

EtherCAT Safety

Instrukcja wykonania zadania na RoboChallenge 2022

Spis treści

1. Opis zadania
 - 1.1 Wykaz sprzętu w zadaniu
 - 1.2 Wykorzystywane oprogramowanie
 - 1.3 Podział zadania na etapy
 - 1.3.1 Etap 1
 - 1.3.2 Etap 2
 - 1.3.3 Etap 3
 - 1.3.4 Etap 4
2. Etap 1 – utworzenie list zmiennych
 - 2.1 Utworzenie listy zmiennych w PLC
 - 2.2 Dodanie zmiennych w projekcie Safety
3. Etap 2 – konfiguracja hardware'u
 - 3.1 Wybór odpowiedniego Target System
 - 3.2 Import odpowiednich urządzeń z zakładki Devices
4. Etap 3 – konfiguracja logiki Safety
5. Etap 4 – linkowanie zmiennych i uruchomienie aplikacji
 - 5.1 Schemat linkowań w projektach zawierających Safety
 - 5.2 Linkowanie zmiennych pomiędzy projektem Safety a projektem PLC
 - 5.3 Linkowanie Aliasów w grupie TwinSAFE
 - 5.4 Weryfikacja i aktywowanie konfiguracji Safety
 - 5.5 Sprawdzenie działania program
6. Punktacja zadania

1. Opis zadania

Zadanie polega na stworzeniu aplikacji bezpiecznej składającej się ze sterownika PLC wraz z modułami I/O, w tym modułem logiki Safety, robota oraz skanera bezpieczeństwa. Gotowa aplikacja powinna po wciśnięciu przycisków odpowiedzialnych za uzbrojenie Safety oraz uruchomienie robota spowodować, że robot zacznie wykonywać wcześniej zaprogramowaną sekwencję ruchu.

1.1 Wykaz sprzętu w zadaniu

Sprzęt Beckhoff:

- Sterownik Embedded PC CX5140-0175
- Moduł logiczny Safety EL6910
- Moduł wejść cyfrowych EL1004
- Moduł EtherCAT Extension EK1110
- Inne moduły I/O niewykorzystywane w zadaniu

Sprzęt FANUC:

- Robot FANUC R-30iB Plus
- Karta do komunikacji EtherCAT

Sprzęt SICK:

- Skaner bezpieczeństwa SICK MICS3-xBAZxxEN1

1.2 Wykorzystywane oprogramowanie

Do stworzenia aplikacji wykorzystane będzie oprogramowanie TwinCAT 3 firmy Beckhoff. Robot oraz skaner bezpieczeństwa zostaną odpowiednio skonfigurowane wcześniej, tak że dodatkowe oprogramowanie poza oprogramowaniem Beckhoff TwinCAT 3 nie jest wymagane.

1.3 Podział zadania na etapy

Zadanie podzielone zostało na 4 etapy powiązane ze sobą, finalnie prowadzące do utworzenia poprawnie działającej aplikacji bezpiecznej.

1.3.1 Etap 1

W etapie 1 rozwiązujący zadanie powinien utworzyć odpowiednią listę zmiennych globalnych w programie PLC oraz w programie Safety, które następnie połączone będą z logiką Safety. Lista zmiennych zostanie przedstawiona w dalszej części instrukcji

1.3.2 Etap 2

W etapie 2 rozwiązujący zadanie powinien wybrać odpowiedni Target System, a więc urządzenie logiczne Safety, a także zaimportować do projektu robota oraz skaner bezpieczeństwa.

1.3.3 Etap 3

W etapie 3 rozwiązujący zadanie powinien dodać odpowiedni blok funkcyjny do grupy Safety, a następnie utworzyć i dodać odpowiednie zmienne do grupy, tak by umożliwić komunikację skaner-sterownik-robot.

1.3.4 Etap 4

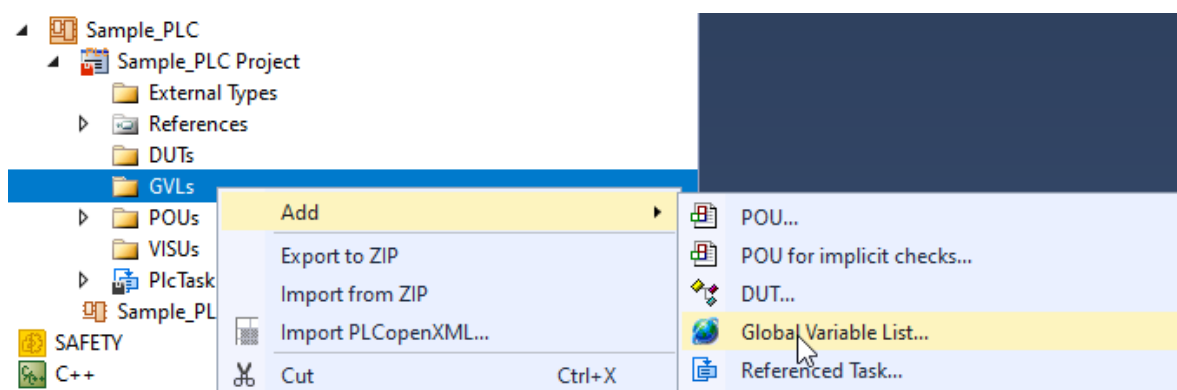
W etapie 4 rozwiązujący zadanie powinien odpowiednio połączyć (zlinkować) ze sobą zmienne pochodzące z hardware'u oraz z grup Safety oraz wgrać program Safety

na kontroler. Po wykonaniu tej operacji po wciśnięciu odpowiedniej sekwencji przycisków na stanowisku (program będzie przygotowany wcześniej), robot powinien rozpocząć ruch w zaprogramowany wcześniej sposób, a po wejściu w strefę działania skanera robot zatrzymał się.

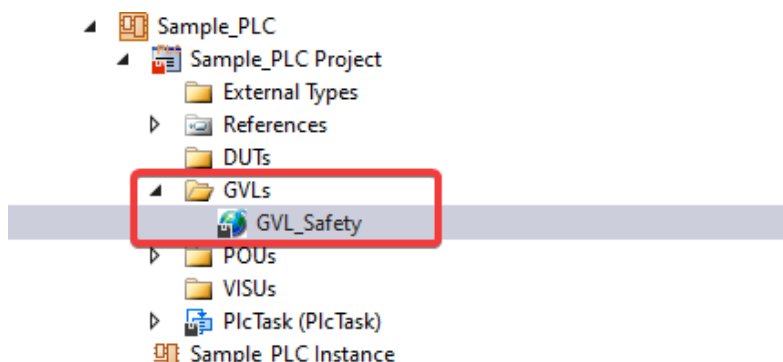
2. Etap 1 – utworzenie list zmiennych

2.1 Utworzenie listy zmiennych w PLC

W pierwszej kolejności należy utworzyć odpowiednią listę zmiennych w programie PLC. Zmienne powinny znajdować się na liście GVL_Safety, która powinna zostać dodana jako Global Variable List:



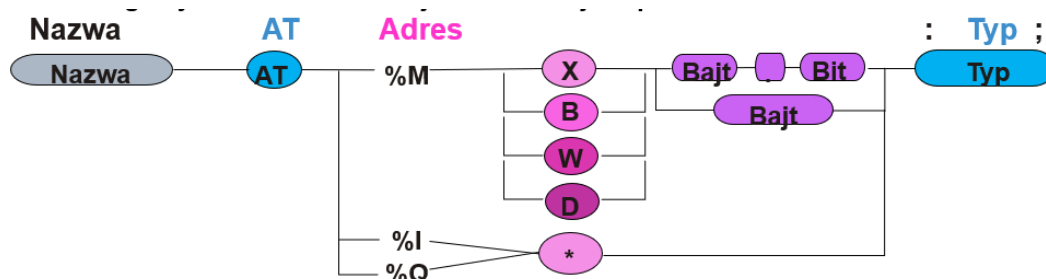
Po dodaniu listy zmiennych powinna być ona widoczna w projekcie:



Następnie do listy należy dodać zmienne statusowe (binarne) odpowiadające za:

- Uruchomienie grupy (zmienna RunStop)
- Potwierdzenie błędu (zmienna ErrorAcknowledge)
- Reset bloków funkcyjnych po błędzie (zmienna ResetFBs)

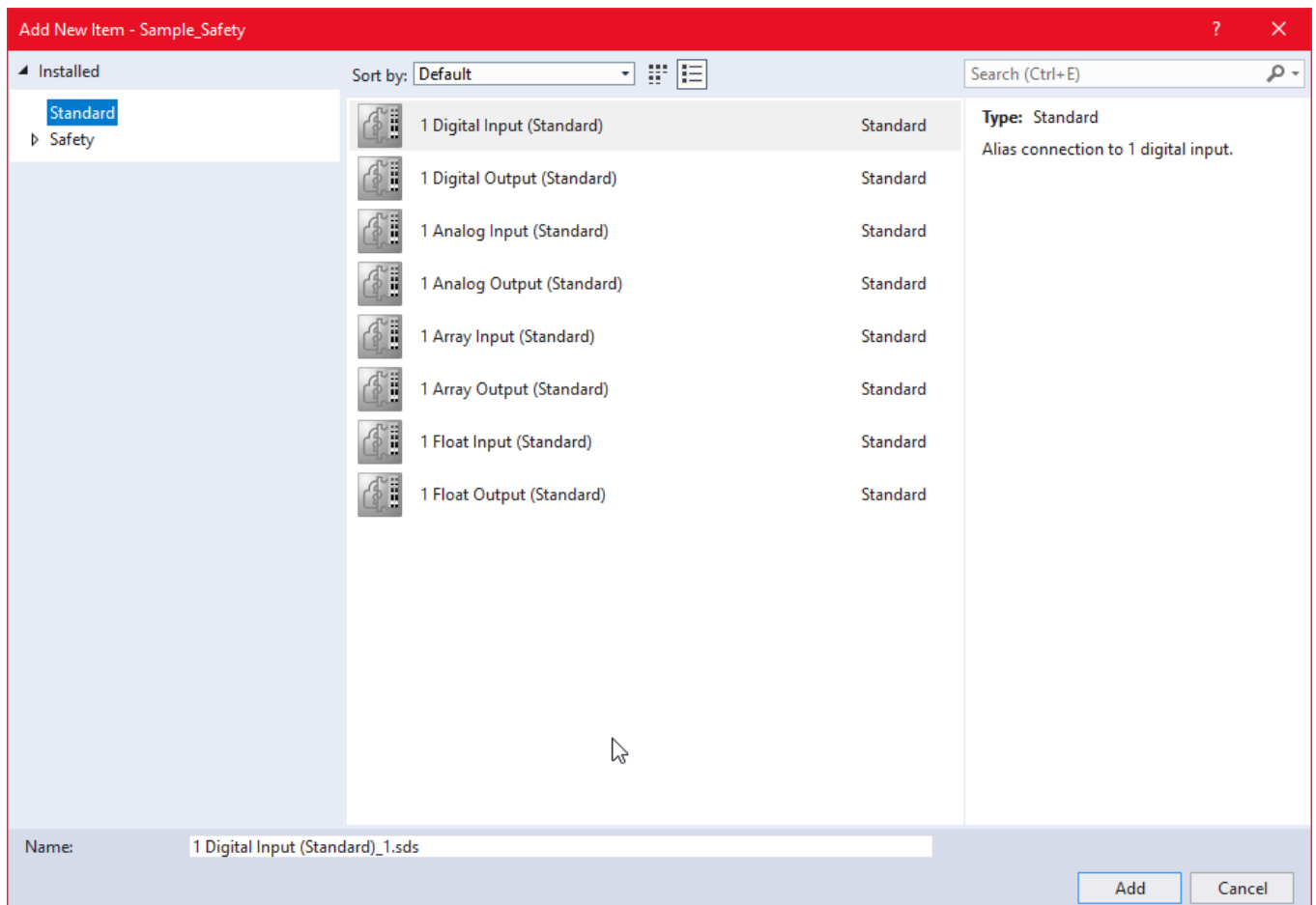
Schemat tworzenia zmiennych w TwinCAT:



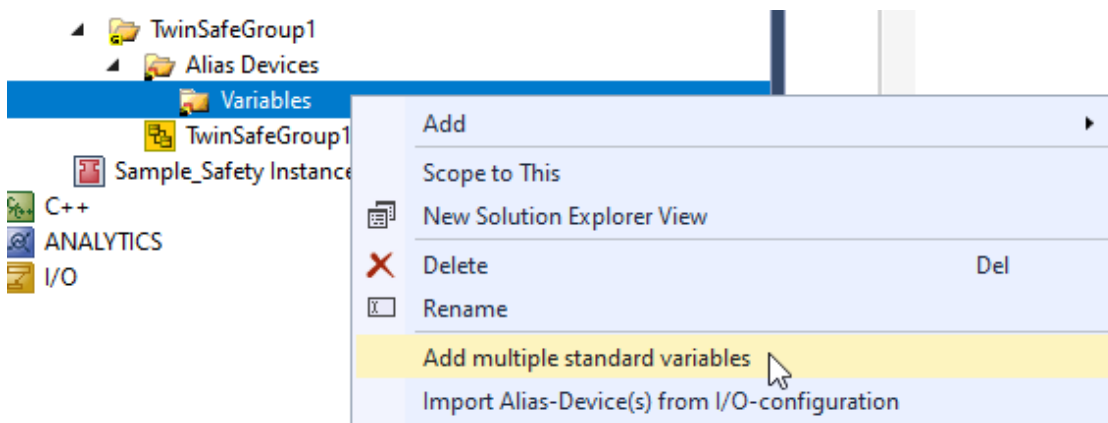
Uwaga! Należy pamiętać, że zmienne są wyjściami z projektu PLC do projektu Safety!

2.2 Dodanie zmiennych w projekcie Safety

Po utworzeniu listy zmiennych globalnych należy utworzyć analogiczną listę zmiennych, ale w projekcie Safety. Dodawanie zmiennych w Safety odbywa się w inny sposób niż w programie PLC. W programie Safety zmienne dodajemy jako odpowiednie zmienne wejściowe/wyjściowe:



Można również dodać wiele zmiennych jednocześnie:

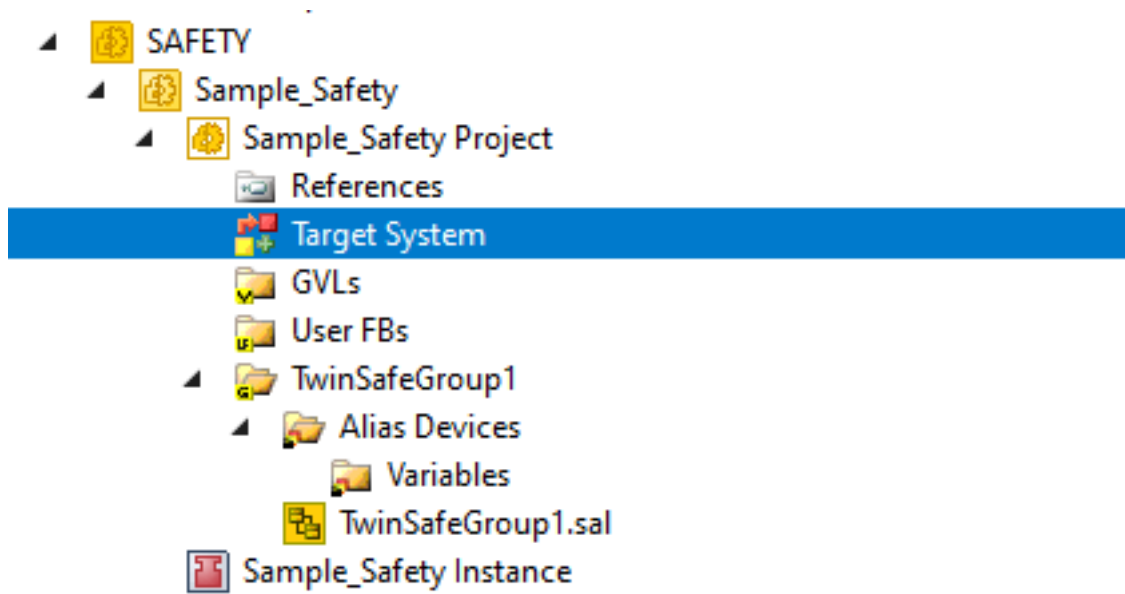


W projekcie Safety należy dodać zmienne odpowiadające tym zdefiniowanym wcześniej w projekcie PLC.

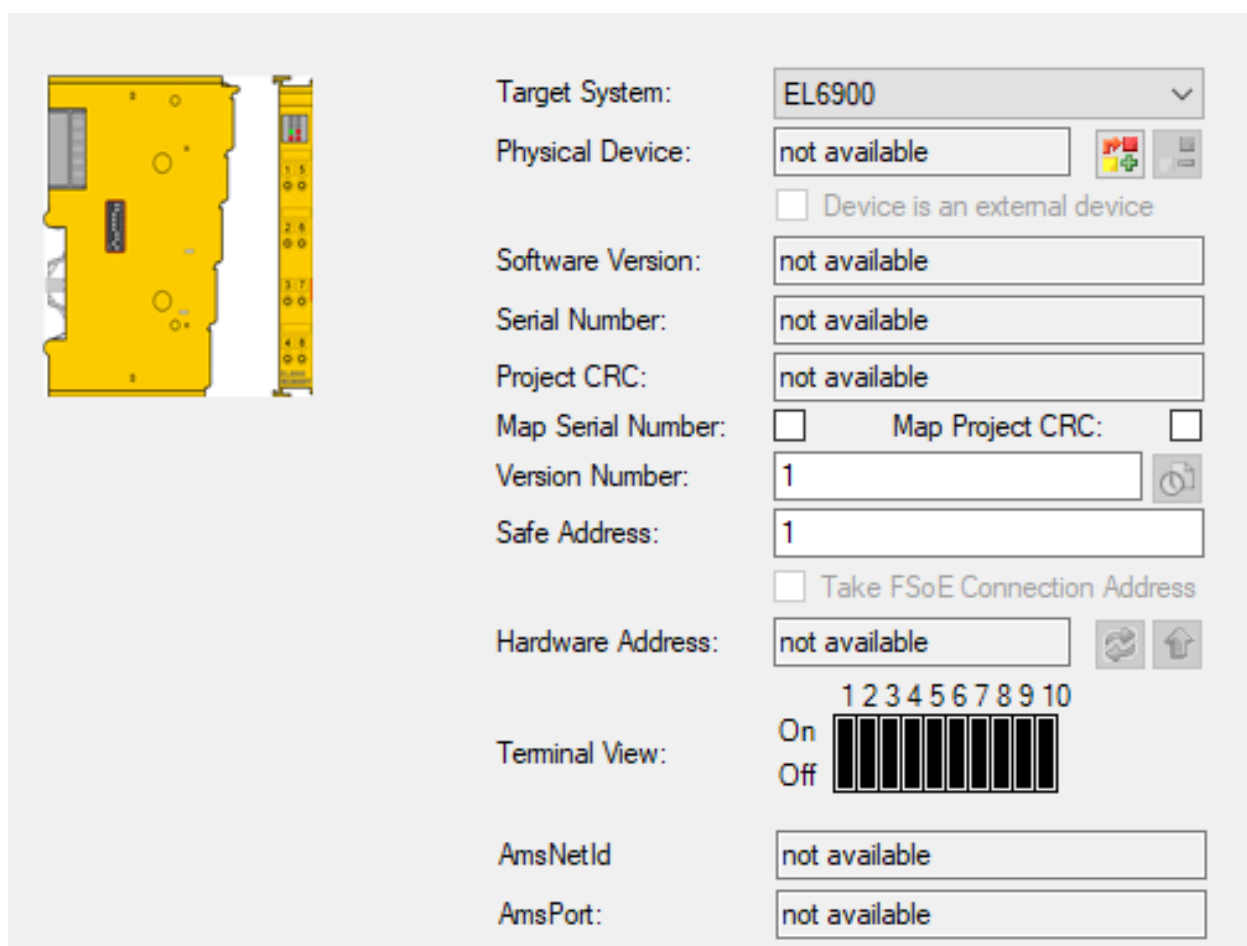
3. Etap 2 – konfiguracja hardware'u

3.1 Wybór odpowiedniego Target System

W projekcie Safety najważniejszym urządzeniem jest tzw. Target System, a więc urządzenie pełniące funkcję Safety Logic. W przypadku skonfigurowanej aplikacji urządzeniem tym jest moduł Beckhoff EL6910. Konfiguruje się je w zakładce Target System projektu Safety:



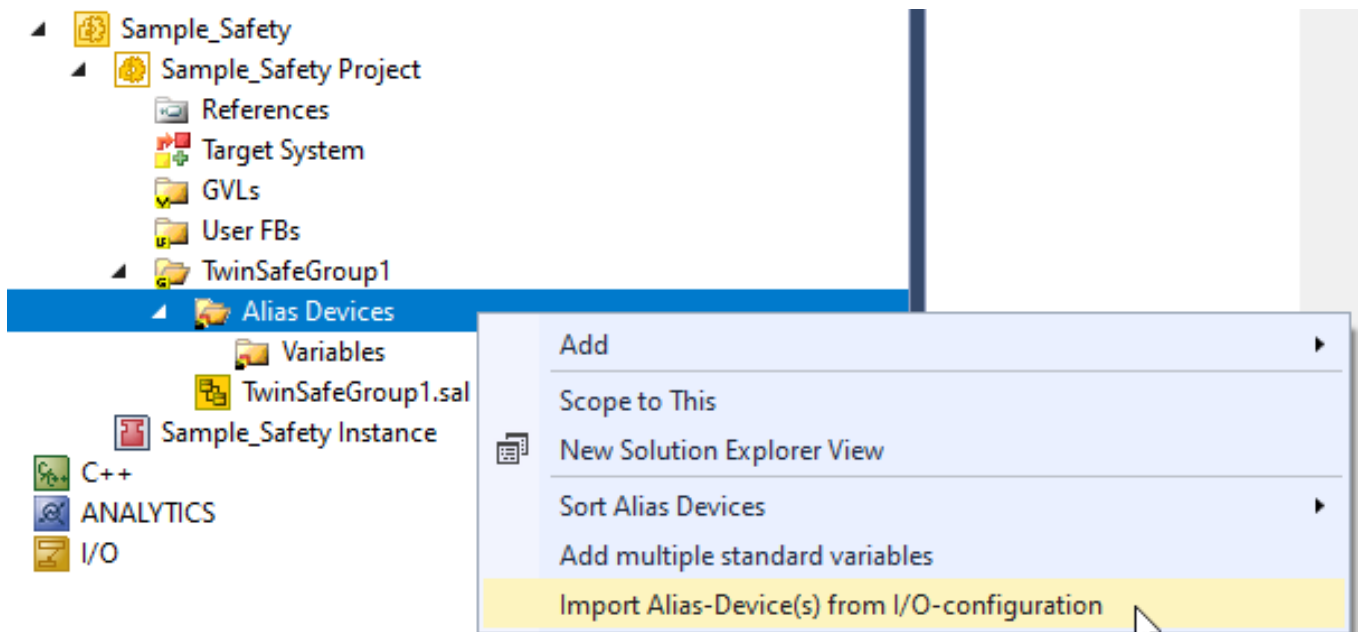
Po wejściu w zakładkę mamy możliwość konfiguracji urządzenia Master FSoE (Fail Safe over EtherCAT), wybór jego typu oraz wskazanie referencji do fizycznego urządzenia znajdującego się na magistrali EtherCAT w konfiguracji I/O Devices:



3.2 Import odpowiednich urządzeń z zakładki Devices

Urządzenia, które mają zaimplementowaną funkcjonalność FSoE można zaimportować bezpośrednio do projektu Safety, aby można było linkować zmienne z projektu Safety bezpośrednio do fizycznych wejść/wyjść lub też odpowiednich elementów Process Data tychże urządzeń.

Do urządzeń wyposażonych w FSoE należą również robot FANUC R-30iB Plus oraz Skaner bezpieczeństwa SICK MICS3-xBAZxxEN1. Te urządzenia należy zaimportować do projektu, aby następnie można było zlinkować do nich odpowiednie zmienne utworzone w poprzednim etapie. Importowanie urządzeń do projektu Safety:

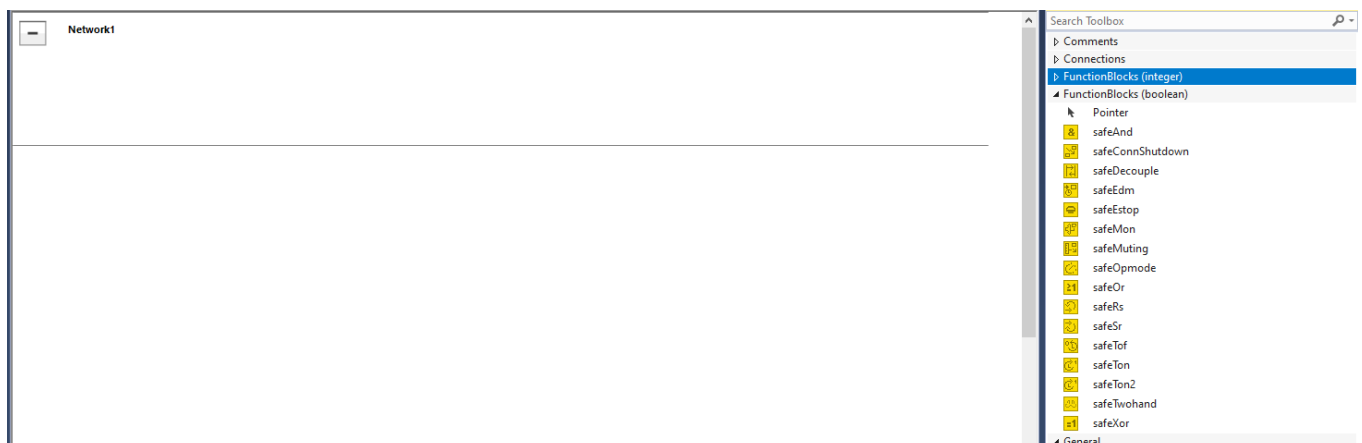


Po imporcie należy wykonać dodatkową konfigurację skanera bezpieczeństwa SICK. Informacji udzieli opiekun stanowiska po zakończeniu importu urządzeń.

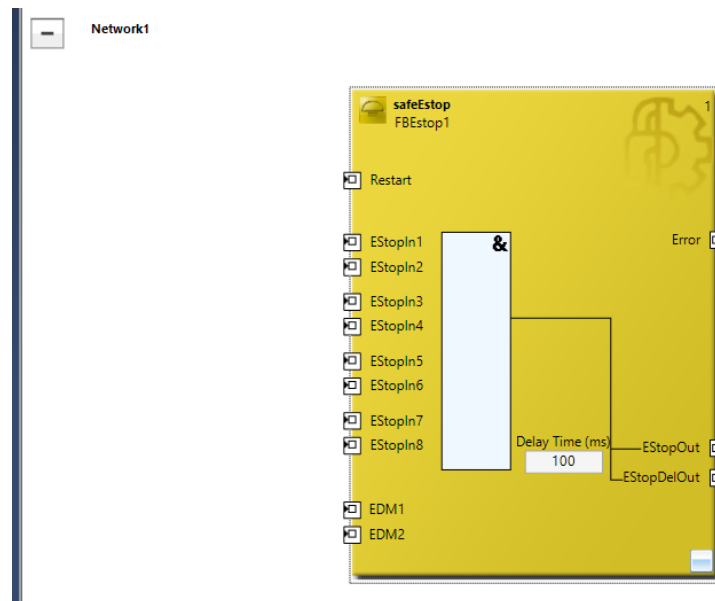
4. Etap 3 – konfiguracja logiki Safety

W aplikacji, którą edytować powinien uczestnik, znajduje się pusta grupa o nazwie TwinSafeGroup1.sal, do której należy dodać odpowiedni blok do obsługi sygnałów bezpiecznych.

Bloki znajdują się w zakładce Toolbox grupy:



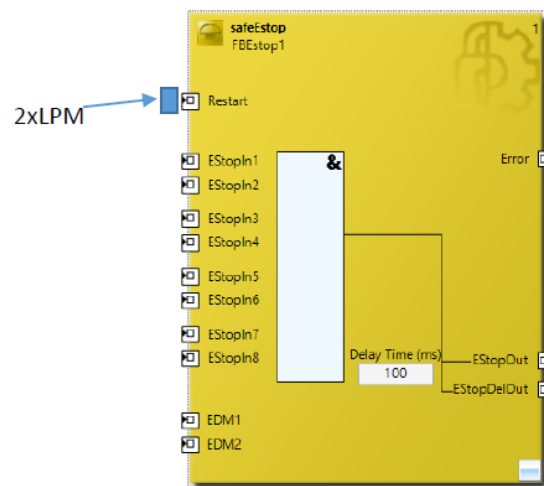
Z zakładki należy wybrać blok safeEstop, po czym przeciągnąć go na puste pole w Network 1:



Zmienne do bloku dodaje się poprzez dwukrotne kliknięcie przy danej nóżce (zrzut powyżej), a następnie wpisanie odpowiedniej nazwy zmiennej. Do bloku należy dodać następujące zmienne:

- Reset bloku funkcyjnego
- Dwa sygnały NC pochodzące ze skanera (informujące o tym, czy naruszona została strefa bezpieczna)
- Sygnał wyjściowy do robota

Blok powinien wyglądać jak na zrzucie poniżej (zmienne należy odpowiednio nazwać):

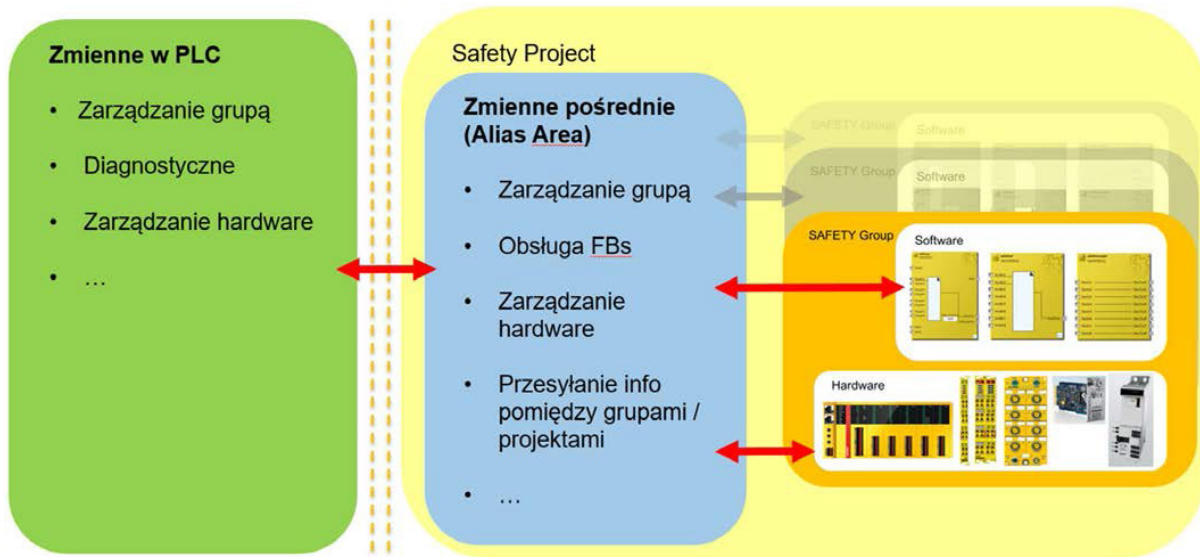


Wygenerowane zmienne można podejrzeć w zakładce Variable Mapping. W zakładce tej należy dodać również odpowiednią zmienną odpowiedzialną za uruchomienie całej grupy (a więc zmienną RunStop) oraz zmienną odpowiedzialną za potwierdzenie błędu (a więc zmienną ErrorAcknowledge). Zmienne dodajemy przy pomocy zielonego znaczka „+”.

Variable	Scope	Assignment	Usages
Local			
In1	Local	...	TwinSafeGroup1.Network1.FBEstop1.EStopIn1
In2	Local	...	TwinSafeGroup1.Network1.FBEstop1.EStopIn2
In3	Local	...	TwinSafeGroup1.Network1.FBEstop1.Restart
Out	Local	TwinSafeGroup1.Network1.FBEstop1.EStopOut	...
Variable1	Local

5. Etap 4 – linkowanie zmiennych i uruchomienie aplikacji

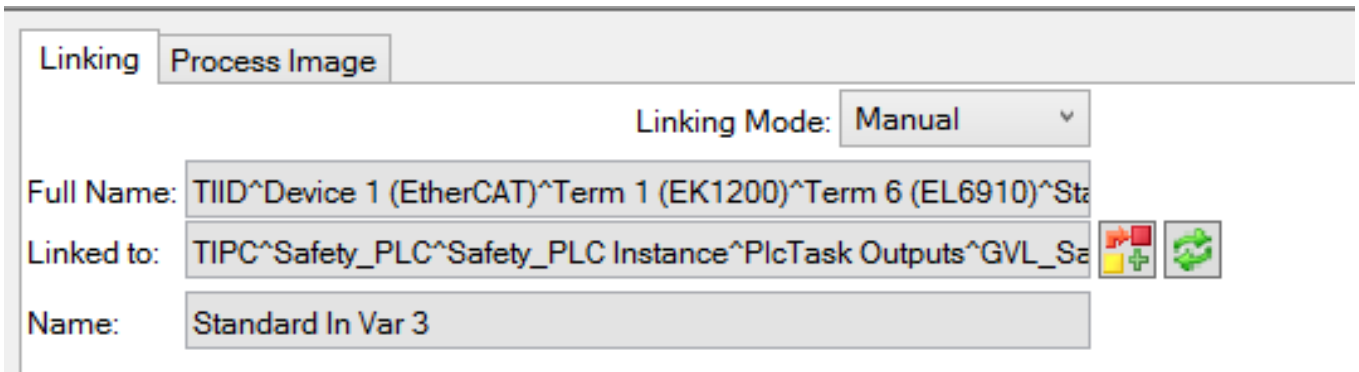
5.1 Schemat linkowań w projektach zawierających Safety



5.2 Linkowanie zmiennych pomiędzy projektem Safety a projektem PLC

Uwaga! Przed wykonaniem tego punktu należy wykonać komendę Project -> Build Solution (wybierając ją z górnego menu)!

W pierwszej kolejności należy zlinkować zmienne pomiędzy projektem Safety a listą zmiennych globalnych, które dodawane były w etapie 1 rozwiązywania zadania. Linkowanie odbywa się poprzez dwukrotne kliknięcie na zmiennej w projekcie Safety, a następnie wybranie odpowiedniej zmiennej z projektu PLC:



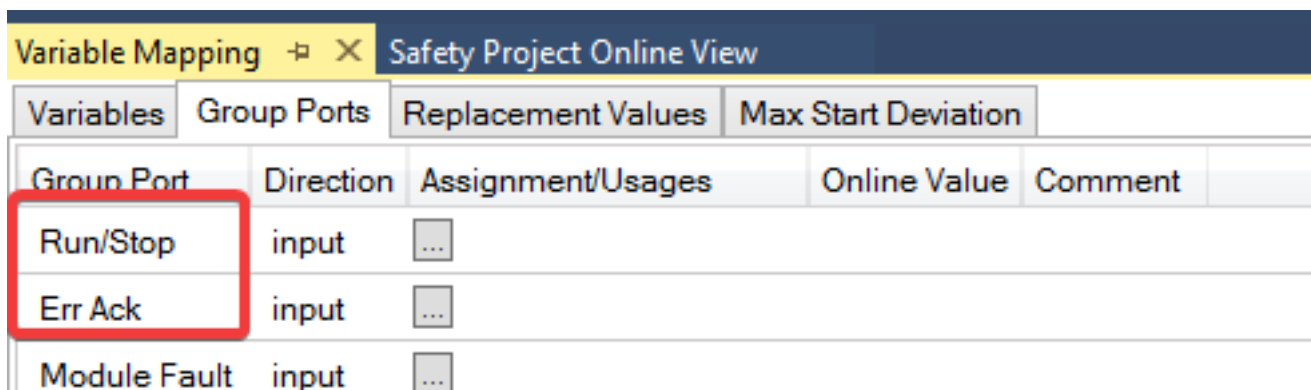
Należy pamiętać, że każdą zmienną w projekcie PLC należy oddzielnie kliknąć dwukrotnie, by następnie wykonać linkowanie.

5.3 Linkowanie Aliasów w grupie TwinSAFE

Następnie należy podlinkować wszystkie zmienne w zakładce Variable Mapping, zarówno w Variables, jak i w Group Ports. W zakładce Variables należy zlinkować:

- zmienne EstopIn do wejść SafeCutOffPath1 oraz SafeCutOffPath2 pochodzących ze skanera
- zmienną Restart do zmiennej RestartFB
- wyjście do pierwszego bitu ramki FSoE robota FANUC

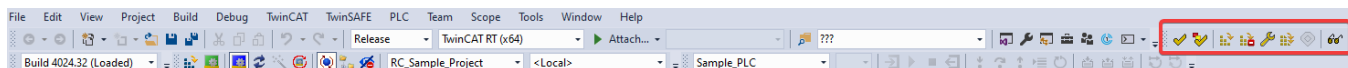
W zakładce Group Ports należy zlinkować zmienne Run/Stop i Err Ack:



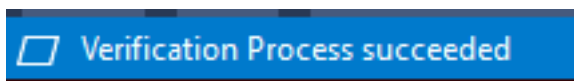
Group Port	Direction	Assignment/Usages	Online Value	Comment
Run/Stop	input	...		
Err Ack	input	...		
Module Fault	input	...		

5.4 Weryfikacja i aktywowanie konfiguracji Safety

Po poprawnym utworzeniu i zlinkowaniu aplikacji można przejść do ostatniego etapu – wgrania aplikacji na kontroler Safety EL6910. W tym celu należy włączyć dodatkowy Toolbar w TwinCAT, odpowiadający za zarządzanie projektem Safety. Jest to toolbar o nazwie TwinCAT Safety, który włączamy z poziomu górnego menu w TwinCAT wybierając kolejno **View -> Toolbars -> TwinCAT Safety**.



Następnie należy wykonać akcję weryfikacji projektu Safety w celu sprawdzenia poprawności. Można wykonać to z poziomu górnego menu, wybierając **TwinSAFE -> Verify Complete Safety Project**. Jeżeli weryfikacja przebiegła poprawnie, w dolnej części ekranu powinien pojawić się napis świadczący o poprawnym zakończeniu procesu weryfikacji projektu:

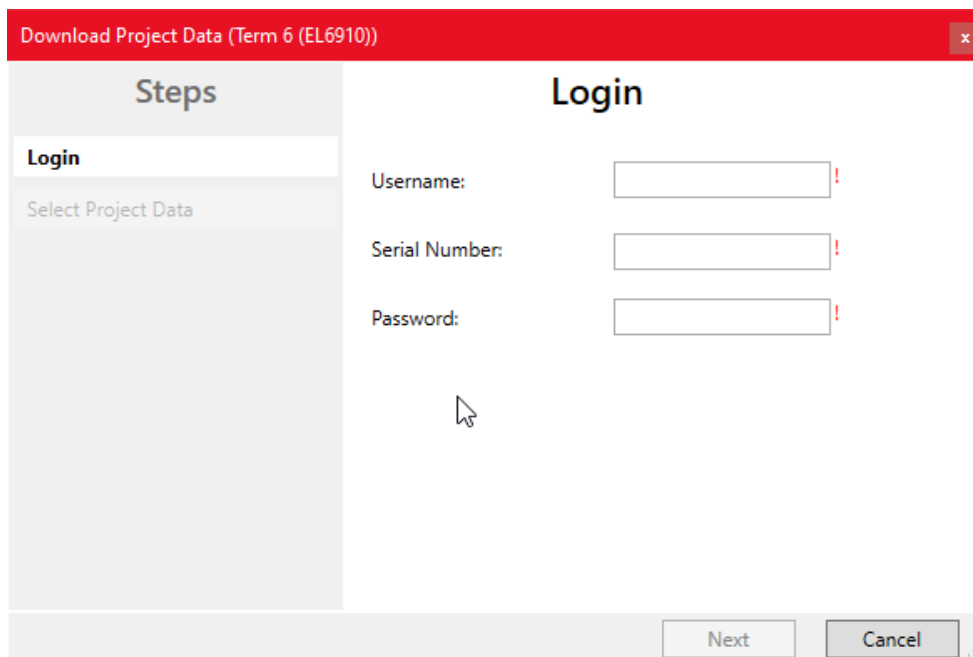


Następnie należy upewnić się, że wszystkie elementy projektu są wykonane poprawnie i zapisane, a następnie przejść do zakładki Target System i skopiować do schowka numer seryjny modułu logicznego Safety. Będzie on potrzebny w momencie aktywowania konfiguracji bezpiecznej. Następnie wykonujemy akcję Download Safety Project, wybierając z górnego menu **TwinSAFE -> Download Safety Project** lub korzystając z przycisku z Toolbara TwinCAT Safety:



Po wybraniu opcji pojawi się okno aktywacji projektu, składającej się z kilku etapów.

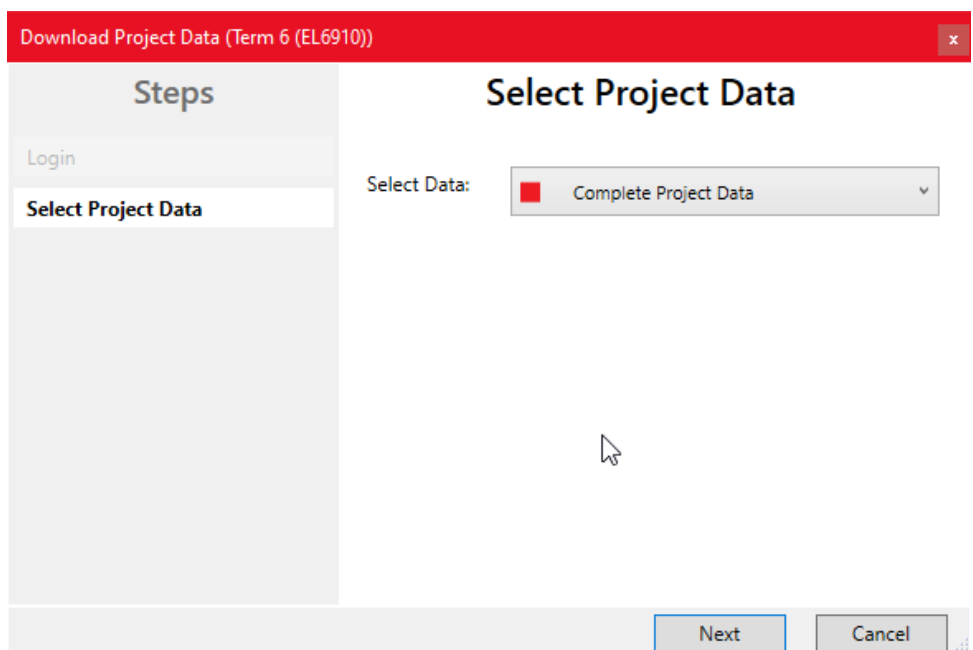
Etap 1:



The screenshot shows a wizard window titled "Download Project Data (Term 6 (EL6910))". On the left, a "Steps" sidebar lists "Login" as the current step and "Select Project Data" as the next. The main area is titled "Login" and contains three input fields: "Username:", "Serial Number:", and "Password:". Each field has a red exclamation mark to its right, indicating a validation error. At the bottom, there are "Next" and "Cancel" buttons.

Tutaj należy wpisać użytkownika (domyślnie **Administrator**), wkleić lub przepisać numer seryjny modułu, a także podać hasło (domyślnie **TwinSAFE**).

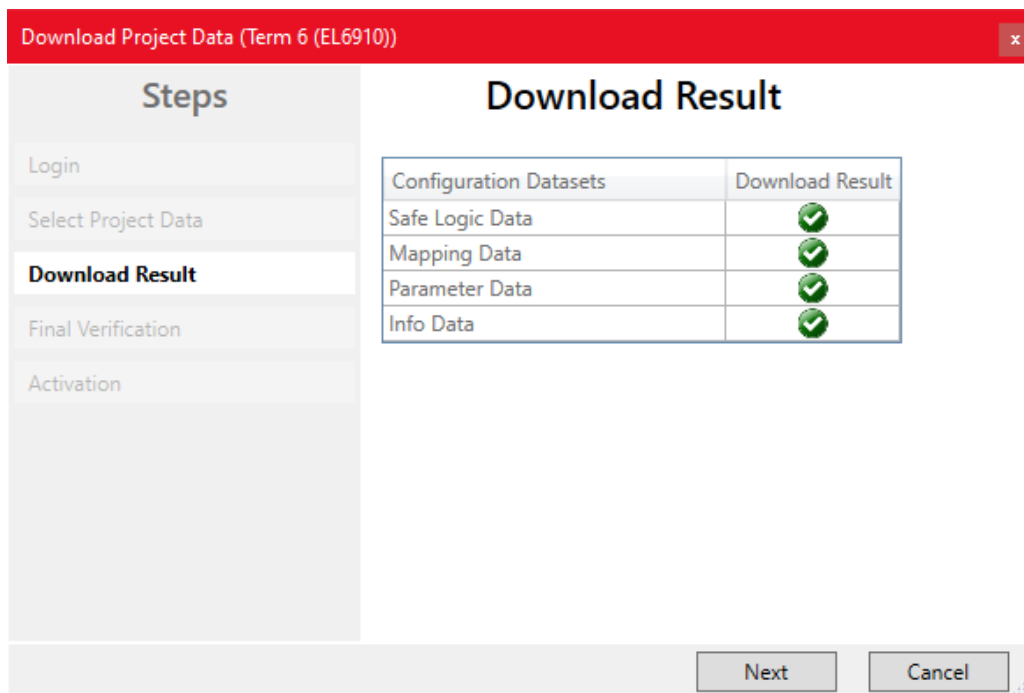
Etap 2:



The screenshot shows the same wizard window, now at the "Select Project Data" step. The "Steps" sidebar has updated to show "Login" as the previous step and "Select Project Data" as the current step. The main area is titled "Select Project Data" and features a "Select Data:" label followed by a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing a red square icon and the text "Complete Project Data". At the bottom, the "Next" button is highlighted with a blue border, and the "Cancel" button is also visible.

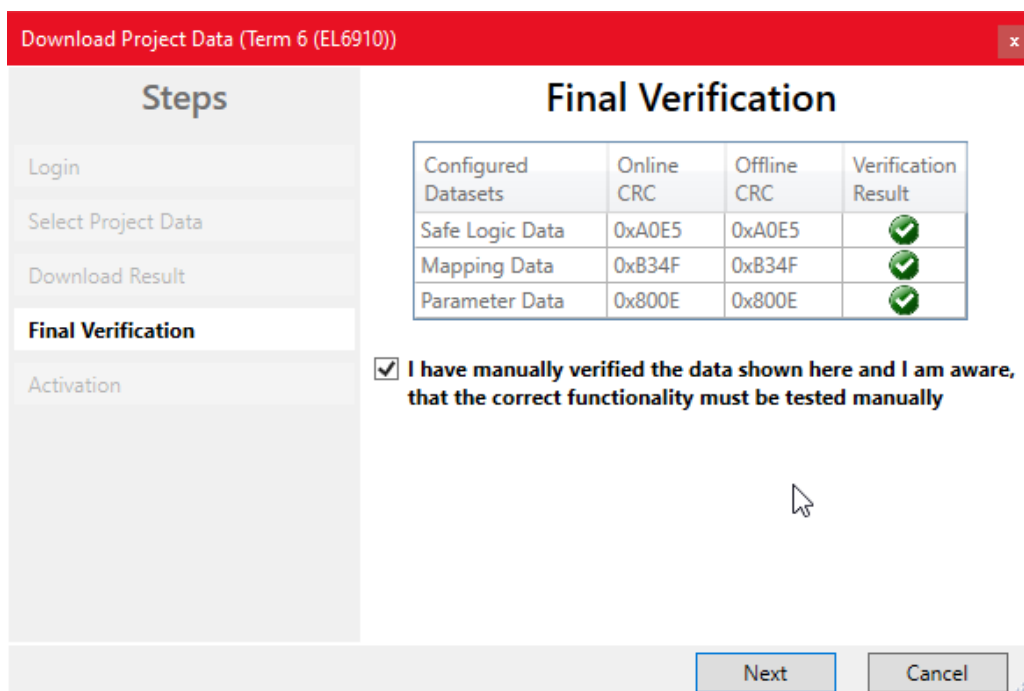
Tutaj należy wybrać, które elementy projektu będą wgrane na moduł. Wybieramy **Complete Project Data**.

Etap 3:



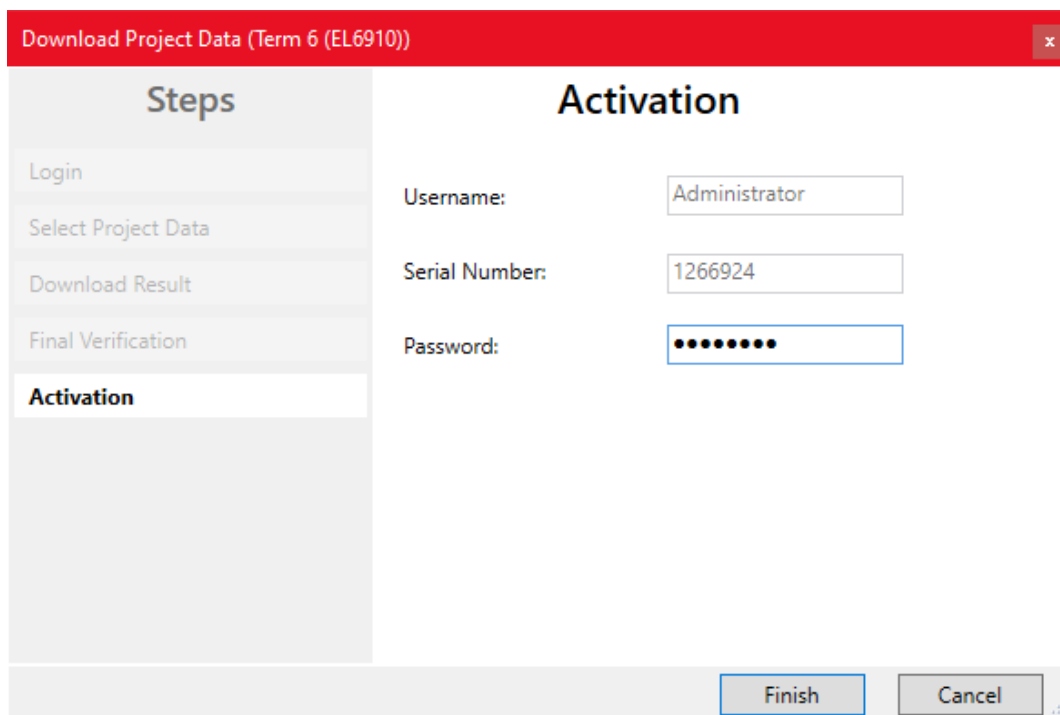
Podsumowanie, które elementy zostaną wgrane.

Etap 4:



Podsumowanie weryfikacji i potwierdzenie, że użytkownik jest świadomy tego, że Safety musi zostać przetestowane oraz że sprawdził dane przedstawione na wszystkich etapach wgrывania.

Etap 5:



Download Project Data (Term 6 (EL6910))

Steps	Activation
Login	Username: Administrator
Select Project Data	Serial Number: 1266924
Download Result	Password: ●●●●●●
Final Verification	
Activation	

Finish Cancel

Ostateczne potwierdzenie aktywacji oraz wgrania projektu na moduł poprzez ponowne podanie hasła (domyślnie **TwinSAFE**).

5.5 Sprawdzenie działania program

Po wgraniu można przystąpić do testowania działania programu.

W celu uruchomienia programu PLC do komunikacji z robotem należy stosować się do poleceń opiekuna stanowiska. Rzeczy, które należy wykonać:

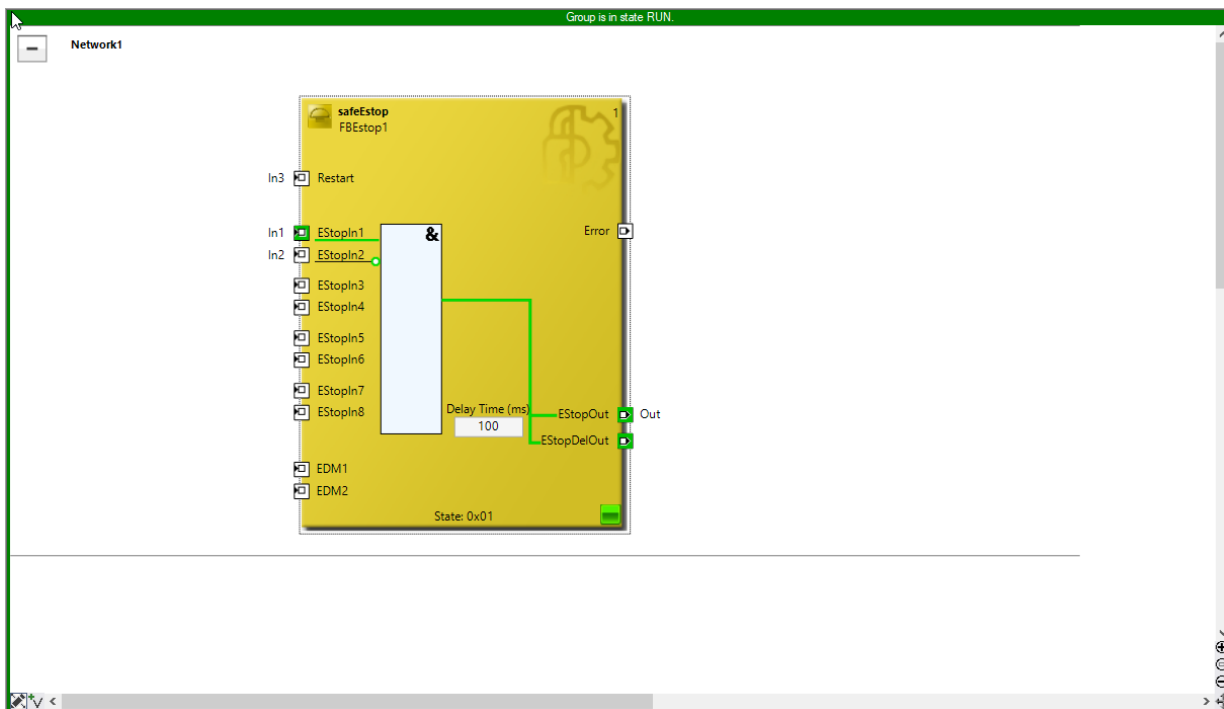
- Dostosowanie nazw zmiennych z listy GVL_Safety do aktualnie zaimplementowanych w projekcie (w programie MAIN)
- Odkomentowanie odpowiedniego fragmentu kodu odpowiadającego za automatyczny reset i uzbrojenie Safety po wciśnięciu przycisku na stanowisku szkoleniowym Beckhoff
- Aktywacja konfiguracji sprzętowej na sterowniku

Po uruchomieniu programu PLC, po wykonaniu sekwencji wciśnięcia najpierw Przycisku 3, a następnie Przycisku 4 na stanowisku szkoleniowym robot FANUC powinien rozpocząć wykonywanie sekwencji zaimplementowanego programu. Po naruszeniu strefy bezpieczeństwa skanera (np. poprzez zbliżenie ręki do skanera) robot powinien się zatrzymać, a zezwolenie na pracę z Safety powinno znaleźć się w stanie niskim (do sprawdzenia w podglądzie online projektu Safety, opis niżej). Po ponownym wciśnięciu najpierw Przycisku 3, a następnie Przycisku 4 robot powinien kontynuować przerwana wcześniej operację.

Do programu Safety można zalogować się poprzez wybranie z górnego menu **TwinSAFE -> Show Online Data** lub wybierając z Toolbara TwinCAT Safety tzw. „okularki”:



Widok projektu w trybie online powinien wyglądać jak na obrazku poniżej:



6. Punktacja zadania

1 Osiągnięcie celu zadania – 1 pkt

Celem zadania jest stworzenie aplikacji bezpiecznej składającej się ze sterownika PLC wraz z modułami I/O, w tym modułem logiki Safety, robota oraz skanera bezpieczeństwa. Gotowa aplikacja powinna po wciśnięciu przycisków odpowiedzialnych za uzbrojenie Safety oraz uruchomienie robota spowodować, że robot zacznie wykonywać wcześniej zaprogramowaną sekwencję ruchu.

2. Zaliczenia etapów – łącznie 4 pkt

Etap 1:

Samodzielne wykonanie etapu / wykonanie z niewielką pomocą opiekuna **1 pkt**

Brak wykonania / wykonanie ze znaczną pomocą opiekuna **0 pkt**

Etap 2:

Samodzielne wykonanie etapu / wykonanie z niewielką pomocą opiekuna **1 pkt**

Brak wykonania / wykonanie ze znaczną pomocą opiekuna **0 pkt**

Etap 3:

Samodzielne wykonanie etapu / wykonanie z niewielką pomocą opiekuna **1 pkt**

Brak wykonania / wykonanie ze znaczną pomocą opiekuna **0 pkt**

Etap 4:

Samodzielne wykonanie etapu / wykonanie z niewielką pomocą opiekuna **1 pkt**

Brak wykonania / wykonanie ze znaczną pomocą opiekuna **0 pkt**

3. Czas wykonania po zapoznaniu się z instrukcją – maksymalnie 3 pkt

a) Ukończenie zadania poniżej 30 min (**3 pkt**)

b) Ukończenie zadania poniżej 35 min (**2 pkt**)

c) Ukończenie zadania poniżej 40 min (**1 pkt**)