

PROJEKT
WIZUALIZACJA DANYCH SENSORYCZNYCH

Skaner 3D

Adam Jankowiak, 252919

Prowadzący:
dr inż. Bogdan Kreczmer



Katedra Cybernetyki i Robotyki
Wydziału Elektroniki, Fotoniki i
Mikrosystemów
Politechniki Wrocławskiej

Spis treści

1	Charakterystyka tematu projektu	1
2	Podcele i etapy realizacji projektu	1
3	Specyfikacja finalnego produktu	2
4	Terminarz realizacji poszczególnych podcelów	2
4.1	Kamienie milowe	3
5	Projekt graficzny interfejsu użytkownika	4
5.1	Scenariusze działania aplikacji	5
6	Uzyskane wstępne wyniki	5
6.1	Projekt układu elektronicznego	5
6.2	Programowanie mikrokontrolera	7
6.2.1	Konwersja danych	7
6.3	Komunikacja	7
7	Rezultaty zaawansowane	8
7.1	Doxxygen	8
7.2	Widok finalnej aplikacji	8
8	Rezultaty prawie końcowe	9
8.1	Wyświetlanie wstępnych wyników	9
8.2	Sprawdzanie połączenia	9

1 Charakterystyka tematu projektu

Główną tematyką poruszaną w projekcie jest skanowanie obiektów w trzech wymiarach. Celem projektu jest stworzenie działającego skanera 3D, który w czasie rzeczywistym będzie przesyłał dane do komputera. Skaner wykorzystuje dalmierz laserowy oraz 2 silniki krokowe. Dokonując odpowiednie przekształcenia matematyczne, głównie trygonometrię, uzyskujemy dużą ilość punktów, które są umieszczone w przestrzeni euklidesowej. Celem aplikacji jest odebranie uzyskanych danych i wyświetlenie ich w trójwymiarowej przestrzeni. Umożliwi to użytkownikowi analizę danego obiektu oraz dokładne zwymiarowanie przedmiotu.

2 Podcele i etapy realizacji projektu

Lista podcelów:

- Przegląd literatury i zasobów Internetu związanych z tematem projektu [1] [3] [2]
- Projekt układu elektronicznego (schemat ideowy)
- Zaprogramowanie mikrokontrolera do komunikacji z komputerem
- Napisanie części programu odpowiedzialnej za przesył danych z i do mikrokontrolera
- Dodanie sumy kontrolnej podczas przesyłu danych
- Testowanie i eliminacja występujących błędów w komunikacji
- Wstępne dodanie trybu graficznego wraz z rozmieszczeniem elementów
- Ustawienie przycisków wraz z odpowiednimi komunikatami
- Wyświetlanie siatki punktów w trakcie pracy skanera
- Dodanie ikony wskazującej połączenie z mikrokontrolerem oraz dodanie parametrów pracy
- Unifikacja programu w zależności od danego regionu/języka
- Finalne testowanie pełnego oprogramowania wraz z wyszukiwaniem błędów
- Poprawa znalezionych problemów

3 Specyfikacja finalnego produktu

Najważniejsze funkcjonalności:

- Możliwość ustawienia przez użytkownika odpowiednich trybów pracy skanera
- Przycisk Start oraz Stop, które umożliwiają rozpoczęcie oraz wstrzymanie pracy urządzenia
- Ikonka wskazująca czy aplikacja jest połączona z urządzeniem
- Przycisk Ustaw umożliwiający ponowne dokonanie skanowania
- Obracanie zeskanowanego przedmiotu w aplikacji
- Wyświetlanie kąta pod którym znajduje się widok/kamera użytkownika
- Możliwość zmiany języka, jednostek w zależności od regionu

Głównym celem projektu jest stworzenie w pełni funkcjonalnej aplikacji, która umożliwia wyświetlanie i analizę zeskanowanego obiektu. Dokładność dokonywanych pomiarów jest zależna od dużej ilości czynników takich jak niepewność pomiaru odległości przez sam czujnik, luzy występujące na stelażu, niepewność przy zaokrąglaniu wyników.

4 Terminarz realizacji poszczególnych podcelów

- 21 marca 2022 – zakończenie przeglądu materiałów związanych z danym tematem
- 28 marca 2022 – schemat układu elektronicznego
- 4 kwietnia 2022 – Zaprogramowanie mikrokontrolera do komunikacji z komputerem
- 11 kwietnia 2022 – Napisanie części programu odpowiedzialnej za przesył danych z i do mikrokontrolera
- 25 kwietnia 2022 – Dodanie sumy kontrolnej podczas przesyłu danych
- 2 maja 2022 – Testowanie i eliminacja występujących błędów w komunikacji
- 9 maja 2022 – Wstępne dodanie trybu graficznego wraz z rozmieszczeniem elementów
- 16 maja 2022 – Ustawienie przycisków wraz z odpowiednimi komunikatami
- 23 maja 2022 – Wyświetlanie siatki punktów w trakcie pracy skanera
- 30 maja 2022 – Dodanie ikon oraz parametrów pracy urządzenia
- 6 czerwca 2022 – Unifikacja programu w zależności od danego regionu/języka

- 13 czerwca 2022 – Finalne testowanie pełnego oprogramowania wraz z wyszukiwaniem błędów
- 20 czerwca 2022 – Poprawa znalezionych problemów

Poniżej znajduje się rysunek 1 przedstawiający diagram Gantta.



Rysunek 1: Diagram Gantta

4.1 Kamienie milowe

I Kamień milowy - 09.05.2022

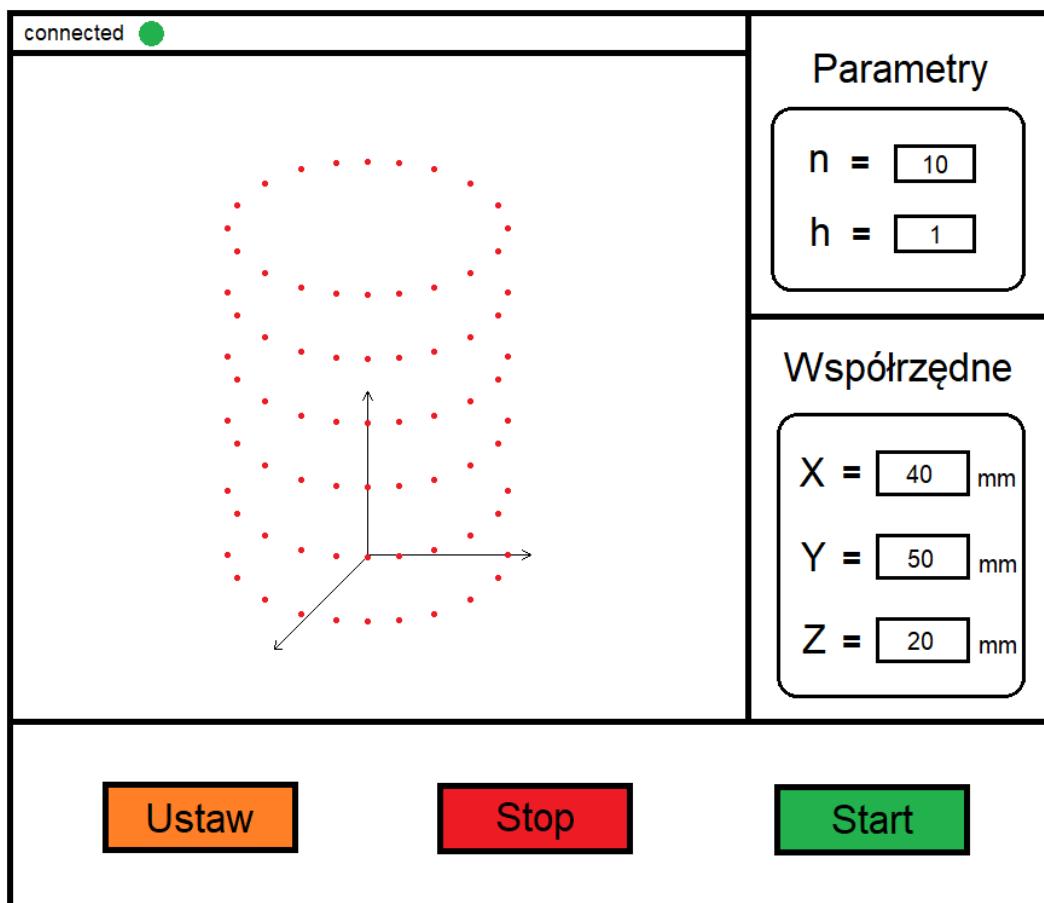
Dokonany zostanie przegląd dostępnych materiałów dydaktycznych, zostanie stworzony ideoowy schemat elektryczny. Umożliwi się komunikację między mikrokontrolerem a aplikacją, dodana zostanie także suma kontrolna, która wyeliminuje powstawanie błędów w trakcie komunikacji. Na samym końcu 1 etapu całość zostanie poddana testowaniu w celu wyeliminowania błędów.

II Kamień milowy - 20.06.2022

Wstępna implementacja trybu graficznego w aplikacji, zostaną wydzielone odpowiednie okna, przyciski. Następnie zostanie dodana możliwość wyświetlania siatki skanowanego obiektu w trzech wymiarach. Użytkownik będzie w stanie z poziomu aplikacji wpływać na parametry skanowania takie jak rozdzielcość. Bardzo ważnym elementem w tym etapie jest uniwersalność działania w zależności od regionu i języka z jakiego korzysta użytkownik. Na samym końcu zostaną wykonane niezbędne testy całej aplikacji oraz zostaną dokonane niezbędne poprawki.

5 Projekt graficzny interfejsu użytkownika

Na poniższym rysunku 2 znajduje się projekt graficzny interfejsu użytkownika.



Rysunek 2: Projekt graficzny interfejsu użytkownika

Funkcjonalności dostarczane przez aplikację

- **Start** - przycisk umożliwia użytkownikowi rozpoczęcie skanowania obiektu
- **Stop** - przycisk umożliwia użytkownikowi nagłe zatrzymanie skanowania
- **Ustaw** - przycisk umożliwia użytkownikowi ustawienie odpowiednich parametrów skanowania
- Tabela **Parametry** - zawiera dwie pozycje: **n** - oznacz ilość pomiarów dokonywanych w trakcie jednego obrotu oraz **h** - oznacza odległość podaną w mm pomiędzy pomiarami na osi z
- Tabela **Współrzędne** wskazuje pozycję wybranego punktu. Dodatkowo użytkownik będzie w stanie zaznaczyć wszystkie punkty na danej wysokości.
- **Czerwono/zielona dioda** pokazuje czy aplikacja jest połączona z mikrokontrolerem.

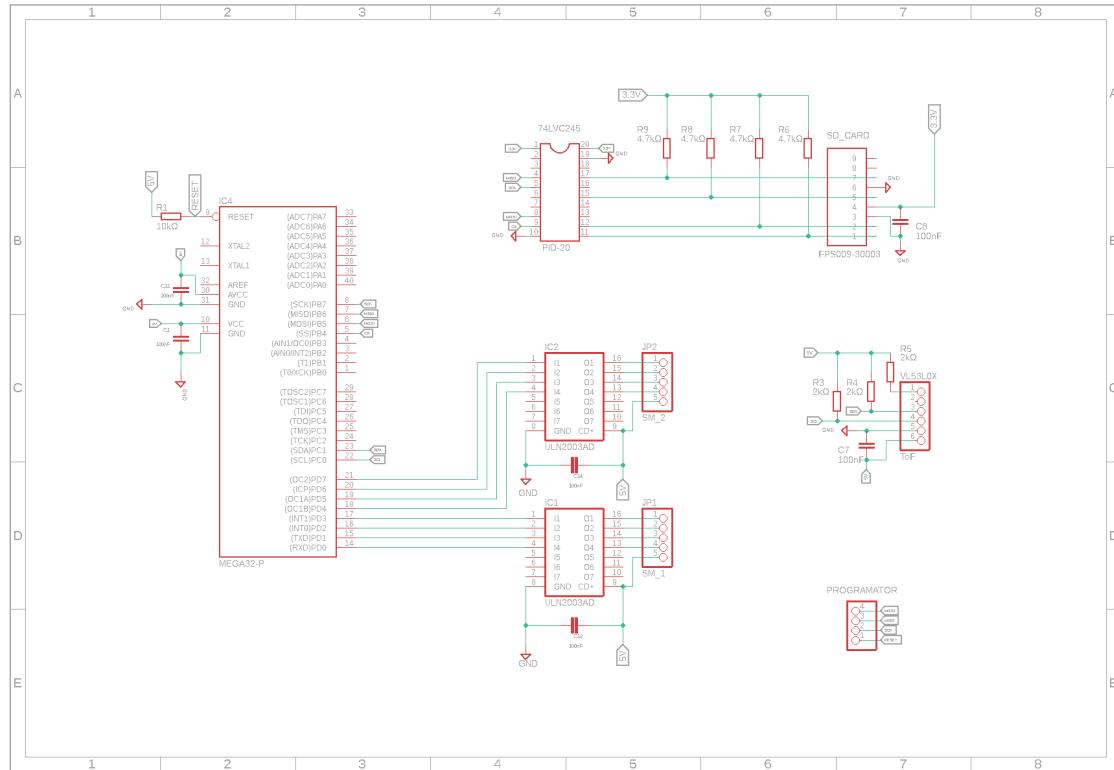
5.1 Scenariusze działania aplikacji

Na samym początku użytkownik ustawia odpowiednie parametry pracy skanera, następnie klikając przycisk **Ustaw** aplikacja wysyła parametry do mikrokontrolera po czym następuje kalibracja urządzenia. Po dokonaniu kalibracji mikrokontroler przesyła informacje o skończeniu czynności do aplikacji. Następnie użytkownik może nacisnąć przycisk **Start**, który wysyła sygnał do skanera o rozpoczęciu skanowania obiektu. W trakcie dokonywania pomiarów na animacji przestrzeni euklidesowej zaczyna pojawiać się pojedyncze punkty. Po dokonaniu pomiarów istnieje możliwość zaznaczenia odpowiedniego punktu oraz wyświetlenia jego współrzędnych. Użytkownik w tym momencie jest w stanie zatrzymać skanowanie za pomocą przycisku **Stop**. Wznowienie skanowania jest możliwe poprzez naciśnięcie przycisku **Start**. W celu zresetowania aplikacji użytkownik musi jeszcze raz wcisnąć przycisk **Ustaw**. Dodatkowo podczas pracy aplikacji przyciski, które nie będą chwilowo dostępne takie jak przycisk **Start** w momencie gdy skaner będzie w trakcie kalibracji, będą miały szary odcień.

6 Uzyskane wstępne wyniki

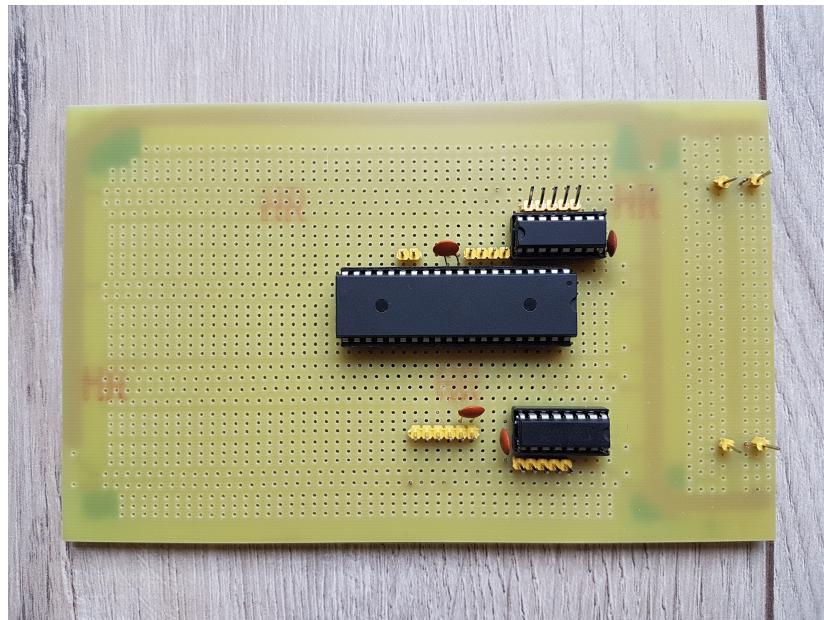
6.1 Projekt układu elektronicznego

Projekt schematu elektronicznego został stworzony w programie Eagle. Jak można zauważyć na poniższym rysunku 3 znajduje się gotowy schemat elektroniczny przedstawiający odpowiednie połączenia i wykorzystane podzespoły.

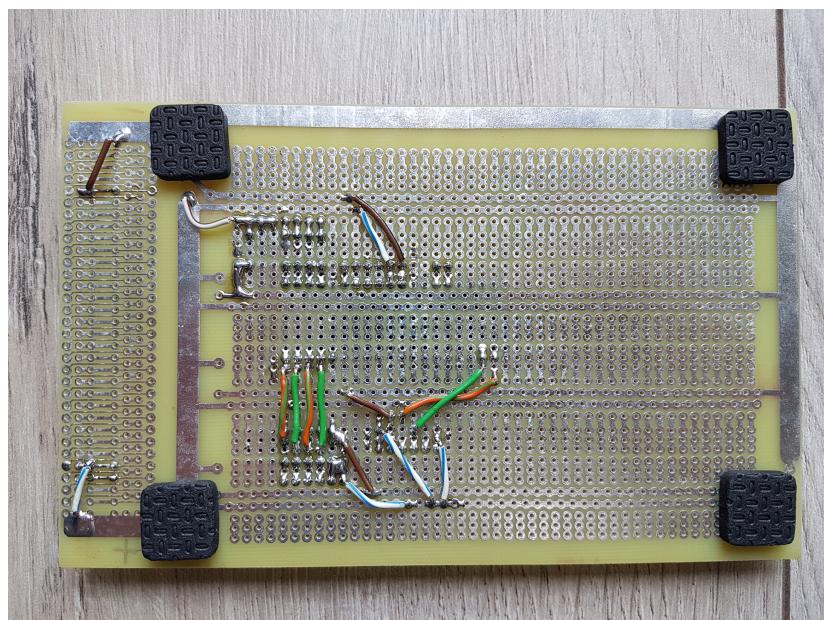


Rysunek 3: Projekt schematu elektronicznego

Wykonany został także gotowy układ elektroniczny. Poniższe rysunki 4 5 przedstawiają finalną budowę płytka prototypowej.



Rysunek 4: Projekt płytki prototypowej, górna część



Rysunek 5: Projekt płytki prototypowej, dolna część

6.2 Programowanie mikrokontrolera

Komunikacja z dalmierzem VL53L0X odbywa się za pomocą protokołu I2C. Wykorzystana została biblioteka stworzona przez producenta. Z wstępnie uzyskanych testów wynika, że pomiar odległości jest zawyżony o 20mm względem rzeczywistej odległości.

6.2.1 Konwersja danych

Po uzyskaniu odległości między czujnikiem a obiektem program zaczyna przeliczać wartości w celu wyznaczenia siatki współrzędnych w przestrzeni euklidesowej. W tym celu zostały wykorzystane wzory trygonometryczne (2), (3). Gdzie P_{pros} (1) jest odlegością między mierzonym punktem a środkiem obrotu podstawki, r jest odlegością między dalmierzem a środkiem układu współrzędnych. Wartość kata jest uzyskiwana poprzez odpowiednie wysterowanie silnikiem krokowym.

$$P_{pros} = r - \text{pomiar}; \quad (1)$$

$$x = P_{pros} \cdot \cos(\text{kat}); \quad (2)$$

$$y = P_{pros} \cdot \sin(\text{kat}); \quad (3)$$

Wartość współrzędnej z jest wyznaczana poprzez zliczanie ilości pełnych obrotów. Skok śruby wynosi 1,5mm zatem podwójne obrócenie powoduje podniesienie się czujnika o 3mm.

6.3 Komunikacja

Komunikacja z programem odbywa się za pomocą protokołu RS232 / UART. Dodana została także suma kontrolna CRC8 dzięki której możliwe jest wykrycie błędnej wiadomości. Wysyłana jak i odbierana wiadomość składa się z odpowiedniej dla danego formatu ramki danych. Na samym počątku wysyłany jest znak X informujący o rozpoczęciu wysyłania wiadomości, następnie przesyłana jest wiadomość. Na samym końcu ramki znajduje się suma kontrolna, która pozwala wyeliminować błędy w komunikacji. Funkcję separatora pomiędzy odpowiednimi danymi pełni spacja. Po otrzymaniu wiadomości program automatycznie koduje otrzymaną wiadomość i porównuje z wcześniej odebraną. Poniżej 4 znajduje się przykładowa ramka danych.

$$X \ 147 \ 45281 \ FC \quad (4)$$

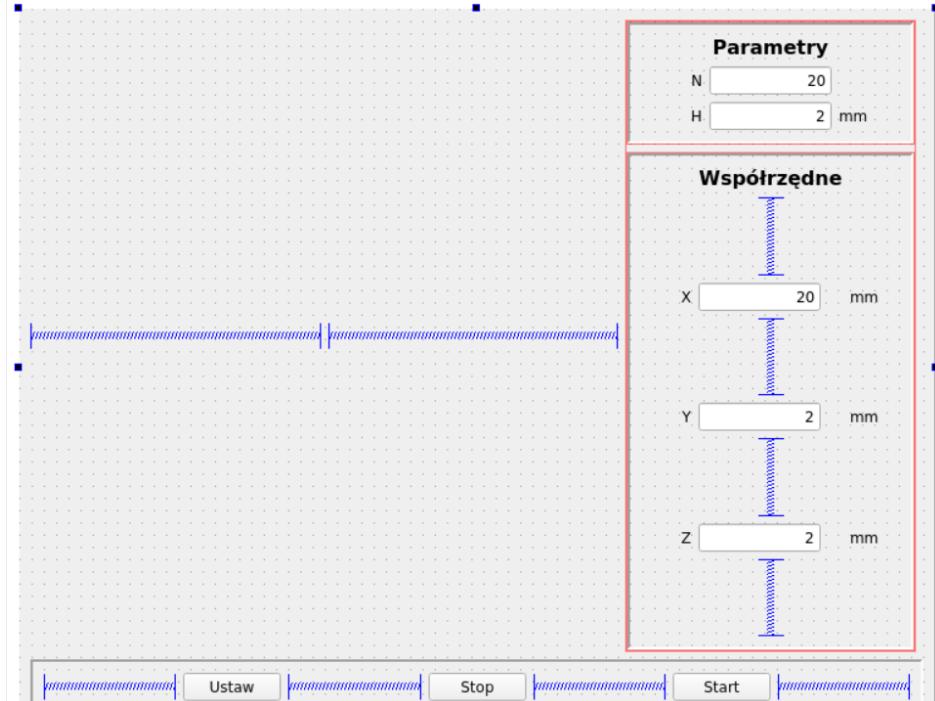
7 Rezultaty zaawansowane

7.1 Doxygen

Została utworzona dokumentacja w Doxygenie zawierająca opis wykorzystanych funkcji jak i zmiennych wyjściowych. W znaczący sposób ułatwia ona analizę kodu. W finalnej wersji pełna dokumentacja zostanie udostępniona na serwerze politechniki.

7.2 Widok finalnej aplikacji

Wykonany został widok zawierający rozmieszczenie danych obiektów w oknie aplikacji. Dodane zostały odpowiednie przyciski, etykiety umożliwiające użytkownikowi rozróżnienie danych opcji, miejsca do wpisywania parametrów. W celu zwiększenia czytelności parametrów zostały dodane ramki wraz z wyjustowanym tekstem. Dodana została także możliwość zmiany rozmiaru okienka dzięki czemu elementy znajdujące się w środku także zmieniają swój rozmiar. Na poniższym rysunku 6 znajduje się projekt okienka.

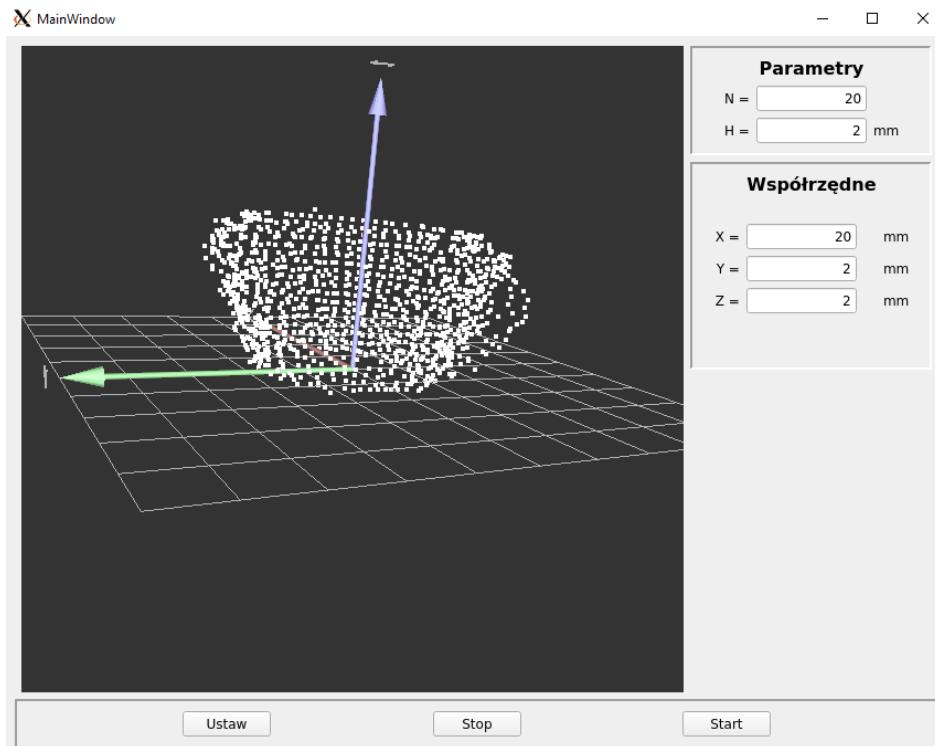


Rysunek 6: Okno projektu - Qt designer

8 Rezultaty prawie końcowe

8.1 Wyświetlanie wstępnych wyników

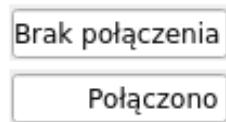
W celu wyświetlenia współrzędnych punktów w przestrzeni euklidesowej wykorzystano bibliotekę GLViewer, która umożliwia wyświetlanie wykresów w 3D. W celu przetestowania działania samego skanera jak i aplikacji zeskanowana została filiżanka do kawy. Na poniższym rysunku 7 można zauważyć siatkę punktów przedstawiającą dany obiekt. Widoczne jest zaokrąglenie u dołu filiżanki jak i małe uszko od trzymania.



Rysunek 7: Okno projektu - wizualizacja skanu 3D

8.2 Sprawdzanie połączenia

W celu sprawdzenia czy dane urządzenie jest podłączone został stworzony wątek, który regularnie sprawdza połączenie i zwraca odpowiedni komunikat użytkownikowi. Na poniższym rysunku 8 przedstawione są wyświetlane komunikaty odnośnie połączenia.



Rysunek 8: Komunikaty - połączenie

Literatura

- [1] Jasmin Blanchette, Mark Summerfield. *C++ GUI Programming with Qt 4.* <http://www.qtrac.eu/C++-GUI-Programming-with-Qt-4-1st-ed.zip>, 2006.
- [2] KAROL Derejczyk, K Siemiński. Analiza dokładności metod optycznego skanowania 3d. *Mechanik*, 4:312–313, 2016.
- [3] J. Szabatin. *Podstawy teorii sygnałów*. WKŁ, Warszawa, 2000.