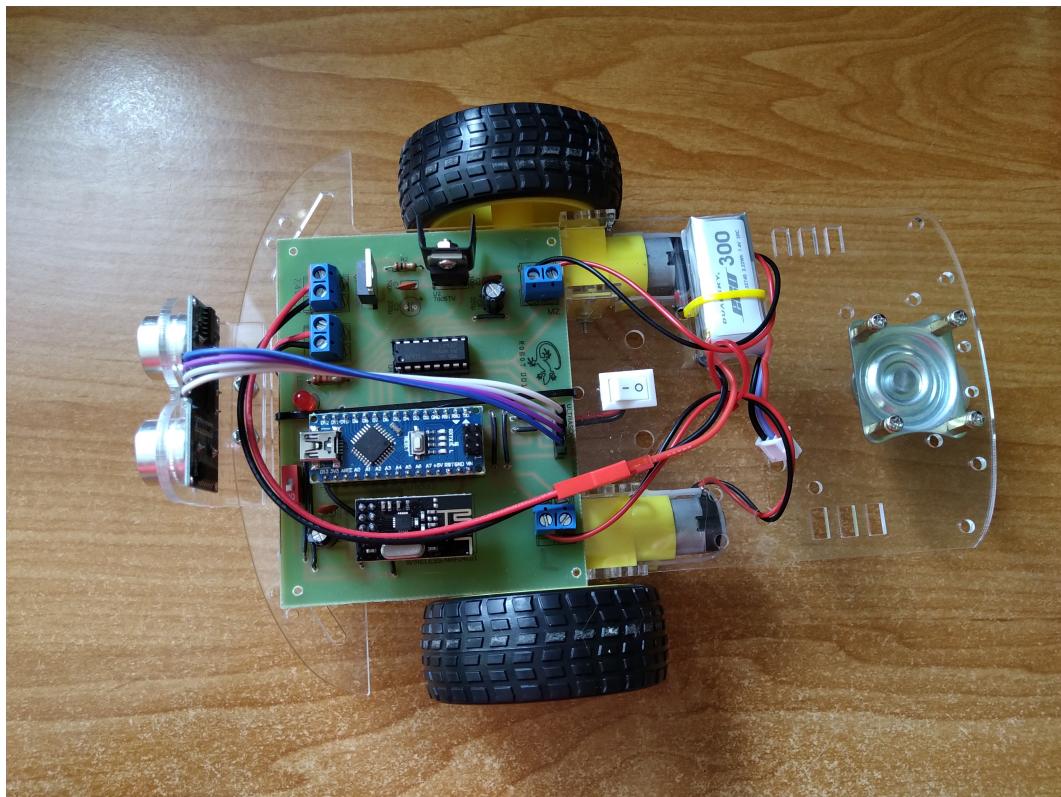


(b)

Rysunek 4: Zlutowana płytka PCB robota



(a)



(b)

Rysunek 5: Robot

Tablica 1: Spis elementów elektronicznych i montażowych robota

L. p	Nazwa elementu	Oznaczenie projektowe	Typ/parametr	Parametr pomocniczy	Ilość
1	Mikrokontroler	U1	Arduino Nano 3.0	–	1
2	Stabilizator napięcia	U2	7805	–	1
3	Moduł radiowy	U3	nRF24L01	–	1
4	Sterownik silników	U4	L293	–	1
5	Czujnik ultradźwiękowy	U5	HC-SR04	–	1
6	Silniki	M1, M2 (złącza)	DC 6V	Przekł. 1:48	2
7	Przełącznik	S1	Kołykowy	On/Off	1
8		S2	Tact switch	On/Off	1
9	Tranzystor mocy	Q1	IRF520	100 V/9.7 A	1
10	Akumulator	VIN, GND	Li-Pol 7.4V	300 mA	1
11	Dioda LED	LED1..LED4	5 mm	–	4
12	Rezystor	R1	200 $\Omega$	–	1
13		R2	1 k $\Omega$	–	3
15	Kondensator	C1, C2, C5	100 nF	–	3
16		C3, C4, C6	220 pF	–	3
17	Koło	–	$\varnothing$ 65 mm	–	2
18	Koło podporowe	–	–	–	1
19	Podwozie	–	–	–	1
20	Uchwyty do czujnika	–	–	–	1

## 4 Projekt pilota

Spis elementów wykorzystanych do budowy pilota znajduje się w tabeli 2. Schemat połączeń przedstawia rysunek 8. Pilot widnieje na rysunku 10.

### 4.1 Konstrukcja

Pilot składa się z nadajnika nRF24L01, włącznika, joysticka, trzech diod oraz z wytrawionej płytki z mikrokontrolerem zamkniętej w obudowie. Joystick, diody oraz włącznik znajdują się po zewnętrznej stronie obudowy.

### 4.2 Zasilanie

Zasilanie pilota jest identyczne, jak zasilanie robota. Jedyna różnica to brak diody sygnalizującej obecność zasilania.

Układ jest zasilany akumulatorem litowo-polimerowym o napięciu nominalnym 7.4 V, pojemności 300 mAh i ciągłym prądem rozładowania 9 A.

Ponieważ zasilanie jest podłączone do układu przez złącze ARK, zastosowano zaabezpieczenie przez odwrotną polaryzację zasilania w postaci tranzystora mocy IRF520, wpiętego odwrotnie tuż przy złączu masy. Przy prawidłowym podłączeniu zasilania tranzystor jest otwarty dzięki dodatniemu napięciu na bazie. W przypadku odwrotnego podłączenia zasilania tranzystor nie otworzy się i prąd nie popłynie [3].

Napięcie dostarczane przez akumulator jest obniżane do wartości 5 V przy użyciu stabilizatora napięcia 7805. Po obu stronach stabilizatora napięcie jest filtrowane parą kondensatorów elektrolitycznego i ceramicznego. Napięcie 3.3 V potrzebne do zasilania układu nRF24L01 jest pobierane z Arduino i jest filtrowane.

### 4.3 Joystick

Joystick jest połączony przewodami z listwą na płytce. Przycisk joysticka służy do zmiany trybu pracy robota. Tryb zdalnego sterowania jest sygnalizowany włączoną zieloną diodą LED.

Joystick okazał się pewnym zawodem. Zakres przesuwania gałki, przy którym zmieniają się zmierzzone wartości wychylenia, jest bardzo mały, natomiast zakres, przy którym wartości są o maksymalnej wartości skrajnej, jest dużo większy. Joystick nie nadaje się więc do wygodnego manipulowania prędkością, dlatego brane pod uwagę są tylko wartości skrajne. Biorąc pod uwagę to oraz fakt, że sygnał PWM nie wpływa znacząco na zmianę prędkości, zrezygnowano z możliwości zmiany prędkości robota.

### 4.4 Pozostałe elementy

Pilot jest sterowany przez zaprogramowany mikrokontroler Arduino Nano.

Pilot został wyposażony w kołyskowy przełącznik do włączania i wyłączania zasilania. Zasilanie jest filtrowane i stabilizowane.

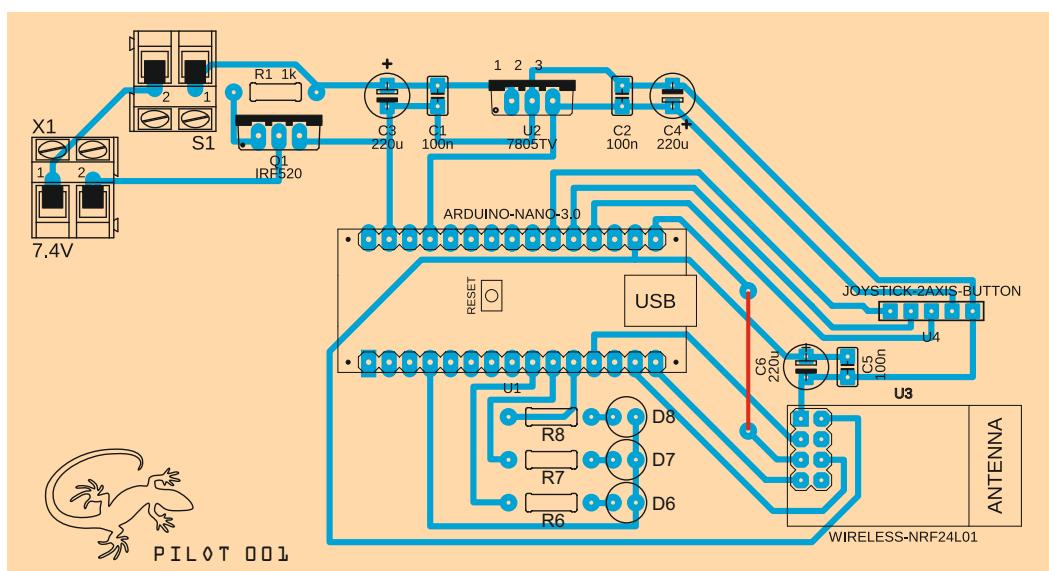
Do komunikacji z robotem służy moduł radiowy nRF24L01, nadający na częstotliwości 2.4 GHz. Jest zasilany filtrowanym napięciem 3.3 V, ale na pinach komunikacyjnych toleruje napięcie z pinów Arduino 5 V.

## 4.5 Płytki PCB

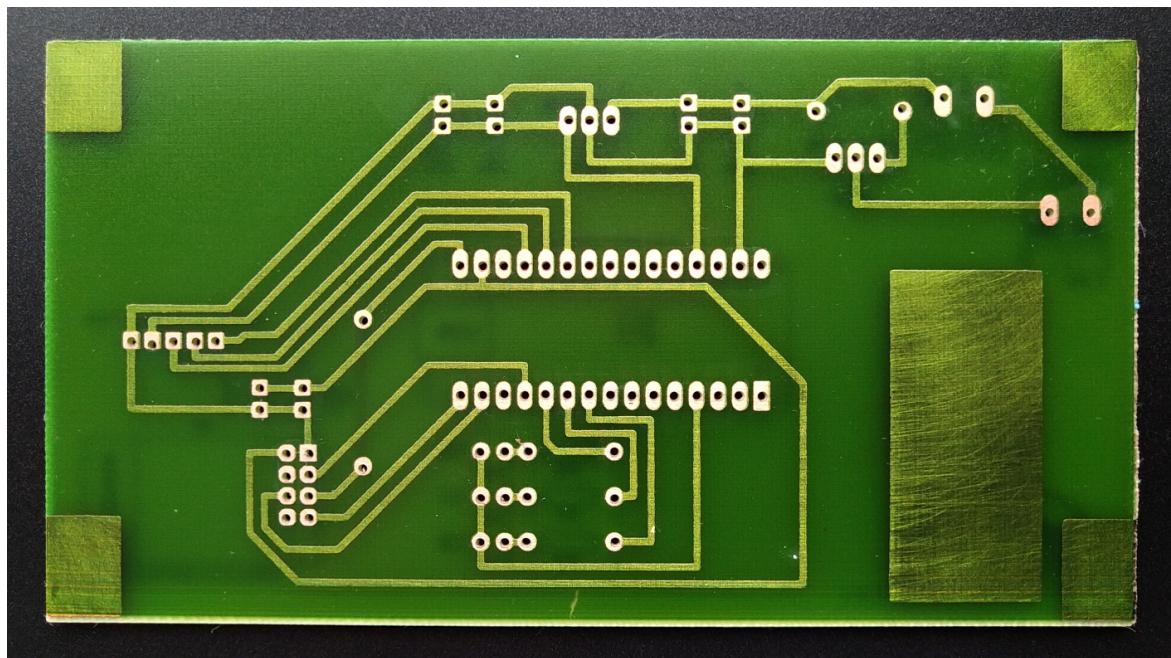
Na potrzeby projektu została zaprojektowana i własnoręcznie wytrawiona autorska płytka PCB. Powstało również kilka błędów projektowych.

Również w tym projekcie popełniono literówkę w jednej etykiecie przy projektowaniu schematu (prawdopodobnie część schematu została przekopiowana). Spowodowało to, że program generujący ścieżki nie potraktował etykiety pinu arduino i etykiety pinu układu nRF24L01 jako jedno połączenie. Piny zostały ze sobą połączone dolutowanym przewodem.

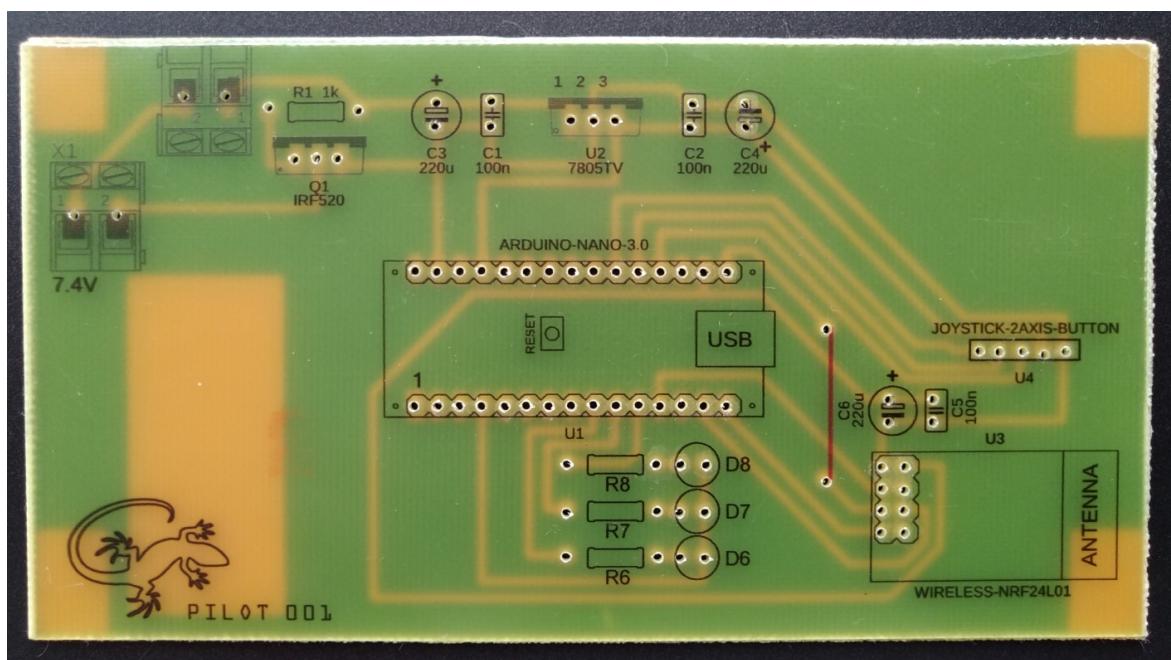
Wystąpił również drobny błąd w postaci zlej numeracji niektórych rezystorów (niektóre numery powinny być mniejsze). Prostokąty miedzi, które pozostały pod maską, są wynikiem nieporozumienia i nie pełnią żadnej roli. Płytki została wytrawiona jednostronnie, ale niezbędne okazało się zastosowanie jednego mostku. Niewykluczone są również inne odbieżności od standardów profesjonalnie trawionych płytak.



Rysunek 6: Projekt płytki PCB pilota

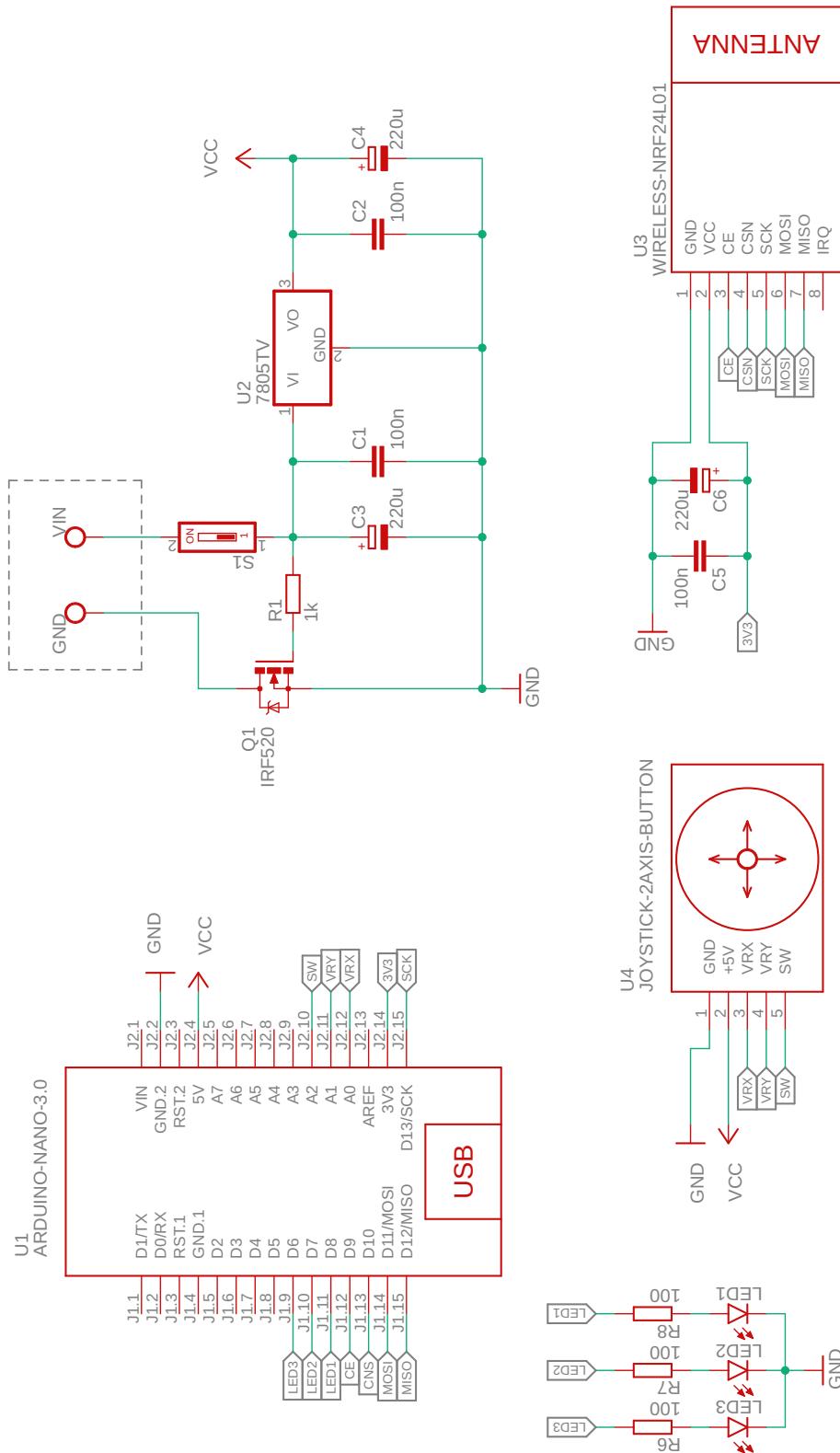


(a) Strona ścieżek (lutownicza)

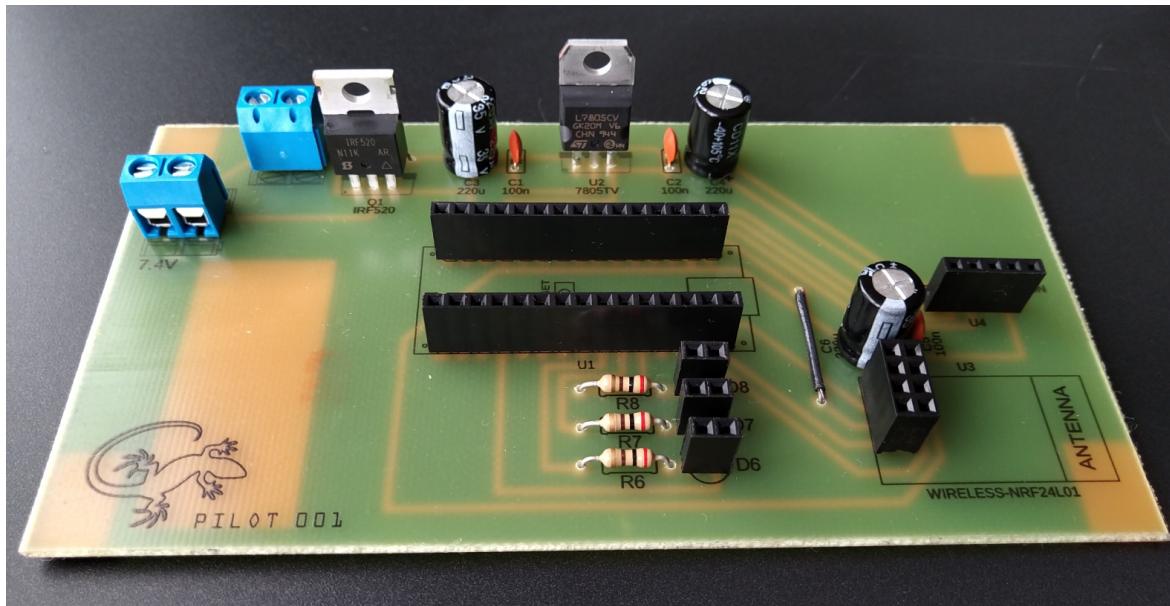


(b) Strona opisowa

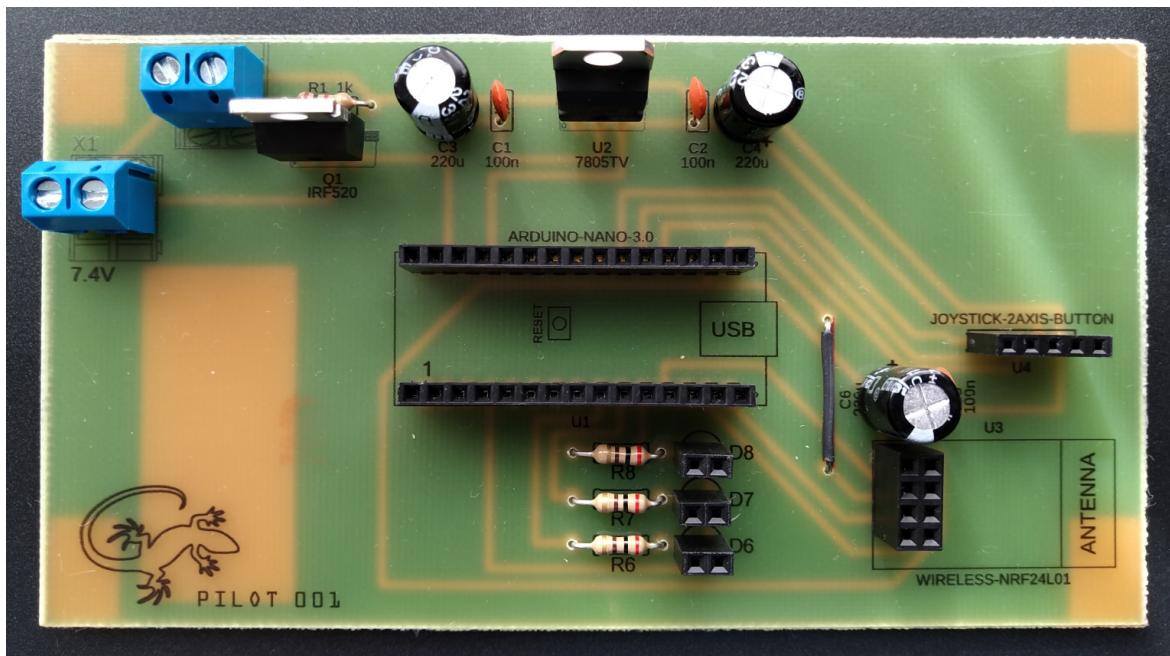
Rysunek 7: Wytrawiona płytka PCB pilota



Rysunek 8: Schemat ideoowy układu pilota



(a)



(b)

Rysunek 9: Zlutowana płytka PCB pilota



Rysunek 10: Pilot

Tablica 2: Spis elementów elektronicznych i montażowych pilota

L. p	Nazwa elementu	Oznaczenie projektowe	Typ/parametr	Parametr pomocniczy	Ilość
1	Mikrokontroler	U1	Arduino Nano 3.0	–	1
2	Stabilizator napięcia	U2	7805	–	1
3	Moduł radiowy	U3	nRF24L01	–	1
4	Joystick	U4	z przyciskiem	–	1
7	Przełącznik	S1	Kołyskowy	On/Off	1
9	Tranzystor mocy	Q1	IRF520	100 V/9.7 A	1
10	Akumulator	VIN, GND	Li-Pol 7.4 V	300 mA	1
11	Dioda LED	LED1..LED3	5 mm	–	3
12	Rezystor	R1	1 kΩ	–	1
13		R6..R8	220 Ω	–	4
15	Kondensator	C1, C2, C5	100 nF	–	3
16		C3, C4, C6	220 pF	–	3
17	Plastikowa obudowa	–	170x86	–	2



Rysunek 11: Wpływ joysticka na poruszanie robotem

## 5 Efekt końcowy

Tryb zdalnego sterowania robotem działa bardzo responsywnie. Czujnik ultradźwiękowy bardzo dobrze wykrywa duże przeszkody i nie pozwala na dalszy ruch w tym kierunku. Nie zawsze wykrywa małe przeszkody, takie jak np. nogi od krzeseł. Ze względu na naturę czujników ultradźwiękowych przeszkody ustawione pod kątem bardzo odbiegającym od prostopadłego nie są wykrywane. Minusem jest niewielka prędkość robota oraz brak skrętu z prędkościami kół regulowanymi joystickiem, przez co ruch nie jest szczególnie płynny. Wpływ joysticka na ruch robota, w tym sposoby skręcania, jest zaprezentowany na rysunku 11.

Tryb wędrówki polega na ruchu do przodu aż do wykrycia przeszkody. Następuje wtedy losowanie jednego ze sposobów skrętu do tyłu (łącznie cztery możliwości). Następnie robot skręca przez losową wartość czasu z zakresu od 0,5s do 1s. Po zakończonym skręcaniu rusza do przodu, aż do napotkania przeszkody.

## 6 Podsumowanie

Udało się zbudować działającego robota, chociaż nie bez przeszkód i błędów. Udało się zbudować również pilota i zaimplementować responsywne zdalne sterowanie.

Wykonany robot działa, ale przez popełnione błędy projektowe nie pozwolił uzyskać pełnej satysfakcji z realizacji projektu. Bazując na nowym doświadczeniu i ucząc się z popełnionych błędów, planowane jest zbudowanie nowego robota z lepszymi silnikami, zaprojektowanym podwoziem i wbudowaną platformą czujników. Oznacza to, że robot z tego projektu nie zostanie podłączony do platformy czujników. Uznano, że lepszym pomysłem będzie wbudowanie platformy do dedykowanego do niej robota.

Projekt pozwolił na zdobycie doświadczenia i rozwinięcie umiejętności w projektowaniu schematów elektronicznych, projektowaniu i trawieniu płyt PCB i oczywiście budowie robotów. Czujnik HC-SR04 okazał się być bardziej godny zaufania, niż wynikało to z początkowych testów. Zapoznanie się z modułem bezprzewodowej komunikacji nRF24L01 otworzyło również drzwi do nowych projektów.

## Spis rysunków

1	Projekt płytka PCB robota . . . . .	4
2	Wytrawiona płytka PCB robota . . . . .	5
3	Schemat ideowy układu robota . . . . .	6
4	Zlutowana płytka PCB robota . . . . .	7
5	Robot . . . . .	8
6	Projekt płytka PCB pilota . . . . .	11
7	Wytrawiona płytka PCB pilota . . . . .	12
8	Schemat ideowy układu pilota . . . . .	13
9	Zlutowana płytka PCB pilota . . . . .	14
10	Pilot . . . . .	15
11	Wpływ joysticka na poruszanie robotem . . . . .	16

## Bibliografia

- [1] Dołharz M. Dokumentacja Platformy Czujników. URL: <http://panamint.ict.pwr.wroc.pl/~mdolharz/wds/>.
- [2] Elecfreaks. HC-SR04 Datasheet.
- [3] elektroda.pl. Zabezpieczenie przed odwróceniem polaryzacji zasilania #24 edu elektroda.pl. URL: <https://youtu.be/Yy-VR0PhQaQ>.
- [4] Nordic Semiconductor. nRF24L01 Datasheet.
- [5] Szymański D. Kurs Arduino. Poziom I. 2021. URL: [www.forbot.pl/blog/kurs-arduino-podstawy-programowania-spis-tresci-kursu-id5290](http://www.forbot.pl/blog/kurs-arduino-podstawy-programowania-spis-tresci-kursu-id5290).
- [6] Szymański D. Kurs Arduino. Poziom II. 2021. URL: [www.forbot.pl/blog/kurs-arduino-ii-wstep-spis-tresci-id15494](http://www.forbot.pl/blog/kurs-arduino-ii-wstep-spis-tresci-id15494).