

# ROBOT PEN ARM

## 1. Wstęp

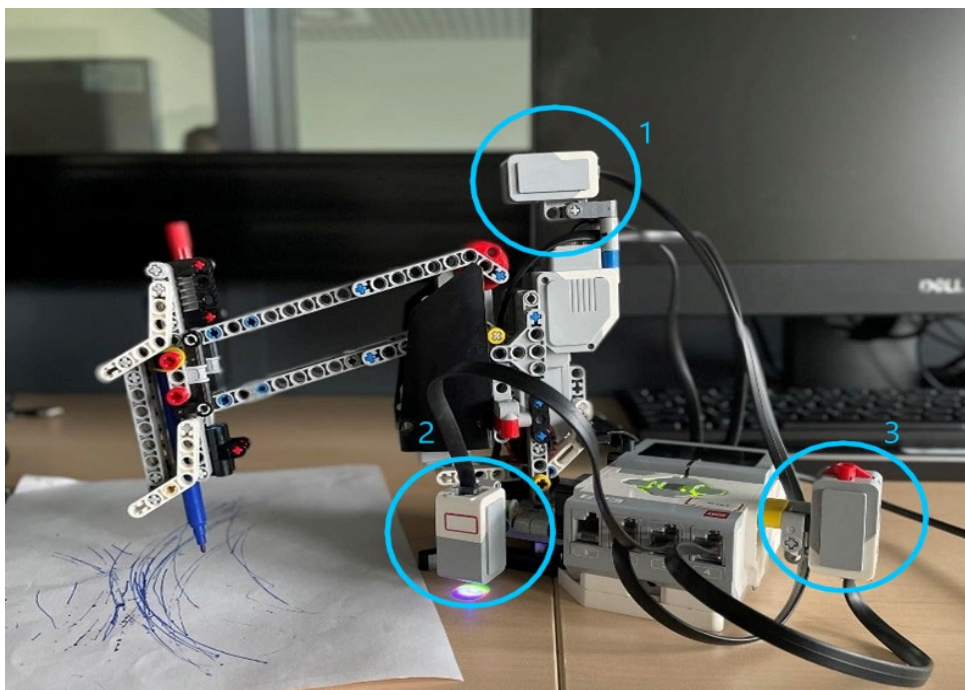
LEGO Mindstorms Education EV3 to zaawansowany zestaw edukacyjny, który umożliwia uczniom oraz studentom naukę programowania i robotyki w praktyczny i interaktywny sposób. Składa się z różnorodnych elementów konstrukcyjnych, w tym sensorów, silników i programowalnego kontrolera, który pozwala na tworzenie różnych robotów i maszyn.

Celem tego projektu było stworzenie robota Pen Arm, który za pomocą przyczepionego pisaka, rysuje proste wzory na kartce. Do programowania robota wykorzystano język Python, tutaj w implementacji MicroPython.

## 2. Budowa robota

Przy budowaniu robota, korzystano z oficjalnej dokumentacji dostępnej na stronie LEGO. Pen Arm składa się z programowalnej kostki-kontrolera i dwóch silników. Jeden z nich odpowiada za ruch ręką robota w górę i w dół. Drugi natomiast obraca całe ramię w prawo i w lewo. Na końcu ramienia znajduje się uchwyt do trzymania pisaka. Pen Arm posiada również kilka czujników: żyroskop (1), czujnik koloru (2) oraz czujnik dotyku (3), które zwiększają możliwości maszyny.

Na poniższym zdjęciu (*Rysunek 1*) widoczny jest złożony oraz działający robot Pen Arm.



*Rysunek 1: Robot Pen Arm*

### 3. Zaimplementowane funkcjonalności

Robot został wyposażony w wiele możliwości. Po pierwsze, czujnik dotyku został zaprogramowany tak, aby po jego dotknięciu program się rozpoczynał. Przycisk również kończy działanie programu.

Główną funkcjonalnością robota jest oczywiście rysowanie. Robot został zaimplementowany tak, aby możliwe było manualne poruszanie ramieniem z pisakiem, jak również, by maszyna samodzielnie rysowała wzór. Użytkownik może ręcznie sterować ruchem ramienia i szyi robota za pomocą przycisków na kostce EV3. Przyciskami góra, dół, lewo i prawo można przesuwać odpowiednio ramię i szyję. Po wykryciu przez robota koloru czarnego (należy w tym celu podłożyć czarną kartkę pod czujnik koloru), przechodzi on w tryb automatyczny i zaczyna rysować przerywaną linię, unosząc i opuszczając ramię w odpowiednich odstępach czasowych.

Dodatkowo robot wykorzystuje światła LED dostępne na kostce do sygnalizowania swojego stanu. Zmiana koloru kostki na żółty sygnalizuje gotowość do rysowania. Ciekawym dodatkiem są wyświetlane obrazki przedstawiające aktualny tryb robota oraz zaimplementowane komunikaty głosowe. Komunikaty zostały wprowadzone w języku polskim. Robot może odtwarzać dźwięki i mówić komunikaty takie jak „rysuję przerywaną linię”, czy „przechodzę w tryb manualny” oraz witać się z użytkownikiem.

### 4. Napotkane trudności

W fazie początkowej, czyli podczas budowania robota, nie napotkano większych trudności. Instrukcja budowy robota udostępniona na oficjalnej stronie firmy LEGO jest czytelna i zrozumiała. Oczywiście zdarzały się problemy ze znalezieniem odpowiednich klocków, kabli oraz pojawiły się minimalnie niedopatrzenia w czasie łączenia ze sobą poszczególnych elementów konstrukcji. Problemy jednak bardzo szybko zostały poprawiane, aby kontynuować prawidłowe budowanie robota.

Kolejnym etapem było zaprogramowanie robota, jego zachowania i funkcjonalności. W tym kroku pojawiły się już rzeczywiste trudności, które wymagały zastanowienia się nad zachowaniem robota i znalezienia przyczyny działania niezgodnego z zamysłem.

Początkowo nieznaczną trudnością okazała się inicjalna faza programowania robota, czyli przypisanie w programie odpowiednich portów do silników i czujników podpiętych do kostki EV3, aby wszystko działało, jak należy. Zajęło to chwilę, ale problem został szybko zażegnany, a już poprawnie podpięty i działający robot czekał na zaprogramowanie.

Inne problemy, natury technicznej, które zostały częściowo rozwiązane, związane są z ograniczeniami konstrukcyjnymi robota.

Po pierwsze proponowany przez LEGO uchwyt do trzymania narzędzia do pisania nie jest stabilny. To jedynie odpowiednio zmontowany zestaw klocków, które nie trzymają mocno narzędzia. Dodatkowo wymagany jest odpowiedni rozmiar narzędzia do pisania, aby trzymał się w uchwycie. Rozwiązaniem okazało się użycie gumki recepturki, chociaż nadal, szczególnie przy rysowaniu przerywanej linii, przy każdym nacisku narzędzia do pisania do powierzchni, przesuwa się ono raz za razem do góry w uchwycie. Problem próbowano rozwiązać przez kompensację tego niechcianego ruchu, zmieniając parametr ruchu ramienia w dół, aby za każdym przejściem pętli był on nieznacznie większy, jednak starania okazały się nieudane.

Po drugie, gdy ramię robota wychyli się o zbyt duży kąt w lewą lub prawą stronę, uniemożliwia to programowi, a co za tym idzie robotowi, dalsze działanie. Prawdopodobnie związane jest to z blokadą dalszego ruchu silnika, gdzie w rezultacie kod działa w nieskończoność, ponieważ silnik nie wykonał jeszcze swojego wyznaczonego ruchu. Ten problem także próbowano rozwiązać, jednak bez skutku – ograniczeniem okazał się mało precyzyjny, zbyt czuły czujnik żyroskopowy, który uniemożliwiał precyzyjny odczyt aktualnego kąta, jakże istotnego do wyznaczenia odpowiedniego momentu na zatrzymanie silnika. Żyroskop często przy minimalnych drganiach, najczęściej pochodzących od ruchu samego ramienia robota, zmieniał wartość odczytywanego kąta o kilkanaście dodatkowych stopni. Częściowym rozwiązaniem tego problemu stało się poruszanie silnikiem ramienia przez użycie krótkich ‘kroków’, które obracają ramię o kąty o małych wartościach, kiedy steruje się ramię za pomocą przycisków na kostce EV3.

## 5. Możliwe udoskonalenia

Zdecydowanie warto pochylić się nad dwoma ostatnimi problemami opisanymi w poprzednim podpunkcie.

Można pomyśleć o udoskonaleniu konstrukcji uchwytu do trzymania narzędzia do pisania lub zastanowić się nad uwzględnieniem w konstrukcji dodatkowego, precyzyjnego czujnika, który będzie odpowiadał za odczyt nacisku ramienia lub jego odległości od powierzchni.

Jeśli chodzi o rozwiązanie problemu blokowania ruchu ramienia robota, brano pod uwagę programowalne obejście, jednak na obecnym etapie nie przyniosło ono satysfakcjonujących rezultatów. Jedną z alternatywnych opcji mogłoby być zastosowanie dwóch czujników dotyku przymocowanych po obu bokach platformy, na której zamontowane jest ramię rysujące robota. Pozwoli to na zatrzymanie się ramienia w sytuacji, gdy jego dolna część naciśnie jeden z czujników.

Robota można rozbudowywać i ulepszać dalej, np. zwiększyć jego możliwości ruchu, co umożliwi rysowanie bardziej zaawansowanych rysunków, nie będąc ograniczonym jedynie do rysowania łuku. Wymagana jest tu jednak m.in. wiedza o działaniu poszczególnych elementów i budowaniu robotów LEGO Mindstorms.

Robota z pewnością można ‘wyposażyć’ w nowe, oprogramowane funkcjonalności oraz poprawić jego działanie, jednak ten aspekt nie został dalej zrealizowany ze względu na ograniczenia czasowe.

## 6. Podsumowanie

Zestaw do budowania programowalnych robotów LEGO Mindstorms okazał się bardzo przyjemnym narzędziem, dzięki któremu można zyskać nowe, ciekawe doświadczenia. Naszemu zespołowi umożliwił pierwszą styczność z programowaniem robotów. Pomimo napotykanymi trudności, wiele z nich udało nam się rozwiązać, a uzyskany efekt to przyjemnie wyglądający i satysfakcjonująco działający robot do rysowania łuków z różnymi czujnikami, którego funkcjonalności można ulepszać oraz dodawać nowe. Mimo że jest to kompletna konstrukcja z oficjalnej strony LEGO, prawdopodobnie pozostawia pole na dalszą rozbudowę.

Jest to zdecydowanie interesująca propozycja LEGO dla osób, które chcą w przyszłości programować bardziej zaawansowane roboty lub po prostu uczyć się programowania, widząc fizyczne efekty swojej pracy.