

1. Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie ma na celu opisanie zasad działania przygotowanego projektu mechatronicznego. Zadaniem wybranym przez naszą grupę było stworzenie maszyny sortującej kolorowe kulki. W celu realizacji projektu, zdecydowano się na wybór trzech kolorów – czerwonego, zielonego i niebieskiego. Sterowanie odbywa się poprzez prosty panel operatorski oraz aplikację mobilną, wykorzystującą łączność przez Bluetooth.

Dokument ten zbiera najważniejsze informacje o projekcie od strony technicznej, aby potencjalny użytkownik dysponował wszelką niezbędną wiedzą do obsługi maszyny.

2. Wykorzystane elementy

W ramach przedmiotu Projektowanie Mechatroniczne jako bazę do przygotowania projektu wskazano klocki LEGO. Oczywiście nasz projekt został o nie oparty – mowa tutaj o części mechanicznej. Składa się ona z następujących elementów:

- 4 kosze do przechowywania posortowanych już kulek,
- zapadnia zwalniająca posortowane kulki z koszy,
- podstawa zbierająca kulki i kierująca je do windy,
- winda transportująca kulki do sortownika,
- mechanizm sortownika z lejkiem, czujnikiem koloru i systemem wypuszczania kulek (moduł „kolor”).

Poza klockami użyto także gotowych elementów, jak np. filar windy do transportu kulek.

Użycie komponentów LEGO kończy się w części mechanicznej. Do realizacji sterowania wykorzystano obecne na rynku elektroniki komponenty. Pierwszym z nich jest mózg całej operacji, czyli minikomputer Raspberry Pi 4B. Został on wykorzystany ze względu na obsługę Bluetooth, wyświetlacza tekstowego czy planowanej w przyszłości kamery.

Jako układ rozszerzający możliwości Raspberry wykorzystano równie popularne Arduino UNO. Pełni ono w układzie rolę „slave” i nie posiada własnej „inteligencji”. To za jego pośrednictwem główna jednostka steruje silnikiem LEGO oraz wszystkimi serwomechanizmami. Jest to możliwe dzięki wyposażeniu w wyjścia PWM.

Aby ożywić mechanizm zbudowany z klocków LEGO w układzie zamontowano akтуatory. W mechanizmie zapadni oraz sortu i wyrzutu kulek zastosowano serwomechanizmy TowerPro SG-90.

Ich podstawowe parametry to:

- zakres obrotu: 180°,
- generowany moment: 0,18 Nm,
- prędkość obrotu: 600°/s (dla napięcia 4,8 V).

Pracę serwomechanizmów wspiera silnik prądu stałego z zestawu LEGO Mindstorms NXT 2.0. Służy on jako napęd windy, transportującej kulki do sortownika.

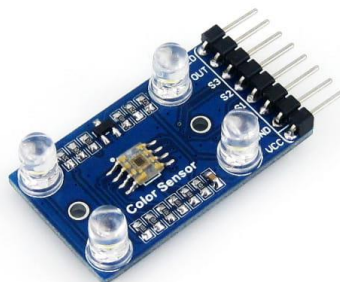


Rys. 1 Serwomechanizm TowerPro



Rys. 2 Silnik LEGO Mindstorms

Przy maszynie sortującej kolorowe kulki nie sposób pominąć najważniejszego z komponentów, czyli czujnika kolorów, a właściwie przetwornika światło-częstotliwość. W projekcie wykorzystany został model TCS3200. Posiada on fotodiody do rozpoznania podstawowych kolorów – czerwonego, zielonego i niebieskiego z osobną oraz całego RGB bez filtracji, w zależności od stanu na wejściach sterujących. Wystawia on na wyjście sygnał prostokątny o częstotliwości zależnej od natężenia światła danej barwy, który trafia do Arduino.



Rys. 3 Czujnik koloru TCS3200

Poza omówionymi już komponentami, w projekcie wykorzystano ponadto:

- wyświetlacz LCD 16x2, służący do komunikacji maszyny z operatorem,
- 3 przyciski, służące do zadawania trybów pracy przez operatora,
- 1 przełącznik, służący do zmiany trybów pracy: stanowisko operatora - aplikacja mobilna,
- 1 płytkę prototypową,
- 1 krańcówkę mechaniczną, sygnalizującą osiągnięcie górnej pozycji przez windę.

3. Opis działania układu

Maszyna stworzona z opisanych wcześniej komponentów została przygotowana do pracy w kilku trybach. Wybór tych trybów dostępny jest z poziomu sterowania ręcznego jak i zdalnego, które zostaną opisane w następnej części. W każdym z nich praca układu odbywa się na takiej samej zasadzie. Sortowane są tutaj piłeczki w trzech różnych kolorach – czerwonym, zielonym i niebieskim.

Kulka rozpoczyna swoją drogę w lejku umieszczonym na sortowniku. Magazynowane są tam kulki, które oczekują na sortowanie. Obiekt znajdujący się na samym dole lejka umieszczony jest tak, że może zostać rozpoznany przez czujnik koloru. Po odczycie barwy, rynną kierująca kulki do właściwego pojemnika jest obracana. Następnie serwomechanizm zwalnia kulkę, wypychając ją z sortownika. Jadąc po rynnę, piłeczka trafia do odpowiedniego kosza. Identyczna procedura dotyczy wszystkich pozostałych kulek. W przypadku, gdy użytkownik zażyczy sobie odsortowanie jedynie określonej liczby piłeczek, elementy pozostałe w sortowniku zostają skierowane do czwartego kosza, a mechanizm sortujący zostaje opróżniony.

Posortowane kulki mają oczywiście możliwość powrotu do sortownika i ponownego rozdzielania. Realizowane jest to przy pomocy mechanizmów zapadni oraz windy. Jeśli użytkownik zażąda resetu całego układu wówczas odblokowywana, a następnie opuszczana jest zapadnia. Wówczas kulki turlają się na podstawę, której geometria kieruje je do pojemnika windy. Winda ze wszystkimi kulkami rusza do góry. Przy końcówce jej trasy pojemnik odchyła się, kulki spadają do lejka, a mechaniczna krańcówka wyłącza napęd windy. Z lejka docierają już do komory sortownika i cały proces sortowania może biec od początku, według nowych wytycznych od operatora.

4. Sterowanie maszyną

Maszyna posiada kilka trybów pracy. Pierwszy z nich to sortowanie automatyczne. Jeśli użytkownik wybierze tę opcję, wówczas posortowane zostaną wszystkie kulki znajdujące się w module „kolor” (użytkownik definiuje liczbę kulek przy starcie sortowania). Każda z piłeczek zostanie rozpoznana i skierowana do właściwego kosza, przypisanego do danego koloru. Po skończonej procedurze sortownik zostaje opróżniony, a wszystkie kulki znajdują się we właściwych koszach.

Drugą opcją jest posortowanie zadanej liczby kulek z danego koloru. Znając liczbę kulek poszczególnych kolorów operator może zadać żądane parametry sortowania na panelu. Chodzi tutaj o zestaw np. 2 czerwone + 3 zielone. Wówczas maszyna rozpoczyna pracę i analizuje każdą z pojawiających się przy czujniku piłeczek. Wybrane kulki trafią do właściwych sobie pojemników. Natomiast wszystko, co nie spełnia warunków zadanych przez użytkownika trafia do kosza na „odpady”. Sortowanie trwa do momentu uzyskania żądanej liczby piłeczek, albo całkowitego opróżnienia modułu „kolor”.

Ostatnim zaimplementowanym trybem jest sterowanie manualne. W tej opcji urządzenie odczytuje kolor każdej z kulek, która trafia przed czujnik koloru, wyświetla informację o odczytanej barwie na ekranie oraz pyta, co zrobić z daną piłeczką. Jeśli użytkownik zechce zachować kulkę, wówczas maszyna skieruje ją do odpowiedniego kosza, przypisanego do danego koloru. W przypadku, gdy operator odrzuci piłeczkę, trafi ona do kosza na „odpady”. Cała procedura odbywa się analogicznie dla każdej z kulek w podajniku.

Jak już zostało tutaj wspomniane, głównym sterownikiem całego układu jest Raspberry Pi. Odpowiada on za komunikację z Arduino poprzez port szeregowy oraz obsługuje interfejsy użytkownika. Do dyspozycji są dwa interfejsy – klasyczny, składający się z trzech przycisków monostabilnych, przełącznika bistabilnego oraz ekranu LCD oraz zdalny, wykorzystujący Bluetooth i aplikację mobilną.

Interfejs klasyczny to nic innego jak wyświetlacz LCD 16x2, 3 przyciski monostabilne o raz 1 przełącznik bistabilny. Pierwszy komponent służy do komunikacji z użytkownikiem poprzez prezentowanie aktualnego stanu pracy maszyny, czyli odczytu z czujnika kolorów, bądź liczby kulek posortowanych. Przyciski służą do wydawania poleceń urządzeniu. Przypisano im funkcje:

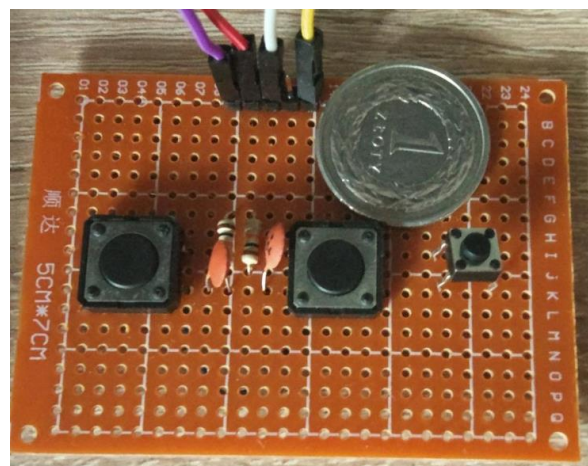
- start/plus,
- akceptuj/zmiana trybu,
- stop/minus.

Przyciski plus i minus służą do zadawania liczby piłeczek w układzie, czy żądanej liczby kulek do posortowania w trybie drugim. Pozostałe funkcje służą do bieżącej obsługi trybów i samego procesu sortowania.

Śledząc działanie maszyny po kolei – na początku operator wybiera tryb pracy za pomocą przycisku „zmiana trybu” i akceptuje wybór. Następnie definiuje liczbę kulek w sortowniku przyciskami „plus” i „minus” (nie dotyczy trybu manualnego). Po zaakceptowaniu sortowanie rozpoczyna się, zgodnie z wyborem operatora. W trybie automatycznym wszystko zostanie posortowane bez udziału użytkownika (chyba, że w międzyczasie naciśnie on przycisk „stop”). W przypadku trybu posortowania określonej liczby kulek, na panelu wyświetlą się informacje o konieczności wprowadzenia zadanych parametrów, czyli liczby każdego z kolorów. W trybie manualnym użytkownik przyciskami decyduje o losie każdej z piłeczek. Przycisk „akceptuj” zachowuje dany kolor, „start/plus” odrzuca, a „stop/minus” przerywa sortowanie.

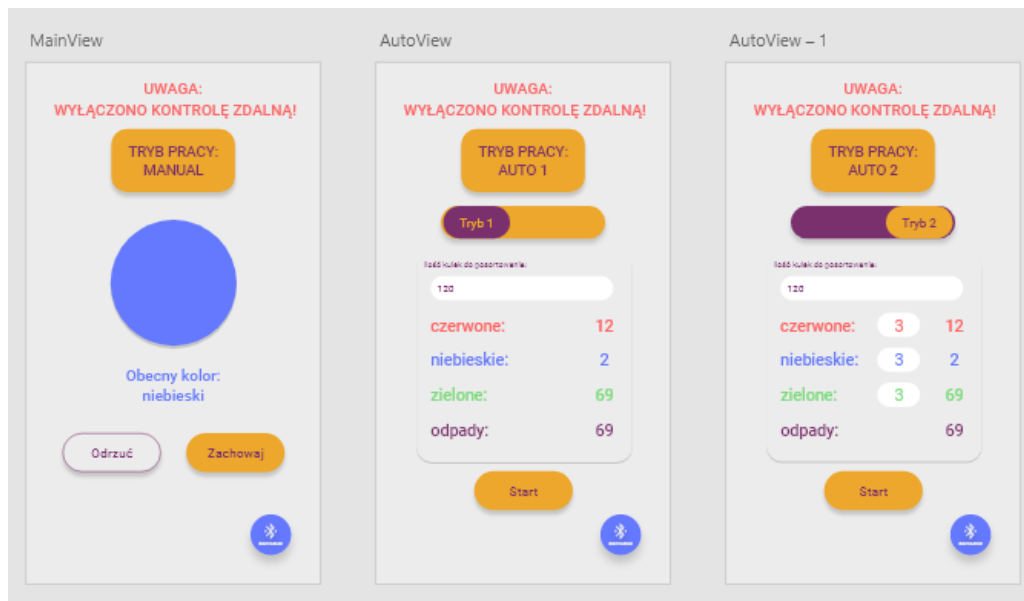


Rys. 4 Ekran klasycznego interfejsu



Rys. 5 Przyciski sterujące maszyną

Maszyna posiada także sterowanie zdalne, poprzez Bluetooth. Na potrzeby tej funkcjonalności stworzona została dedykowana aplikacja, w której operator może intuicyjnie obsługiwać każdy z opisanych już wcześniej trybów pracy. Realizowane funkcje nie różnią się niczym od interfejsu opisanego w poprzednim akapicie, a dla każdej z opcji sortowania stworzono dedykowany ekran. Operator może w każdym momencie odłączyć sterowanie zdalne poprzez bistabilny switch na panelu operatorskim.



Rys. 6 Widok ekranów aplikacji mobilnej

Za sterowanie silnikiem, serwomechanizmami i odczyt kolorów odpowiada Arduino UNO. Otrzymuje ono rozkazy od Raspberry za pośrednictwem portu szeregowego. Na podstawie poleceń wysyła sygnały o kolorze odczytanym z czujnika koloru, bądź uruchamia odpowiednie serwomechanizmy czy silnik windy. Arduino połączone jest bezpośrednio z serwomechanizmami oraz czujnikiem, a do ich obsługi wykorzystuje biblioteki Servo.h oraz tcs3200.h. Silnik LEGO prądu stałego sterowany jest przez mostek H. Ekran LCD natomiast, oraz wszystkie przyciski (wyposażone w filtr RC) podłączone są bezpośrednio do Raspberry Pi.