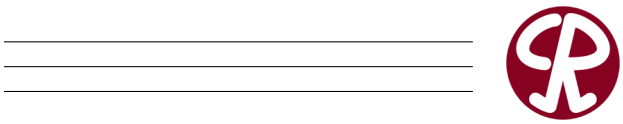
Projekt

Wizualizacja Danych Sensorycznych

Wizualizacja Sensorów Line Follower'a

Michał Maćkowiak, 249464



Prowadzący:
dr inż. Bogdan Kreczmer

Katedra Cybernetyki i Robotyki
Wydziału Elektroniki
Politechniki Wrocławskiej

15 maja 2021

Spis treści

1 Cel projektu

Celem projektu jest stworzenie aplikacji za pomocą biblioteki *Qt* w języku *C++*, która będzie wizualizować dane robota mobilnego klasy *line follower*. Robot wyposażony w enkodery i czujniki odbiciowe będzie przesyłał dane, które posłużą wyświetlaniu trasy przejechanej przez robota, przedstawieniu prędkości oraz odczytu czujników odbiciowych *line follower*'a.

Trasa przejechana będzie zaznaczana punktowo na podstawie położenia robota w przestrzeni dwuwymiarowej, mając informacje z enkoderów zawartych na kołach robota. Dodatkowo enkodery pozwolą przedstawić, z jaką prędkością się porusza.

Czujniki odbiciowe służą detekcji linii, którą ten *line follower*, jak nazwa wskazuje, śledzi. Przedstawiony zostanie stan tych czujników, a zatem informacja czy czujnik wykrywa linię, czy nie.

Dodatkowe informacje o konstrukcji robota mobilnego:

- Wszystkie komponenty robota będą przylutowane lub przymocowane do zaprojektowanej płytki drukowanej.
- Zastosowany będzie mikrokontroler *STM*.
- Będzie posiadać co najmniej 5 czujników odbiciowych. Czujniki odbiciowe wykorzystują do działania diodę emitującą promieniowanie oraz fototranzystor odbierający światło odbite. W ten sposób w zależności od właściwości refleksyjnych i pochłaniających materiału oświetlanego na fototranzystorze emitowane jest napięcie proporcjonalne do ilości otrzymanego światła. Stąd też czarna linia (która pochłania światło) jest odbierana przez mikrokontroler jako sygnał niski natomiast biała przestrzeń toru (odbijająca światło) jako sygnał wysoki.

2 Przewidywane efekty końcowe

- Aplikacja będzie posiadać prosty interfejs użytkownika.
- Komunikacja z robotem, a aplikacją będzie odbywać się poprzez połączenie *bluetooth* 4.0.
- Położenie robota w przestrzeni będzie odwzorowane z dokładnością do 1 cm. Okresowo, co 30 *sekund*, rysowane będą punkty reprezentujące aktualne położenie robota w przestrzeni $2D$.
- Będzie wyświetlana aktualna prędkość kątowa kół robota z dokładnością do 1 rpm. Graficznie prędkość będzie przedstawiona przez słupki, które będą rosły wraz ze zwiększaniem prędkości oraz malały ze zmniejszaniem jej. Dodatkowo będą zawierać informacje o kierunku jazdy robota.
- Sygnały z czujników będą posiadać interfejs graficzny przypisany do każdego z 5 czujników. Interfejs będzie wyświetlać kolor biały lub czerwony w zależności czy wykrywana jest linia, czy też nie.

3 Podcele i etapy realizacji projektu

W tym rozdziale znajdują się wyszczególnione podcele oraz etapy tworzenia projektu. Każdy etap uznawany jest za zakończony po wykonaniu serii testów oraz ewentualnych poprawek.

Lista podcelów:

1. Zapoznanie się z dokumentacją rozwiązań sprzętowych zastosowanych w projekcie. Pozyskanie dodatkowej wiedzy śledząc artykuły oraz inne zasoby Internetu
2. Projekt interfejsu graficznego
3. Postęp bez gotowego robota:
   (a) Wykonanie pierwszej wersji aplikacji posiadającej pojedynczy widżet
   (b) Zaimplementowanie komunikacji przez *UART*, by otrzymywać dane z mikrokontrolera
   (c) Ręczne symulowanie poruszania silników oraz odczytywanie „surowego" stanu enkoderów dzięki podłączeniu silniki z enkoderami do zewnętrznej płytki deweloperskiej *STM32F429I-DISCO1*
   (d) Symulacyjne pobieranie danych z czujnika/ów odbiciowych
   (e) Przetworzenie danych, by otrzymać prędkość kątową kół oraz współrzędne przestrzeni $2D$ znając prędkość i kierunek obrotu kół
   (f) Stworzenie graficznej reprezentacji danych w aplikacji - wyświetlanie trasy przejechanej, aktualnej prędkości oraz stanu czujników odbiciowych
4. Zmontowanie robota (zlutowanie i podłączenie) oraz wstępne testy poprawności jego działania. W tym podłączenie czujników
5. Pełna integracja robota mobilnego z aplikacją. Testy oraz zmiany konstrukcyjne/programowe.
6. Ostateczne sprawdzenie poprawności działania aplikacji przy współpracy z robotem. Skończenie dokumentacji projektu.

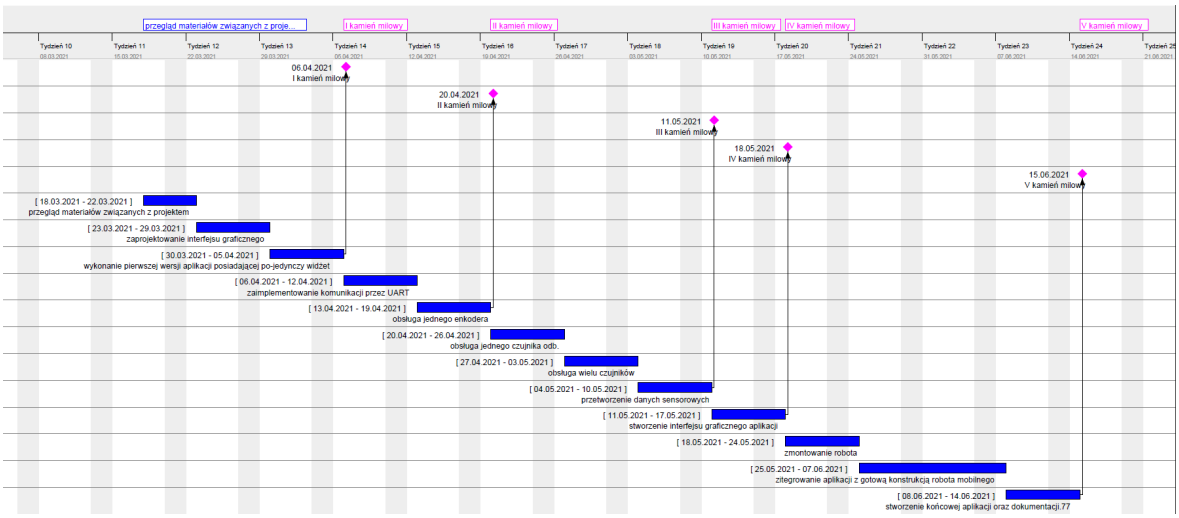
4 Terminarz realizacji poszczególnych podcelów (z dokładnością do 1 tygodnia)

Poniżej znajduje się harmonogram realizacji projektu. Flagą ***KM*** zaznaczone są kamienie milowe postępu wykonywania projektu. Data przy, każdym z zadań oznacza datę ukończenia podcelu.

- 22 marca 2021 – zakończenie przeglądu materiałów związanych z projektem
- 29 marca 2021 – zaprojektowanie interfejsu graficznego
- ***KM* 5 kwietnia 2021** – wykonanie pierwszej wersji aplikacji posiadającej pojedynczy widżet
- 12 kwietnia 2021 – zaimplementowanie komunikacji przez *UART*

- ***KM* 19 kwietnia 2021** – stworzenie interfejsu tekstowego do obsługi „surowych” danych z jednego enkodera
- 26 kwietnia 2021 – zaimplementowanie obsługi jednego czujnika odbiciowego. Testy na interfejsie tekstowym
- 4 maja 2021 – obsługa pięciu czujników odbiciowych oraz dwóch enkoderów
- ***KM* 10 maja 2021** – przetworzenie danych, by otrzymać prędkość kątową kół oraz współrzędne przestrzeni $2D$ znając prędkość i kierunek obrotu kół
- ***KM* 17 maja 2021** – stworzenie interfejsu graficznego aplikacji
- 24 maja 2021 – zmontowanie robota
- 31 maja 2021 – zintegrowanie aplikacji z gotową konstrukcją robota mobilnego
- 7 czerwca 2021 – dokończenie poprzedniego punktu
- ***KM* 14 czerwca 2021** – stworzenie końcowej aplikacji oraz dokumentacji.

Poniżej na rysunku 1 znajduje się diagram Gantta przedstawiający harmonogram pracy.



Rysunek 1: Diagram Gantta

5 Efekty przeglądu materiałów związanych z projektem

Zapoznanie się z biblioteką oraz obsługą *Qt* w języku *C++*. [1] [2] [3] [4] [5] [6]

Zapoznanie się z programowaniem mikrokontrolerów STM. [7] [8] [9]

Pozyskanie wiedzy na temat portu szeregowego *UART*, jego implementacji i działania. [10] [11]

6 Projekt interfejsu graficznego użytkownika

Aplikacja będzie posiadać interfejs graficzny umożliwiający przedstawienie w czytelny sposób danych. Projekt interfejsu został przedstawiony na rysunku 2. Funkcjonalności interfejsu przedstawione są poniżej:

- Górny pasek narzędzi:
  - Przycisk "START" - uruchamia on proces łączenia się z robotem, po połączeniu rozpoczyna komunikację oraz odbieranie danych.
  - Przycisk "VIEW" - pozwala on wybrać, które okna są widoczne w aplikacji.
  - Przycisk "EXIT" - odpowiada za wyjście z aplikacji.
- W głównej części aplikacji będą wyświetlane okna odpowiedzialne za wizualizację różnych danych.
  - Okno "Wheels speed" - przy pomocy oddzielnych słupków dla każdego koła wyświetlana jest aktualna prędkość robota. Wzrost słupka odpowiada zwiększeniu prędkości, natomiast spadek słupka odpowiada zmniejszeniu prędkości. Pod słupkami znajduje się wartość liczbowa prędkości obracania się kół. Na środku słupka znajduje się poziom zerowy prędkości. Prędkość oznaczona pod osią zera oznacza prędkość kątową koła skierowaną w przeciwnym kierunku do kierunku jazdy.

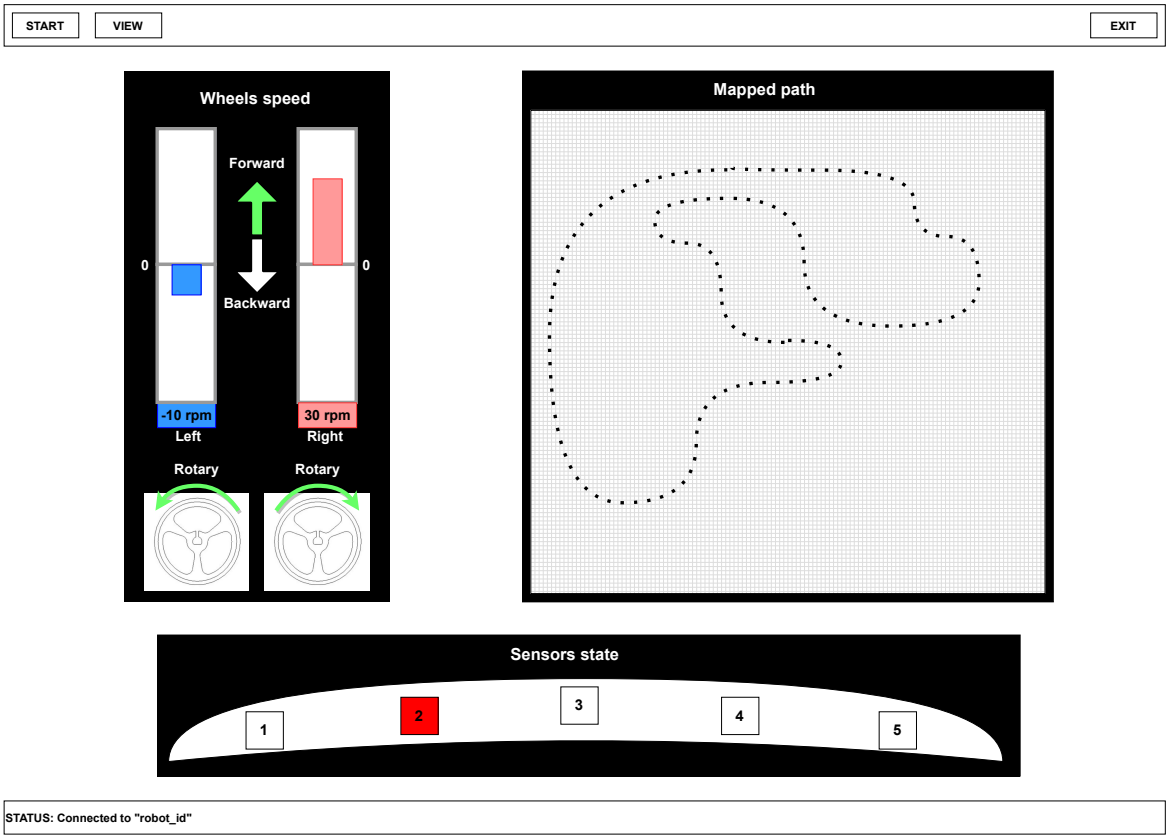
    Dodatkowo to okno posiada informacje na temat kierunku jazdy robota mobilnego. Między słupkami znajdować będzie się wertykalna dwukierunkowa strzałka. Zaświecenie (zmiana koloru na zielony) górnej części oznacza jazdę w przód (*forward*), a dolnej jazdę w tył (*backward*).

    Na dole okna przedstawione są schematycznie koła robota mobilnego. Nad nimi znajdują się zakrzywione strzałki. Kierunek grotu strzałki oznacza kierunek obrotu koła. Grot skierowany w prawo, odpowiada obrót koła w przód; skierowany w lewo, obrót koła w tył.

    Brak świecących strzałek oznacza nie poruszanie się robota.
  - Okno "Mapped path" przedstawiać będzie kwadratowy układ współrzędnych z tikiem co 1 *cm*. Na nim nanoszone będą punkty pomiaru położenia robota w przestrzeni startując od środka układu. Nałożone punkty będą obrazować trasę przejechaną przez robota.
  - Okno "Sensors state" wizualizować będzie stan 5 czujników odbiciowych robota. Kolor czerwony oznaczać będzie wykrywanie linii, natomiast biały to stan domyślny, niewykrywania linii. Czujniki reprezentowane są przez

ponumerowane kwadraty naniesione na schematyczną platformę robota z czujnikami.

- Na samym dole aplikacji znajduje się informacja o statusie połączenia ("STATUS"). Wyświetlać będzie czy połączenie zostało nawiązane i jeżeli tak to z jakim urządzeniem, w przeciwnym wypadku wyświetli informacje o braku połączenia.



Rysunek 2: Projekt interfejsu graficznego

7 Komunikacja UART

Sprawdzanie komunikacji uart odbieranie oraz wysyłanie informacji testowano na płytce deweloperskiej *STM32F429I-DISCO1*. W końcowej wersji aplikacja będzie łączyć się przez podłączenie *Bluetooth* z robotem.

Została stworzona aplikacja, która umożliwia komunikację.

7.1 Aplikacja do komunikacji

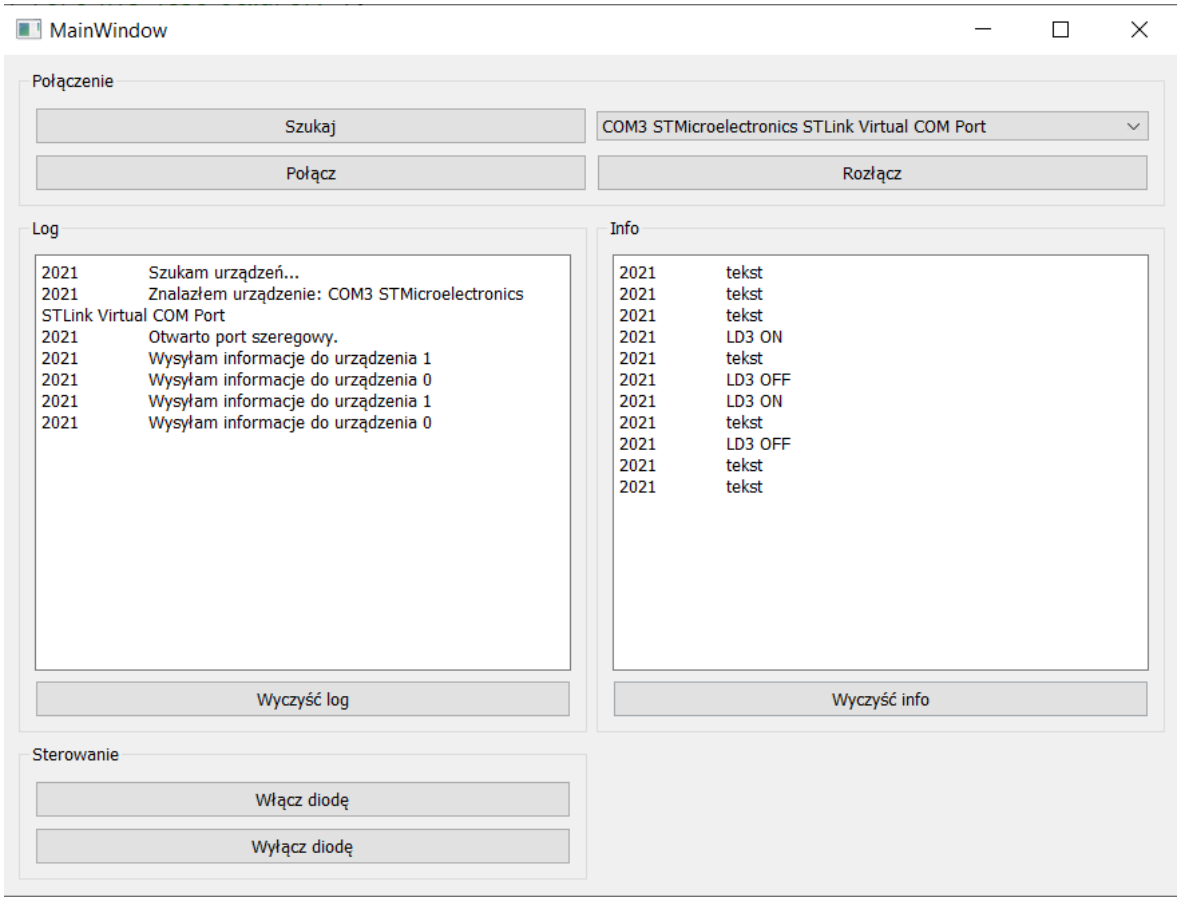
Owa aplikacja posiada wymienione funkcjonalności:

- Przycisk **Szukaj** - wyszukiwanie portów *COM*, do których jest podłączona jest płytka,
- **Lista** urządzeń wyszukanych - wyświetla urządzenia podłączonych wyszukanych po naciśnięciu przycisku **Szukaj**,

- Przycisk **Połącz** - podłącza się do wybranego na liście urządzenia,
- Przycisk **Rozłącz** - rozłącza połączenie z uprzędzeniem,
- **Log** - pole tekstowe, które służy do wyświetlania dziennik komunikacji (np. informacje o połączeniu, rozłączeniu, błędach),
- **Info** - pole tekstowe, które służy do wyświetlania tekstów odebranych z płytki (np. stany czujników),
- Przycisk **Włącz diodę** - wciśnięcie wysyła sygnał "1"do płytki, który odbiera go i wykonuje akcje zaświecenia diody na płytce,
- Przycisk **Wyłącz diodę** - wciśnięcie wysyła sygnał "0"do płytki, który odbiera go i wykonuje akcje wyłączenia diody.
- Przyciski **Wyczyść ...** - naciśnięcie ich powoduje wyczyszczenie odpowiedniego pola tekstowego.

Przyciski do sterowania diodą w późniejszym etapie może nie być wykorzystane. Aktualnie służyło tylko by sprawdzić wysyłanie i odbieranie informacji przez płytkę.

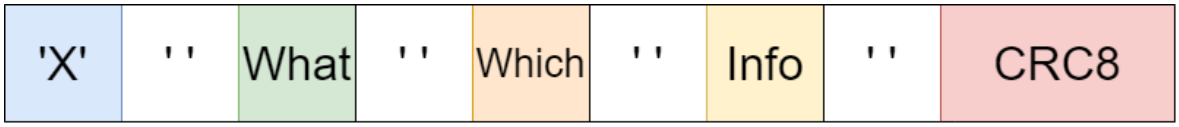
Okno aplikacji można zobaczyć na rysunku 3 poniżej.



Rysunek 3: Okno aplikacji

7.2 Przesyłanie informacji przez ramki

Komunikacja procesora z aplikacją o stanie czujników oraz silników będzie odbywać się za pomocą ramek. Zdefiniowana ramka przedstawiona jest na rysunku poniżej.

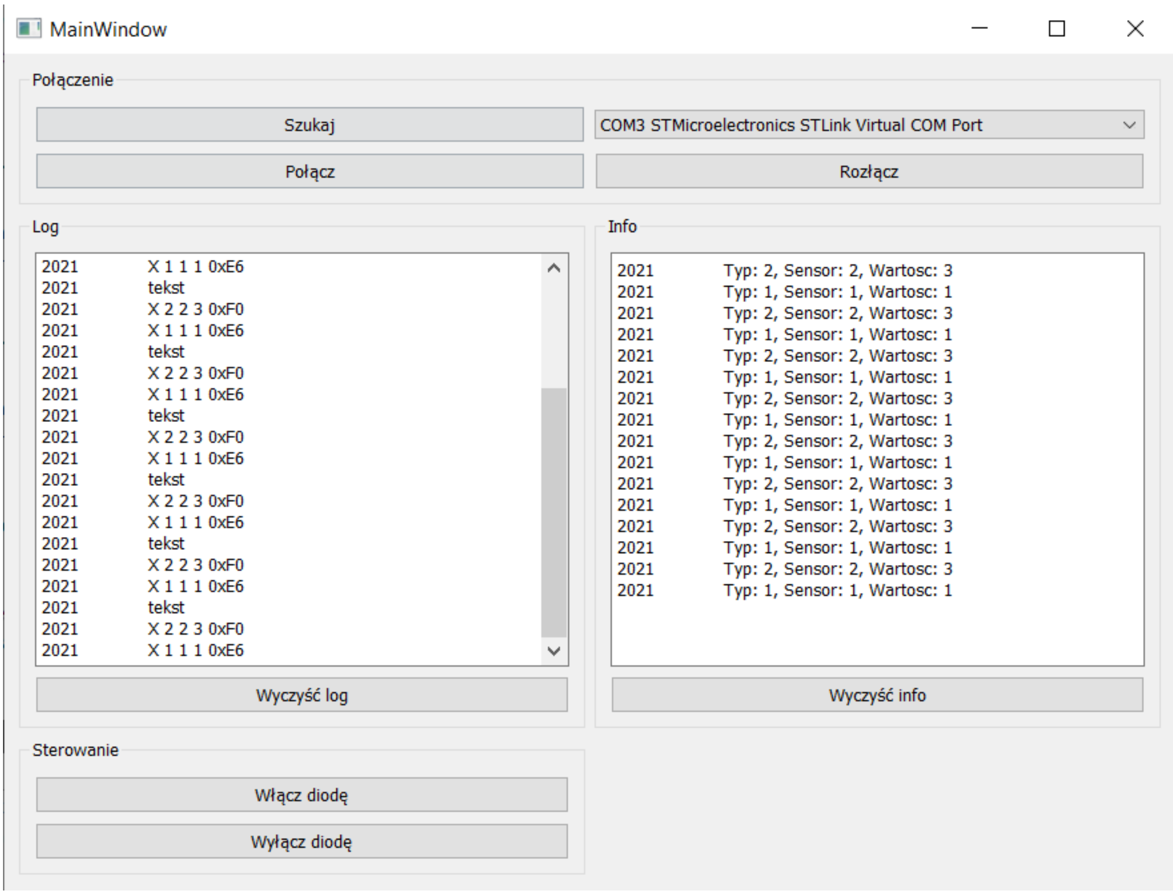


Rysunek 4: Ramka komunikacji

Separatorem informacji w ramce jest *spacja*. Ramka zaczyna się od znaku 'X'. Następnie po separatorze znajduje się komunikat *What* odpowiada on typowi czujnika, z którego dane pochodzą (enkodery czy czujniki transoptorowy). Po następnej spacji (*Which*) znajduje się numer wcześniej wybranego sensora (np. prawy enkoder to 1, a lewy 2). Kolejna spacja oddziela informacje o stanie czujnika lub informacje, którą chce wysłać (np. współrzędne). Rozmiar *Info* nie jest stały. Na koniec po ostatniej spacji znajduje się CRC8, czyli hexadecymanlna suma kontrolna o rozmiarze dwóch znaków.

Suma kontrolna ma na celu sprawdzenie czy dane zostały poprawnie przesłane przez połączenie kablowe z komputerem. W finalnej wersji połączenie będzie realizowane poprzez *bluetooth*.

Wynik działania aplikacji z sumą kontrolną znajduje się poniżej.

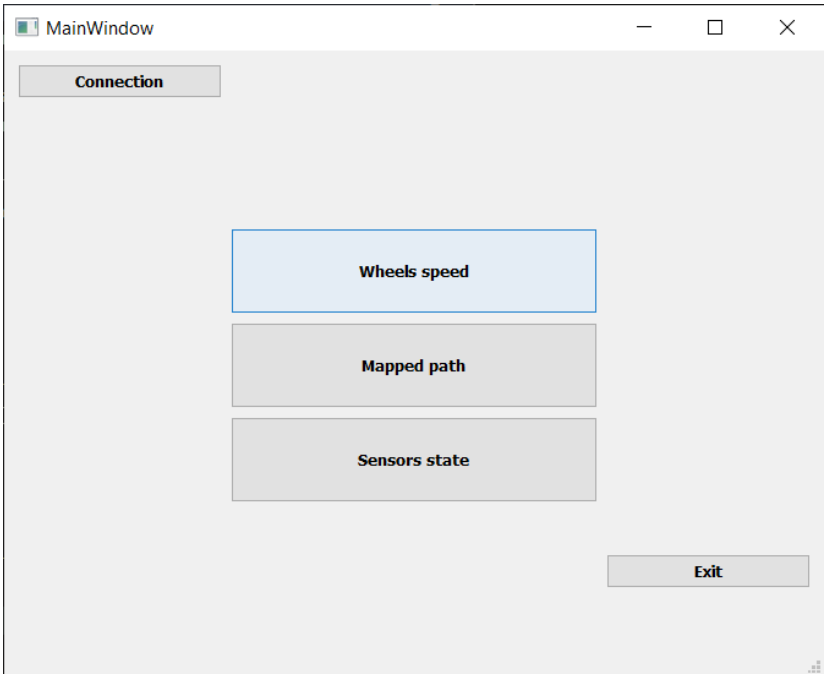


Rysunek 5: Komunikacja przy pomocy ramek

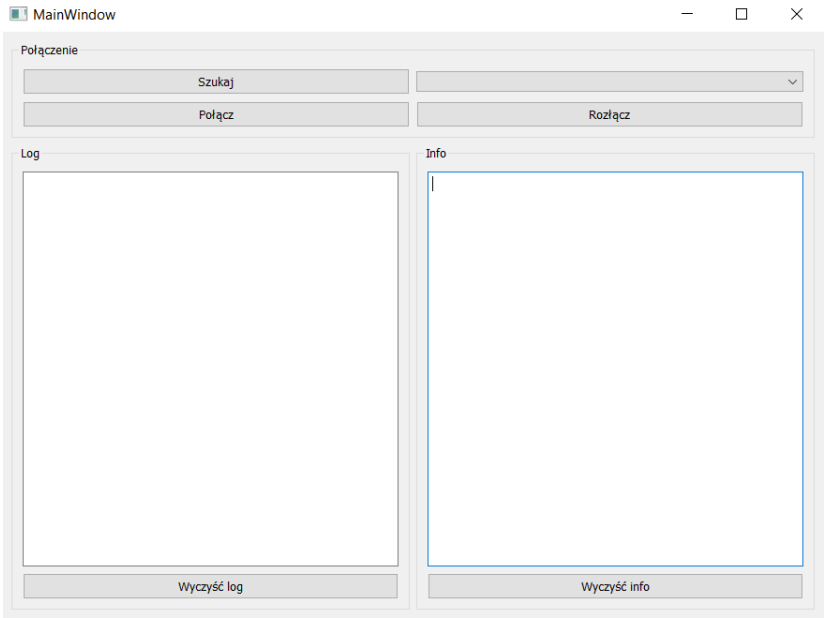
8 Aplikacja

Wykonana została aplikacja, która pozwoli na wizualizację pomiarów. Główne okno zawiera przyciski, które umożliwiają włączanie następnych okien aplikacji. Znajdują się tam przyciski:

- *Connection* - naciśnięcie przycisku spowoduje otworzenie okna do łączenia się z urządzeniem poprzez uart. Okno przedstawione jest w rozdziale 7,
- *Wheels speed* - naciśnięcie otwiera okno, które zawiera wykres słupkowy prędkości kół robota. Dodatkowo będzie zawierać informacje o kierunku kręceniu się kół,
- *Mapped path* - naciśnięcie otwiera okno, które będzie przedstawiać śledzenie trasy przejechanej robota,
- *Sensors state* - naciśnięcie otwiera okno, które będzie przedstawiać stan czujników linii robota,
- *Exit* - naciśnięcie zamyka całą aplikacje wraz z innymi oknami.

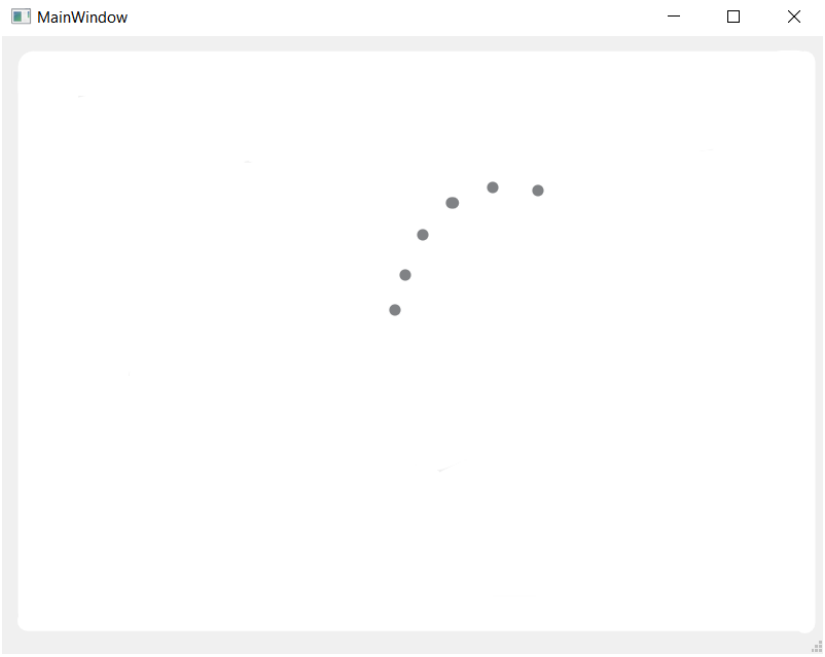


Rysunek 6: Główne okno aplikacji

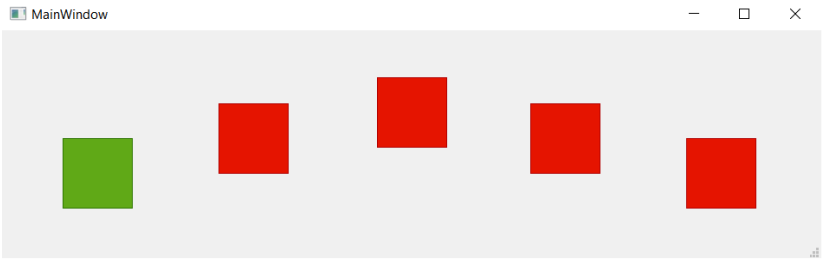


Rysunek 7: Okno komunikacji

Rysunek 8: Okno prędkości kół



Rysunek 9: Koncepcja okna śledzenia trasy



Rysunek 10: Koncepcja okna stanu czujników

Literatura

[1] Mateusz Patyk. Kurs qt. *forbot.pl*.

[2] Jasmin Blanchette and Mark Summerfield. *C++ GUI Programming with Qt 4*. http://www.qtrac.eu/C++-GUI-Programming-with-Qt-4-1st-ed.zip, 2006.

[3] Dan Munteanu. Robust qt c++ gui programming 2d graphics app tutorial. udemy.com, 2020.

[4] Bryan Cairns. Qt 5 core for beginners with c++. udemy.com, 2020.

[5] Bryan Cairns. Qt 5 core intermediate with c++. udemy.com, 2020.

[6] Bryan Cairns. Qt 5 core advanced with c++. udemy.com, 2020.

[7] Marek Galewski. *STM32. Aplikacje i ćwiczenia w języku C z biblioteką HAL*. BTC, 2019.

[8] C. Noviello. *Mastering the STM32 Microcontroller*. LeanPub, May 2016.

[9] Bartek Kurosz. Kurs stm32 f4. *forbot.pl*.

[10] Kamami. Stm32cube w przykładach (usart). *stm32.com*.

[11] Bartek Kurosz. Komunikacja przez uart. *forbot.pl*.