

Antoni Różański 3AR
Kamil Gabryjelski 3AR

Dokumentacja robota typu Line Follower

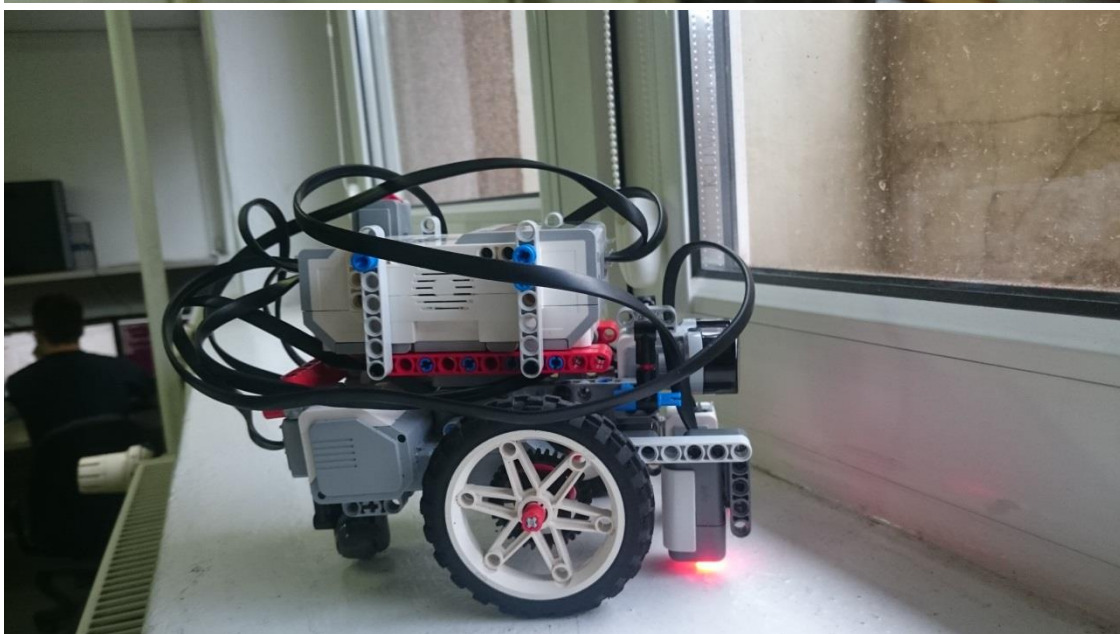
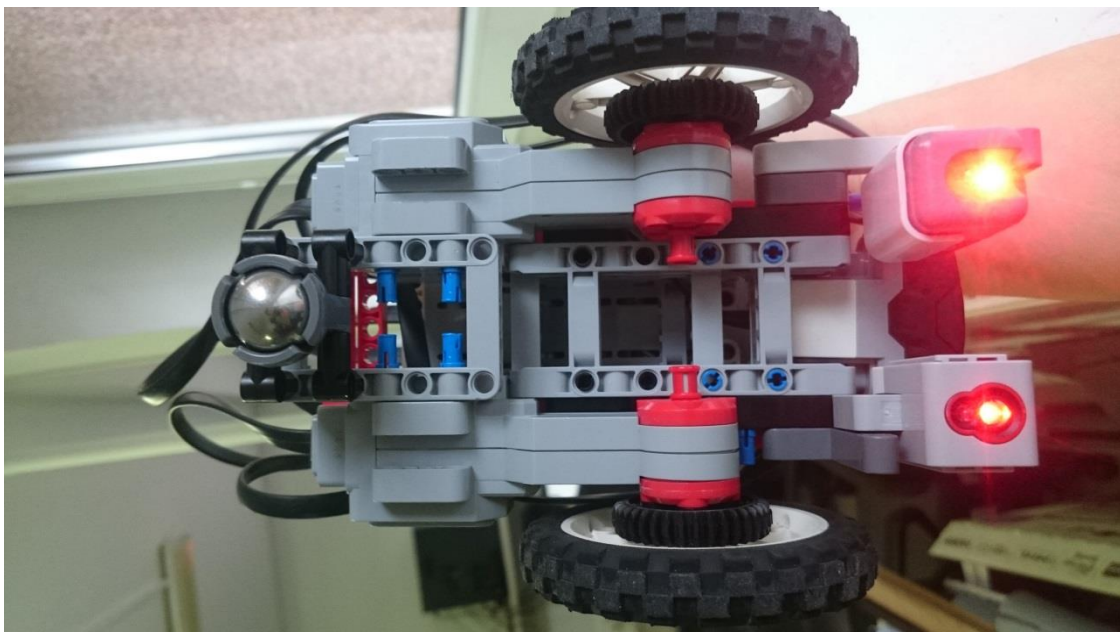
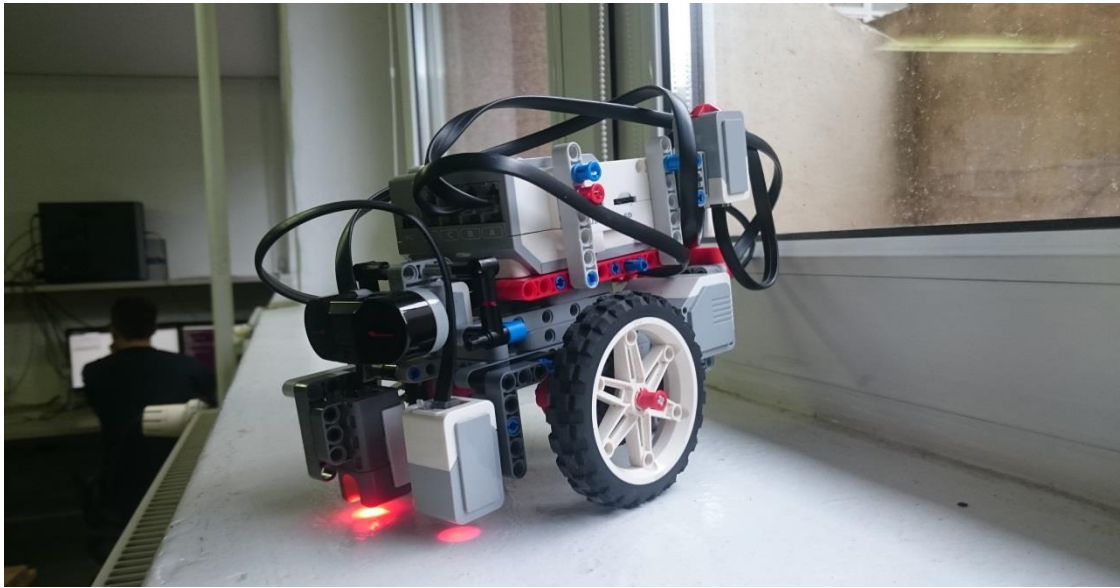
1. Cel projektu

Celem projektu na przedmiot „Wstęp do robotyki” było zbudowanie, a następnie zaprogramowanie robota typu „Follow the Line”. Robot powinien być zbudowany z klocków oraz elementów dodatkowych wchodzących w skład zestawu Lego Mindstorms EV3 oraz zaprogramowany na komputerach dostępnych w laboratorium. Dostępne czujniki to: czujnik koloru z serii EV3, czujnik światła starszej generacji Lego Mindstorms (NXT), czujnik dotyku oraz czujnik podczerwieni. Dostępne 2 silniki dużych mocy oraz jeden silnik mniejszej mocy.

Plansza, po której porusza się robot to stół, na którym układane są białe kafelki z namalowaną na nich czarną linią. Zadaniem robota jest bezbłędne podążanie za linią, pokonywanie zakrętów oraz skrzyżowań. Dodatkowym zadaniem jest pokonanie przeszkody o stałych rozmiarach umieszczonej na drodze robota. Follow The Line powinien cechować się zadowalającą szybkością oraz płynnością.

2. Budowa

Zdecydowaliśmy się na wykorzystanie wszystkich dostępnych czujników oraz dwóch silników większej mocy, trzeci silnik nie był potrzebny w naszej konstrukcji. Czujniki światła i koloru umieściliśmy z przodu robota i skierowaliśmy je w dół; ich zadaniem jest wykrywanie linii. Sonar umieściliśmy nad nimi – jego rolą jest ostrzeganie przed przeszkodą znajdującą się przed nim. Czujnik dotyku posłużył do wygodnej komunikacji z obsługującym robota. Silniki, przymocowane do kół, pełnią rolę napędu. Zarówno dobór rozmiarów urządzenia (ze szczególnym uwzględnieniem środka ciężkości) jak i kół nie jest zagadnieniem trywialnym. Zdecydowaliśmy się na użycie większych kół, aby zapewnić szybkość na prostych oraz podczas omijania przeszkody, dodatkowo ułatwiają one konstrukcję. Ich wadami jest natomiast wąskie ogumienie, które powoduje poślizg robota przy gwałtownych zmianach prędkości oraz duży promień, która może powodować zbyt mocne korygowanie położenia czujników i utratę stabilności. Aby zmniejszyć ten efekt, należy umieścić czujniki wykrywające linię tak blisko silników, jak się da. Kostka, która jest stosunkowo ciężka, powinna być umieszczona centralnie nad robotem, umieszczenie jej zbyt daleko do tyłu powoduje zmianę środka ciężkości robota i silne „zarzucanie” robotem na zakrętach. Poniżej zamieszczamy zdjęcia naszego robota:



3. Kalibracja czujników

Do realizacji zadania otrzymaliśmy dwa czujniki: jeden koloru, drugi światła. Wymiary obu urządzeń są podobne, czujnik światła jest odrobinę dłuższy. Każdy z nich z dołu ma emiter światła oraz odbiornik. Zasada działania jest podobna: oba wysyłają wiązkę czerwonego światła, które odbite od powierzchni powraca do odbiornika. Jednak charakterystyki czujników znacząco się od siebie różnią. Zakres czujnika koloru to: od ok. 6 (dla czarnego) do ok. 45 (dla białego) natomiast światła od 300 do 600. Czujnik koloru jest znacznie dokładniejszy; wcześniej potrafi wykryć wjazd na czarną linię. Odczyty czujników zależą od wysokości – obserwacje wykazały, że najlepsze efekty zapewnia umieszczenia ich ok. 5 mm nad powierzchnią jezdni.

Aby sterować silnikami, potrzebowaliśmy wspólnej skali dla obu czujników. Wybraliśmy normalizację liniową względem czujnika koloru; stworzyliśmy funkcję, która dla argumentu, tj. odczytu z czujnika światła zwracała odpowiednią wartość czujnika koloru, zapisywaną w zmiennej jako odczyt z czujnika światła. Niestety odczyty czujników różnie reagują na natężenie światła panujące w laboratorium; wraz z zachodem słońca czujnik światła zwracał wartości wyższe nawet o kilkanaście procent, co wymagało rekalkulacji funkcji normalizującej.

4. Krótka charakterystyka algorytmu podążania za linią

Zdecydowaliśmy się na wykorzystanie algorytmu podążania za linią wykorzystującego regulację PID. Na początku programu robot pobiera 40 wartości koloru białego, z czego wyciągana jest średnia – reprezentatywne wartości tego koloru. Następnie, w każdym obiegu pętli, program porównuje odczyty z obu czujników i porównuje je z zapisaną wartością koloru białego. Jeśli wskazania obu czujników są bliskie tej wartości, to znaczy że robot obydwojema czujnikami jest nad białym kolorem i powinien jechać prosto, podobnie, gdy wartość obu czujników jest bliska wartości koloru czarnego (przypadek skrzyżowania). W innym przypadku, większa z różnic obliczanych dla czujników jest błędem - uchybem regulatora PID. Aktualna wartość całki jest dodawana do połowy wartości z poprzedniego obiegu. Wartość pochodnej równa jest różnicy między aktualnym błędem i jego wartością w poprzednim obiegu pętli. Program, bazując na błędzie, oblicza sterowanie, które jest dodawane do podstawowej prędkości jednego koła i odejmowane od prędkości drugiego.

5. Dobór parametrów programu

Reprezentacyjne wartości koloru białego i czarnego dobieramy na początku programu specjalną funkcją. Wartości nastaw regulatora PID wybieraliśmy metodą eksperymentalną. Była to sztuka kompromisu; aby robot jeździł płynnie na zakrętach wzmocnienie nie może być zbyt duże, w przeciwieństwie do stałej czasowej pochodnej. Jednak takie nastawy uniemożliwiają pokonywanie zakrętów o kącie ostrym – tutaj potrzebne jest duże wzmocnienie i całkowanie, z małą wartością pochodnej. Także przy każdej zmianie szybkości robota również nastawy regulatora wymagały zmiany, dlatego też prędkością podstawową

została wybrana prędkość maksymalna, przy której robot pokonuje kąty proste i jeździ zadowalająco płynnie.

6. Zalety i wady algorytmu

Dzięki zastosowaniu algorytmu z regulacją PID robot szybko reaguje na zakłócenia takie jak wykrycie czarnej linii. Możliwa jest zarówno jazda po torze prostym, jak i wykonywanie łagodnych oraz ostrych zakrętów. Dobór odpowiednich nastaw zapewnia krótki czas oscylacji, precyzyjne wykonywanie zakrętów oraz stabilność robota przy wysokiej prędkości jazdy.

Możliwość wykonywania ostrych zakrętów wymagała użycia dużej wartości wzmocnienia i niskiego czasu zdwojenia. Skutkiem tego jest występowanie znacznego przeregulowania i oscylacji, tłumionych jednak po krótkim czasie.

Wadą zastosowanego algorytmu jest fakt, że jeżeli robotowi zdarzy się zjechać z linii a regulator nie zdąży go odpowiednio ukierunkować w stosunkowo krótkim czasie, robot jest obydwooma czujnikami nad białym kolorem i jedzie prosto, bez możliwości powrotu na trasę.

Schemat blokowy FTL

