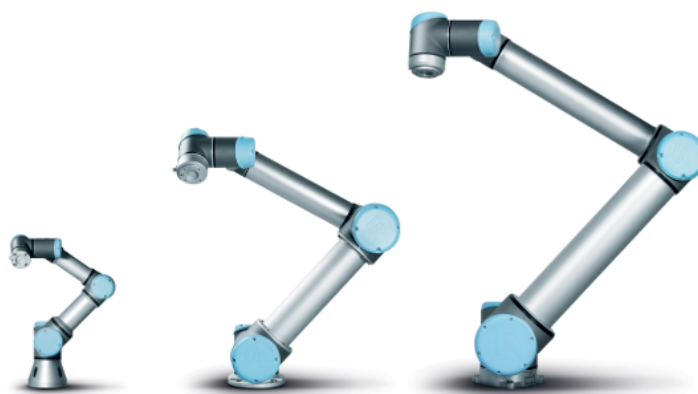




# UNIVERSAL ROBOTS

## Podręcznik PolyScope



**Wersja 3.3.0**

Tłumaczenie oryginalnych instrukcji (pl)

Informacje przedstawione w niniejszym dokumencie stanowią własność firmy Universal Robots A/S i nie mogą być powielane ani w całości, ani w części bez uprzedniej pisemnej zgody firmy Universal Robots A/S. Niniejsze informacje mogą ulec zmianie bez uprzedzenia i nie stanowią zobowiązania firmy Universal Robots A/S. Ten podręcznik jest okresowo weryfikowany i aktualizowany.

Firma Universal Robots A/S nie ponosi odpowiedzialności za błędy i braki w tym dokumencie.

Copyright © 2009–2016, Universal Robots A/S

Logo Universal Robots jest zastrzeżonym znakiem towarowym firmy Universal Robots A/S.

# Spis treści

<b>II Podręcznik PolyScope</b>	<b>II-1</b>
<b>10 Konfiguracja bezpieczeństwa</b>	<b>II-3</b>
10.1 Wprowadzenie . . . . .	II-3
10.2 Zmiana konfiguracji bezpieczeństwa . . . . .	II-5
10.3 Błędy i synchronizacja bezpieczeństwa . . . . .	II-5
10.4 Tolerancje . . . . .	II-6
10.5 Suma kontrolna bezpieczeństwa . . . . .	II-6
10.6 Tryby bezpieczeństwa. . . . .	II-7
10.7 Tryb ruchu swobodnego. . . . .	II-7
10.8 Blokada hasłem . . . . .	II-8
10.9 Zastosowanie. . . . .	II-8
10.10 Limity ogólne. . . . .	II-9
10.11 Limity przegubów . . . . .	II-12
10.12 Granice . . . . .	II-13
10.12.1 Wybór granicy do skonfigurowania . . . . .	II-14
10.12.2 Wizualizacja 3D . . . . .	II-14
10.12.3 Konfiguracja płaszczyzny bezpieczeństwa . . . . .	II-15
10.12.4 Konfiguracja granicy narzędzia . . . . .	II-19
10.13 We/wy bezpieczeństwa . . . . .	II-21
10.13.1 Sygnały wejściowe . . . . .	II-21
10.13.2 Sygnały wyjściowe . . . . .	II-23
<b>11 Rozpoczęcie programowania</b>	<b>II-25</b>
11.1 Wprowadzenie . . . . .	II-25
11.2 Pierwsze kroki . . . . .	II-26
11.2.1 Instalacja ramienia robota i skrzynki sterowniczej . . . . .	II-26
11.2.2 Włączanie i wyłączanie skrzynki sterowniczej . . . . .	II-26
11.2.3 Włączanie i wyłączanie ramienia robota . . . . .	II-26
11.2.4 Szybki start. . . . .	II-27
11.2.5 Pierwszy program . . . . .	II-27
11.3 Interfejs programistyczny PolyScope . . . . .	II-29
11.4 Ekran powitalny. . . . .	II-30
11.5 Ekran inicjowania . . . . .	II-31
<b>12 Edytory ekranowe</b>	<b>II-35</b>
12.1 Ekranowy edytor wyrażeń . . . . .	II-35
12.2 Ekran edytora postawy . . . . .	II-35

<b>13 Sterowanie robotem</b>	<b>II-39</b>
13.1 Karta Ruch. . . . .	II-39
13.1.1 Robot . . . . .	II-39
13.1.2 Pozycja narzędzia i funkcji . . . . .	II-40
13.1.3 Porusz narzędzie. . . . .	II-40
13.1.4 Porusz przeguby . . . . .	II-40
13.1.5 Ruch swobodny . . . . .	II-40
13.2 Karta we/wy . . . . .	II-41
13.3 We/wy klienta MODBUS . . . . .	II-42
13.4 Karta Ruch automatyczny . . . . .	II-43
13.5 Instalacja → Załaduj/zapisz . . . . .	II-44
13.6 Instalacja → Konfiguracja punktu centralnego narzędzia (TCP). . . . .	II-45
13.6.1 Dodawanie, modyfikowanie i usuwanie punktów TCP . . . . .	II-45
13.6.2 Domyślny i aktywny punkt TCP . . . . .	II-46
13.6.3 Uczenie pozycji punktu TCP . . . . .	II-46
13.6.4 Uczenie orientacji TCP. . . . .	II-47
13.6.5 Obciążenie . . . . .	II-47
13.6.6 Środek ciężkości . . . . .	II-48
13.7 Instalacja → Mocowanie. . . . .	II-48
13.8 Instalacja → Konfiguracja we/wy . . . . .	II-49
13.9 Instalacja → Bezpieczeństwo . . . . .	II-50
13.10 Instalacja → Zmienne. . . . .	II-50
13.11 Instalacja → Konfiguracja we/wy klienta MODBUS. . . . .	II-52
13.12 Instalacja → Funkcje . . . . .	II-55
13.13 Ustawienia śledzenia przenośnika . . . . .	II-58
13.14 Instalacja → Program domyślny . . . . .	II-59
13.14.1 Ładowanie programu domyślnego . . . . .	II-60
13.14.2 Uruchamianie programu domyślnego . . . . .	II-60
13.14.3 Automatyczne inicjowanie . . . . .	II-60
13.15 Karta rejestru . . . . .	II-61
13.16 Ekran ładowania . . . . .	II-61
13.17 Karta uruchomienia . . . . .	II-64
<b>14 Programowanie</b>	<b>II-65</b>
14.1 Nowy program . . . . .	II-65
14.2 Karta Program . . . . .	II-66
14.2.1 Drzewo programu . . . . .	II-66
14.2.2 Wskazanie wykonywania programu. . . . .	II-67
14.2.3 Przycisk wyszukiwania . . . . .	II-67
14.2.4 Przyciski cofnij/ponów . . . . .	II-68
14.2.5 Tablica przyrządów programu . . . . .	II-68
14.3 Zmienne . . . . .	II-69
14.4 Polecenie: Puste . . . . .	II-70
14.5 Polecenie: Ruch . . . . .	II-71
14.6 Polecenie: Ustalony punkt orientacyjny . . . . .	II-74
14.7 Polecenie: Względny punkt orientacyjny . . . . .	II-80
14.8 Polecenie: Zmienny punkt orientacyjny . . . . .	II-81

14.9	Polecenie: Czekaj . . . . .	II-82
14.10	Polecenie: Ustaw . . . . .	II-82
14.11	Polecenie: Wyskakujące okno . . . . .	II-83
14.12	Polecenie: Zatrzymaj . . . . .	II-84
14.13	Polecenie: Komentarz . . . . .	II-84
14.14	Polecenie: Folder . . . . .	II-85
14.15	Polecenie: Pętla . . . . .	II-86
14.16	Polecenie: PodProgram . . . . .	II-87
14.17	Polecenie: Przypisanie . . . . .	II-88
14.18	Polecenie: Instrukcja warunkowa if . . . . .	II-89
14.19	Polecenie: Skrypt . . . . .	II-90
14.20	Polecenie: Zdarzenie . . . . .	II-91
14.21	Polecenie: Wątek . . . . .	II-92
14.22	Polecenie: Przełącznik. . . . .	II-93
14.23	Polecenie: Wzór . . . . .	II-94
14.24	Polecenie: Siła . . . . .	II-95
14.25	Polecenie: Paleta. . . . .	II-98
14.26	Polecenie: Wyszukaj . . . . .	II-99
14.27	Polecenie: Śledzenie przenośnika. . . . .	II-103
14.28	Polecenie: Zablokuj. . . . .	II-103
14.29	Karta Urządzenie graficzne. . . . .	II-103
14.30	Karta struktury . . . . .	II-104
14.31	Karta zmiennych . . . . .	II-105
14.32	Polecenie: Inicjalizacja zmiennych . . . . .	II-106
<b>15</b>	<b>Ekran konfiguracji</b>	<b>II-107</b>
15.1	Język i jednostki. . . . .	II-108
15.2	Aktualizacja robota. . . . .	II-109
15.3	Ustawienie hasła . . . . .	II-110
15.4	Kalibracja ekranu . . . . .	II-111
15.5	Skonfiguruj sieć . . . . .	II-112
15.6	Ustaw godzinę . . . . .	II-112
15.7	Konfiguracja URCap . . . . .	II-113



**Część II**

**Podręcznik PolyScope**



# 10 Konfiguracja bezpieczeństwa

## 10.1 Wprowadzenie

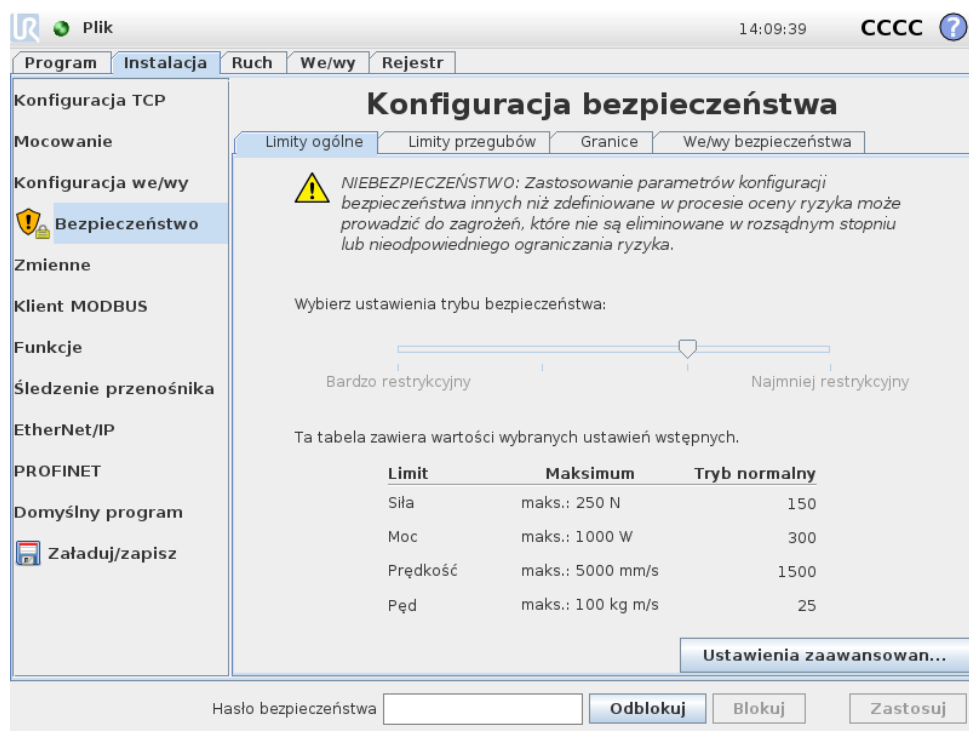
Robot jest wyposażony w zaawansowany system bezpieczeństwa. Aby zagwarantować bezpieczeństwo całego personelu i wyposażenia w pobliżu robota, konieczne jest skonfigurowanie ustawień systemu bezpieczeństwa zależnie od szczególnych parametrów jego przestrzeni roboczej. Pierwszą rzeczą, o jaką musi zadbać integrator, to zastosowanie ustawień wyznaczonych w procesie oceny ryzyka. Szczegółowe informacje o systemie bezpieczeństwa przedstawia Podręcznik instalacji sprzętu.



### NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Używanie i konfiguracja interfejsów i funkcji dotyczących bezpieczeństwa muszą być zgodne z oceną ryzyka, jaką przeprowadza integrator dla szczególnego zastosowania robota, zob. Podręcznik instalacji sprzętu.
2. Konfiguracji bezpieczeństwa w ustawieniach i uczeniu uczenia musi być zastosowana zgodnie z oceną ryzyka przeprowadzoną przez integratora i zanim ramię robota zostanie włączone po raz pierwszy.
3. Wszystkie ustawienia w konfiguracji bezpieczeństwa dostępne na tym ekranie i podrzędnych kartach muszą być ustawione zgodnie z oceną ryzyka przeprowadzoną przez integratora.
4. Integrator musi zapewnić, że wszystkie zmiany wprowadzane w ustawieniach konfiguracji bezpieczeństwa są zgodne z oceną ryzyka wykonaną przez integratora.
5. Integrator ma obowiązek zapobiegania wprowadzaniu zmian w konfiguracji bezpieczeństwa przez nieupoważnione osoby, na przykład przez ochronę hasłem.

Ekran Konfiguracja bezpieczeństwa jest dostępny przez ekran powitalny (zob. 11.4) po naciśnięciu przycisku Programuj robota, wybraniu karty Instalacja i opcji Bezpieczeństwo. Konfiguracja bezpieczeństwa jest chroniona hasłem, zob. 10.8.



Ustawienia bezpieczeństwa obejmują wiele wartości granicznych, które służą do ograniczania ruchów ramienia robota, a także ustawień funkcji bezpieczeństwa do konfigurowalnych wejść i wyjść. Są one zdefiniowane w poniższych kartach podrzędnych ekranu bezpieczeństwa:

- Karta podrzędna *Limity ogólne* pozwala na zdefiniowanie maksymalnych wartości *siły, mocy, prędkości i pędu* ramienia robota. Kiedy istnieje szczególnie wysokie ryzyko uderzenia osoby lub elementu środowiska, w tych ustawieniach należy wprowadzić niskie wartości. Jeśli ryzyko jest niskie, to ustawienie wyższych limitów ogólnych pozwala na szybszy ruch robota i wywieranie większej siły w jego środowisku. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 10.10.
- Karta podrzędna *Limity przegubów* zawiera limity *prędkości przegubów i pozycji przegubów*. Limity *prędkości przegubów* ograniczają maksymalną prędkość kątową poszczególnych przegubów i służą do dalszego ograniczenia prędkości ramienia robota. Limity *pozycji przegubów* określają dopuszczalny zakres pozycji dla poszczególnych przegubów (w ich przestrzeni). Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 10.11.
- Karta podrzędna *Granice* określa płaszczyzny bezpieczeństwa (w przestrzeni kartezyjskiej) i granice orientacji narzędzia dla punktu TCP robota. Płaszczyzny bezpieczeństwa można skonfigurować jako nieprzekraczalne limity pozycji dla punktu centralnego narzędzia robota (TCP) lub jako miejsce wyzwolenia limitów bezpieczeństwa trybu *ograniczonego* (zob. 10.6). Granica orientacji narzędzia nakłada nieprzekraczalny limit na orientację punktu TCP. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 10.12.
- Karta podrzędna *We/wy bezpieczeństwa* określa funkcje bezpieczeństwa dla wszystkich konfigurowalnych wejść i wyjść (zob. 13.2). Możliwe jest na

przykład skonfigurowanie *zatrzymania awaryjnego* jako wejście. Więcej szczegółowych informacji jest dostępnych w p. 10.13.

---

## 10.2 Zmiana konfiguracji bezpieczeństwa

Ustawienia konfiguracji bezpieczeństwa wolno zmieniać wyłącznie zgodnie z oceną ryzyka, przeprowadzoną przez integratora.



Zalecana procedura zmiany konfiguracji bezpieczeństwa jest następująca:

1. Należy się upewnić, że wszystkie zmiany są zgodne z oceną ryzyka przeprowadzoną przez integratora.
2. Dostosuj ustawienia bezpieczeństwa do właściwego poziomu, określonego w ocenie ryzyka przeprowadzonej przez integratora.
3. Zweryfikuj zastosowanie ustawień bezpieczeństwa.
4. Umieść poniższy napis w instrukcjach dla operatorów: „Przed pracą w pobliżu robota upewnij się, że konfiguracja bezpieczeństwa odpowiada oczekiwanej. Można to sprawdzić np. przez porównanie sumy kontrolnej w prawym górnym rogu PolyScope (zob. 10.5 w Podręcznik PolyScope).”

---

## 10.3 Błędy i synchronizacja bezpieczeństwa

Stan zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa w porównaniu z załadowaną w interfejsie GUI instalacji robota jest zobrazowany przez ikonę tarczy przy napisie *Bezpieczeństwo* z lewej strony ekranu. Te ikony pozwalają szybko poznać bieżący stan. Zdefiniowane są następująco:

-  *Konfiguracja zsynchronizowana*: Pokazuje, że instalacja GUI jest identyczna z aktualnie zastosowaną konfiguracją bezpieczeństwa. Nie wprowadzono żadnych zmian.
-  *Konfiguracja zmieniona*: Pokazuje, że instalacja GUI jest inna niż aktualnie zastosowana konfiguracja bezpieczeństwa.

Podczas edytowania konfiguracji bezpieczeństwa ikona tarczy będzie informować, czy bieżące ustawienia są zastosowane.

Jeśli dowolne z pól tekstowych na karcie *Bezpieczeństwo* będzie zawierać nieprawidłowe dane, konfiguracja bezpieczeństwa będzie w stanie błędu. Jest to wskazywane na kilka sposobów:

1. Obok napisu *Bezpieczeństwo* z lewej strony ekranu wyświetlana jest czerwona ikona błędu.
2. Karty podrzędne zawierające błędy są oznaczone u góry czerwoną ikoną.
3. Pola tekstowe zawierające błędy są oznaczone czerwonym tłem.

W przypadku próby odejścia od karty *Instalacja* przy istniejących błędach, pojawia się okno dialogowe z poniższymi opcjami:

1. Rozwiązanie problemów w celu usunięcia wszystkich błędów. Będzie to widoczne, kiedy czerwona ikona błędu zniknie przy napisie *Bezpieczeństwo* z lewej strony ekranu.
2. Przywrócenie wcześniej zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa. Spowoduje to odrzucenie wszystkich zmian i pozwoli na kontynuowanie nawigacji.

W przypadku próby odejścia od karty Instalacja bez występujących błędów, pojawia się inne okno dialogowe z poniższymi opcjami:

1. Zastosowanie zmian i ponownie uruchomienie systemu. Spowoduje to zastosowanie zmian konfiguracji bezpieczeństwa w systemie i ponowne uruchomienie. Uwaga: To nie oznacza, że zmiany zostały zapisane. Zamknięcie robota na tym etapie spowoduje utratę wszystkich zmian w instalacji robota, włącznie z konfiguracją bezpieczeństwa.
2. Przywrócenie wcześniej zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa. Spowoduje to odrzucenie wszystkich zmian i pozwoli na kontynuowanie nawigacji.

## 10.4 Tolerancje

W konfiguracji bezpieczeństwa zdefiniowane są fizyczne limity. Pola wejściowe tych limitów nie zawierają tolerancji i tam, gdzie jest to stosowne, tolerancje są wyświetlane obok pola. System bezpieczeństwa uzyskuje wartości z pól wejściowych i wykrywa wszelkie przypadki ich naruszenia. Ramię robota próbuje zapobiegać wszelkim naruszeniom systemu bezpieczeństwa i wywołuje zatrzymanie ochronne przez zatrzymanie wykonywania programu w przypadku osiągnięcia limitu z uwzględnieniem tolerancji. To oznacza, że program może nie być w stanie wykonywać ruchów bardzo blisko limitu, np. robot może mieć problemy z uzyskaniem maksymalnej prędkości określonej dla limitu prędkości przegubu lub limitu prędkości TCP.

**OSTRZEŻENIE:**

Zawsze wymagana jest ocena ryzyka z zastosowaniem wartości limitów bez tolerancji.

**OSTRZEŻENIE:**

Tolerancje są zależne od wersji oprogramowania. Zaktualizowanie oprogramowania może zmienić tolerancje. Różnice między wersjami można znaleźć w informacjach o aktualizacji.

## 10.5 Suma kontrolna bezpieczeństwa

Tekst w prawym górnym rogu ekranu zawiera skrócone przedstawienie konfiguracji bezpieczeństwa aktualnie używanej przez robota. Zmiana tekstu oznacza, że zmieniła się także bieżąca konfiguracja bezpieczeństwa. Kliknięcie sumy kontrolnej pozwala na wyświetlenie szczegółowych informacji o aktualnie obowiązującej konfiguracji bezpieczeństwa.

## 10.6 Tryby bezpieczeństwa

W normalnych warunkach (tzn. poza zatrzymaniem ochronnym) system bezpieczeństwa działa w jednym z poniższych trybów bezpieczeństwa, każdy z przypisanym zestawem limitów bezpieczeństwa:

*Tryb normalny:* Tryb bezpieczeństwa aktywny domyślnie.

*Tryb ograniczony:* Aktywny, kiedy punkt TCP robota znajduje się za płaszczyzną wyzwalania trybu ograniczonego (zob. 10.12) lub po wyzwoleniu przez konfigurowalny sygnał wejściowy (zob. 10.13).

*Tryb przywracania:* Kiedy ramię robota narusza jeden z pozostałych trybów (czyli *Normalny* lub *Ograniczony*) i nastąpiło zatrzymanie kategorii 0,<sup>1</sup> ramię robota wznowi działanie w trybie *Przywracanie*. Ten tryb pozwala na ręczne dostosowanie ramienia robota tak, aby usunąć wszystkie naruszenia. Uruchomienie programów robota w tym trybie jest niemożliwe.



### OSTRZEŻENIE:

Limity *pozycji przegubu, pozycji TCP oraz orientacji TCP* są wyłączone w trybie *przywracania*, należy więc zachować ostrożność przy przesuwaniu ramienia robota z powrotem do limitów.

Karty podrzędne ekranu konfiguracji bezpieczeństwa pozwalają użytkownikowi na zdefiniowanie odrębnych zestawów limitów bezpieczeństwa dla trybu *normalnego* i *ograniczonego*. Limity prędkości i pędu dla narzędzia i przegubów powinny być bardziej restrykcyjne w trybie *ograniczonym*, niż ich odpowiedniki z trybu *normalnego*.

W przypadku naruszenia limitu bezpieczeństwa z aktywnego zestawu limitów, ramię robota wykonuje zatrzymanie kategorii 0. Jeśli aktywny limit bezpieczeństwa, np. limit pozycji przegubu lub granica bezpieczeństwa, będzie naruszony w chwili włączenia zasilania ramienia robota, robot uruchomi się w trybie *przywracania*. Umożliwi to przesunięcie ramienia robota z powrotem do limitów bezpieczeństwa. W trybie *przywracania* ruch ramienia robota jest ograniczony ustalonym zestawem limitów, którego użytkownik nie może dostosowywać. Szczegółowe informacje o limitach w trybie *przywracania* zawiera Podręcznik instalacji sprzętu.

## 10.7 Tryb ruchu swobodnego

Jeśli w trybie *Ruch swobodny* (zob. 13.1.5) ramię robota zbliży się do pewnych limitów, użytkownik odczuje w ruchu przeciwdziałającą siłę. Ta siła jest generowana dla limitów pozycji, orientacji i prędkości punktu TCP robota oraz pozycji i prędkości przegubów.

Zastosowanie tej przeciwdziałającej siły ma na celu poinformowanie użytkownika, że bieżąca pozycja lub prędkość są zbliżone do limitu i zapobieganie naruszeniu tego limitu przez robota. Jeśli jednak użytkownik przyłoży wystarczającą siłę do

<sup>1</sup>Wg ISO 60204-1, więcej informacji zawiera słowniczek.

ramienia robota, taki limit może zostać przekroczony. Wielkość siły zwiększa się w miarę zbliżania się ramienia robota do limitu.

## 10.8 Blokada hasłem

Wszystkie ustawienia na tym ekranie są zablokowane aż do wprowadzenia prawidłowego hasła bezpieczeństwa (zob. 15.3) w białym polu tekstowym na dole ekranu i naciśnięcia przycisku **Odblokuj**. Ekran można ponownie zablokować, naciskając przycisk **Blokuj**. Karta **Bezpieczeństwo** jest blokowana automatycznie po opuszczeniu ekranu konfiguracji bezpieczeństwa. Kiedy ustawienia są zablokowane, widoczna jest ikona kłódki obok napisu **Bezpieczeństwo** z lewej strony ekranu. Kiedy ustawienia są odblokowane, widoczna jest ikona otwartej kłódki.



### UWAGA:

Kiedy ekran konfiguracji bezpieczeństwa jest odblokowany, zasilanie ramienia robota jest odcięte.

## 10.9 Zastosowanie

Po odblokowaniu konfiguracji bezpieczeństwa ramię robota pozostaje niezasilane przez cały czas wprowadzania zmian. Zasilania ramienia robota nie można włączyć do chwili zastosowania zmian lub przywrócenia ustawień, a ręczne włączenie zasilania wykonuje się z poziomu ekranu inicjalizacji.

Przed wyjściem z karty instalacji wszelkie zmiany w konfiguracji bezpieczeństwa muszą zostać zastosowane lub przywrócone. Te zmiany *nie obowiązują* do chwili naciśnięcia przycisku **Zastosuj** i potwierdzenia. Potwierdzenie wymaga wzrokowej kontroli zmian wprowadzonych do ramienia robota. Ze względów bezpieczeństwa przedstawiane informacje są podawane w jednostkach układu SI. Poniżej przedstawiono przykładowe okno dialogowe z potwierdzeniem.

Potwierdzenie zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa

We/wy bezpieczeństwa
Różne

Limity ogólne
Limity przegubów
Granice

Limit	Tryb normalny	Tryb ograniczony
Siła	150,00	120,00 N
Moc	300,00	200,00 W
Prędkość	1,50	0,75 m/s
Pęd	25,00	10,00 kg m/s

Potwierdź konfigurację bezpieczeństwa

Odrzuć

Ponadto po potwierdzeniu zmiany są zapisywane automatycznie jako część bieżącej instalacji robota. Więcej informacji o zapisywaniu instalacji robota zawiera 13.5.

## 10.10 Limity ogólne

Ogólne limity bezpieczeństwa służą do ograniczania liniowej prędkości punktu TCP robota, a także siły jaką może wywierać na środowisko. Składają się z poniższych wartości:

*Siła*: Limit maksymalnej siły, jaką punkt TCP robota może wywierać na środowisko.

*Moc*: Limit maksymalnej pracy mechanicznej wykonywanej przez robota w środowisku z uwzględnieniem faktu, że obciążenie jest częścią robota, a nie środowiska.

*Prędkość*: Limit maksymalnej liniowej prędkości punktu TCP robota.

*Pęd*: Limit maksymalnego pędu ramienia robota.

Istnieją dwa sposoby konfiguracji ogólnych limitów bezpieczeństwa w instalacji: *Ustawienia podstawowe* oraz *Ustawienia zaawansowane*, które są dalej opisane z większą dokładnością.

Zdefiniowanie ogólnych limitów bezpieczeństwa nakłada ograniczenie wyłącznie na narzędzie, a nie limity dla całego ramienia robota. To oznacza, że określenie limitu prędkości *nie gwarantuje*, że inne części ramienia robota będą podlegać takim samym ograniczeniom.

Jeśli w trybie *Ruch swobodny* (zob. 13.1.5) bieżąca prędkość punktu TCP robota zbliży się do limitu *Prędkość*, użytkownik odczuje przeciwdziałającą siłę, której wielkość wzrasta w miarę zbliżania się prędkości do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy prędkość bieżąca zbliży się na około 250 mm/s do limitu.

**Ustawienia podstawowe** Panel podrzędny ze wstępnymi limitami ogólnymi pokazywany jako ekran domyślny zawiera suwak z czterema zdefiniowanymi zbiorami wartości dla siły, mocy, prędkości i pędu dla trybów *Normalny* i *Ograniczony*. Szczególne zestawy wartości są widoczne w interfejsie GUI. Wstępnie zdefiniowane zestawy wartości to jedynie sugestie i nie mogą zastąpić właściwej oceny ryzyka.

**Przełączanie do ustawień zaawansowanych** Jeśli żaden z predefiniowanych zestawów wartości nie będzie satysfakcjonujący, naciśnięcie przycisku *Ustawienia zaawansowane . . .* pozwala na przejście do ekranu zaawansowanych limitów ogólnych.

### Ustawienia zaawansowane

Limit	Maksimum	Tryb normalny	Tryb ograniczony	
Siła	maks.: 250 N	150	120	-25 N
Moc	maks.: 1000 W	300	200	-0 W
Prędkość	maks.: 5000 mm/s	1500	750	-150 mm/s
Pęd	maks.: 100 kg m/s	25	10	-3 kg m/s

Tutaj każdy z ogólnych limitów opisanych w p. 10.10 może zostać zmieniony niezależnie od pozostałych. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowej wartości. Najwyższa dopuszczalna wartość dla każdego z limitów jest podana w kolumnie o nazwie *Maksimum*. Limit siły można

ustawić do wartości z zakresu od 100 N do 250 N, a limit mocy można ustawić do wartości z zakresu od 80 W do 1000 W.

Można zauważyć, że pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 10.12 i 10.13). Ponadto limity *Prędkość* i *Pęd* w trybie *Ograniczonym* nie mogą być wyższe niż ich odpowiedniki z trybu *Normalnego*.

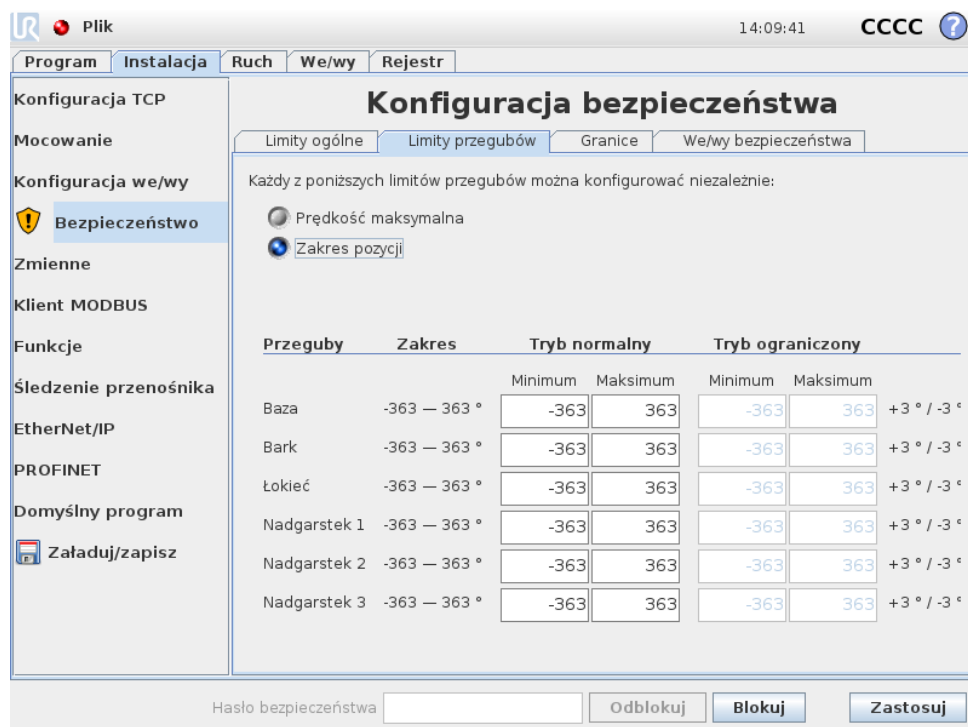
Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Podczas wykonywania programu prędkość ramienia robota jest automatycznie regulowana, aby nie przekroczyć żadnej z wprowadzonych wartości pomniejszonej o tolerancję (zob. 10.4). Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykonuje zatrzymanie kategorii 0, kiedy ramię robota przekroczy limit (bez tolerancji).

**OSTRZEŻENIE:**

Limit prędkości dotyczy wyłącznie punktu TCP robota, więc inne części ramienia robota mogą przemieszczać się szybciej niż wynika ze zdefiniowanej wartości.

**Przełączanie do ustawień podstawowych** Naciśnięcie przycisku *Ustawienia podstawowe* . . . spowoduje przejście z powrotem do ekranu podstawowych limitów ogólnych. We wszystkich limitach ogólnych zostają przywrócone ich ustawienia *domyślne*. Jeśli ta czynność może doprowadzić do utraty niestandardowych wartości, zostanie wyświetlone wyskakujące okienko z prośbą o potwierdzenie czynności.

## 10.11 Limity przegubów



Limity przegubów ograniczają ruch poszczególnych przegubów w ich własnej przestrzeni. Oznacza to, że nie odnoszą się do przestrzeni kartezjańskiej, lecz do wewnętrznej pozycji obrotu przegubów i ich obrotowej prędkości. Przyciski wyłącznego wyboru w górnej części podpanelu umożliwiają niezależne ustawienie prędkości maksymalnej oraz zakresu pozycji dla tych przegubów.

Jeśli w trybie *Ruch swobodny* (zob. 13.1.5) bieżąca pozycja lub szybkość przegubu zbliży się do limitu, użytkownik odczuje przeciwdziałającą siłę, której wielkość wzrasta w miarę zbliżania się przegubu do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy szybkość przegubu zbliży się na około 20°/s do limitu szybkości lub pozycja zbliży się na około 8° do limitu pozycji.

**Prędkość maksymalna** Ta opcja określa maksymalną prędkość kątową dla każdego przegubu. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowej wartości. Najwyższa dopuszczalna wartość jest podana w kolumnie o nazwie *Maksimum*. Żadnej z wartości nie można ustawić poniżej wartości tolerancji.

Można zauważyć, że pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 10.12 i 10.13). Ponadto limity w trybie *Ograniczonym* nie mogą być wyższe niż ich odpowiedniki z trybu *Normalnego*.

Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Podczas wykonywania programu prędkość ramienia robota jest

automatycznie regulowana, aby nie przekroczyć żadnej z wprowadzonych wartości pomniejszonej o tolerancję (zob. 10.4). Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. Jeśli jednak prędkość kątowna jednego z przegubów przekroczy wprowadzoną wartość (bez tolerancji), system bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0.

**Zakres pozycji** Na tym ekranie określony jest zakres pozycji dla każdego z przegubów. Odbywa się to przez dotknięcie odpowiedniego pola tekstowego i wprowadzenie nowych wartości granicznych dolnej i górnej pozycji przegubu. Wprowadzony zakres musi mieścić się w wartościach podanych w kolumnie o nazwie *Zakres*, a dolna granica nie może przewyższać górnej.

Można zauważyć, że pola dla limitów w trybie *Ograniczonym* są nieaktywne, jeśli nie istnieje wyznaczona płaszczyzna bezpieczeństwa ani konfigurowalny sygnał wejściowy, które mogłyby taki tryb uruchomić (więcej szczegółowych informacji zawiera 10.12 i 10.13).

Tolerancje i jednostki każdego z limitów są wymienione na końcu odpowiadającego mu wiersza. Pierwsza wartość tolerancji dotyczy wartości minimalnej, a druga wartości maksymalnej. Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy pozycja przegubu zmierza do wyjścia z zakresu określonego przez dodanie pierwszej tolerancji do wprowadzonej minimalnej wartości oraz odjęcia drugiej tolerancji od wprowadzonej maksymalnej wartości, a przegub kontynuuje ruch wzdłuż przewidywanej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy każdej wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. Jeśli jednak pozycja przegubu przekroczy wprowadzony zakres, system bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0.

## 10.12 Granice

Na tej karcie możliwe jest skonfigurowanie granicznych limitów, na które składają się płaszczyzny bezpieczeństwa oraz limit maksymalnego dopuszczalnego odchylenia orientacji narzędzia robota. Możliwe jest także zdefiniowanie płaszczyzn, które powodują wyzwolenie przejścia do trybu *ograniczonego*.

Płaszczyzny bezpieczeństwa pozwalają na ograniczenie dopuszczalnej przestrzeni roboczej robota i wymuszenie pozostawania punktu TCP po właściwej stronie płaszczyzny oraz jej nieprzekraczania. Można skonfigurować do ośmiu płaszczyzn bezpieczeństwa. Ograniczenie orientacji narzędzia może być przydatne do zapewnienia, że ta orientacja nie będzie odbiegać od pożądanej o większą wartość, niż określono.



### OSTRZEŻENIE:

Zdefiniowanie płaszczyzn bezpieczeństwa ogranicza wyłącznie punkt TCP, nie stanowi limitu dla całego ramienia robota. To oznacza, że określenie płaszczyzny bezpieczeństwa *nie gwarantuje*, że inne części ramienia robota będą podlegać takim ograniczeniom.

Konfiguracja każdego z limitów granicznych opiera się na jednej z funkcji zdefiniowanych w bieżącej instalacji robota (zob. 13.12).


**UWAGA:**

Przed edytowaniem konfiguracji bezpieczeństwa mocno zalecane jest utworzenie wszystkich funkcji niezbędnych dla konfiguracji wszystkich pożądaných limitów granicznych i przypisanie im właściwych nazw. Należy pamiętać, że zasilanie ramienia robota jest wyłączane po odblokowaniu karty *Bezpieczeństwo*, więc niedostępna będzie funkcja *Narzędzie* (zawierająca aktualną pozycję i orientację punktu TCP robota) oraz tryb *ruchu swobodnego* (zob. 13.1.5).

Jeśli jest włączony tryb *Ruch swobodny* (zob. 13.1.5) i bieżąca pozycja punktu TCP robota jest zbliżona do płaszczyzny bezpieczeństwa lub odchylenie orientacji narzędzia robota od pożądaney orientacji jest bliskie określonymu maksymalnemu odchyleniu, użytkownik poczuje odpychającą siłę, która wzrasta w miarę zbliżania się punktu TCP do limitu. Siła jest wytwarzana, kiedy punkt TCP znajdzie się około 5 cm od płaszczyzny bezpieczeństwa lub odchylenie orientacji narzędzia wynosi około 3° od wyznaczonego odchylenia maksymalnego.

Kiedy płaszczyzna jest zdefiniowana jako *wyzwalająca tryb ograniczony*, a punkt TCP za nią przejdzie, system bezpieczeństwa przechodzi do trybu *ograniczonego*, w którym zastosowanie mają *ograniczone* ustawienia bezpieczeństwa. Płaszczyzny wyzwalające podlegają takim samym zasadom, co zwykle płaszczyzny bezpieczeństwa za wyjątkiem tego, że ramię robota może przez nie przechodzić.

### 10.12.1 Wybór granicy do skonfigurowania

Panel *Granice bezpieczeństwa* po lewej stronie karty służy do wybrania limitu granicznego do skonfigurowania.


Aby wyznaczyć płaszczyznę bezpieczeństwa, należy kliknąć jedną z ośmiu pozycji podanych w panelu. Jeśli wybrana płaszczyzna bezpieczeństwa została już skonfigurowana, odpowiadające przedstawienie 3D płaszczyzny jest wyróżnione w Widoku 3D (zob. 10.12.2) z prawej strony panelu. Płaszczyznę bezpieczeństwa można zdefiniować w sekcji *Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa* (zob. 10.12.3) w dolnej części karty.

Aby skonfigurować graniczny limit orientacji narzędzia robota, należy kliknąć pozycję *Granica narzędzia*. Konfigurację limitu można zdefiniować w sekcji *Właściwości granicy narzędzia* (zob. 10.12.4) w dolnej części karty.

Aby włączyć lub wyłączyć wizualizację 3D limitu granicznego, należy kliknąć przycisk  / . Jeśli limit graniczny jest aktywny, *tryb bezpieczeństwa* (zob. 10.12.3 i 10.12.4) jest oznaczany jedną z ikon:  /  /  / .

### 10.12.2 Wizualizacja 3D

Widok 3D przedstawia skonfigurowane płaszczyzny bezpieczeństwa i limit graniczny orientacji dla narzędzia robota razem z bieżącą pozycją ramienia robota.

Wszystkie pozycje skonfigurowanych granic, dla których włączono przełącznik widoczności (tzn. widoczne, ikona ) w sekcji Granice bezpieczeństwa są wyświetlane razem z aktualnie wybranym limitem granicznym.

Płaszczyzny bezpieczeństwa (aktywne) są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są wyświetlane na niebiesko i na zielono. Mała strzałka określa stronę płaszczyzny, która *nie powoduje* przejścia do trybu ograniczonego. Kiedy płaszczyzna bezpieczeństwa jest wybrana w panelu z lewej strony karty, wyróżnione jest odpowiadające jej przedstawienie 3D.

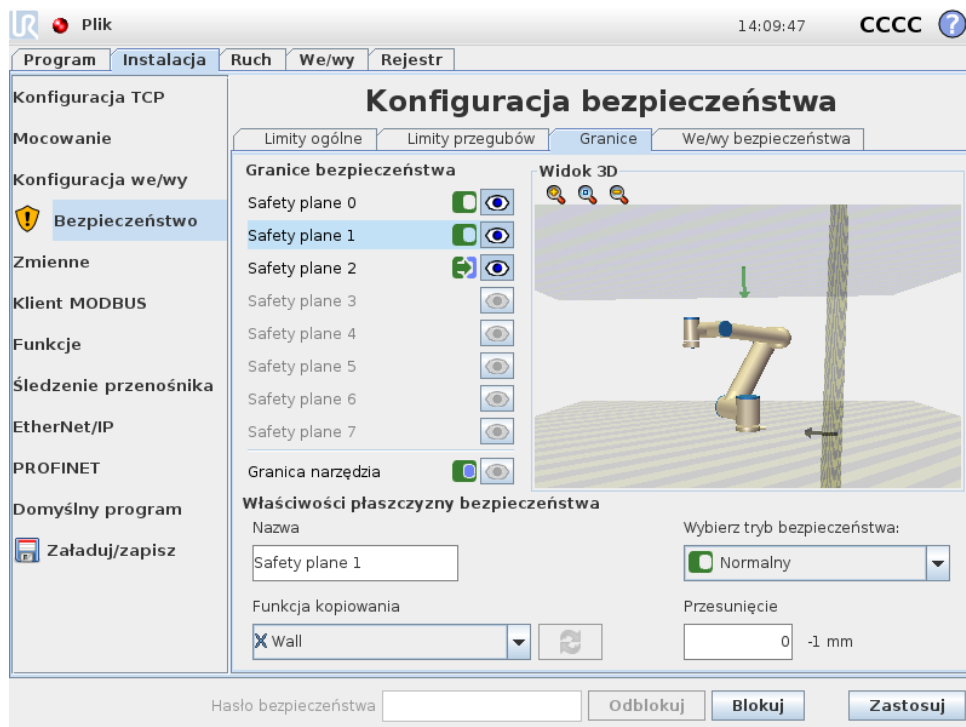
Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy płaszczyzna lub limit graniczny orientacji narzędzia są skonfigurowane, lecz nieaktywne, są wizualizowane w kolorze szarym.

Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku.

### 10.12.3 Konfiguracja płaszczyzny bezpieczeństwa

Sekcja Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa w dolnej części karty definiuje konfigurację wybranej płaszczyzny bezpieczeństwa na panelu Granice bezpieczeństwa w lewej górnej części karty.







**Nazwa** W polu tekstowym Nazwa użytkownik może przypisać nazwę do wybranej płaszczyzny bezpieczeństwa. Nazwę można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową.

**Funkcja kopiowania** Pozycja i kierunek normalny płaszczyzny bezpieczeństwa są zdefiniowane za pomocą funkcji (zob. 13.12) z bieżącej instalacji robota. Rozwinięte pole w lewej dolnej części sekcji *Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa* pozwala na wybranie funkcji. Dostępne są tylko funkcje typu wskazującego i płaszczyznowe. Wybranie pozycji <Niezdefiniowane> powoduje wyczyszczenie konfiguracji płaszczyzny.

Oś Z wybranej funkcji będzie wskazywać zabronioną przestrzeń, natomiast kierunek normalny do płaszczyzny będzie wskazywać w przeciwną stronę. Wyjątek zachodzi po wybraniu funkcji *Baza*, wtedy kierunek normalny będzie wskazywać ten sam kierunek. Jeśli płaszczyzna jest skonfigurowana jako *wyzwalająca tryb ograniczony* (zob. 10.12.3), kierunek normalny wskazuje stronę płaszczyzny, która *nie powoduje* przejścia do trybu *ograniczonego*.

Należy pamiętać, że podczas konfiguracji płaszczyzny bezpieczeństwa przez wybranie funkcji informacje o pozycji są tylko *kopiowane* do tej płaszczyzny, a sama płaszczyzna *nie jest* powiązana z tą funkcją. To oznacza, że zmiana pozycji lub orientacji funkcji użytej do skonfigurowania płaszczyzny bezpieczeństwa nie spowoduje automatycznej aktualizacji płaszczyzny. Jeśli funkcja zostanie zmieniona, jest to oznaczane ikoną ⚠ znajdującą się nad selektorem funkcji. Kliknięcie przycisku 🔄 przy selektorze powoduje zaktualizowanie parametrów płaszczyzny bezpieczeństwa według bieżącej pozycji i orientacji funkcji. Ikona ⚠ jest wyświetlana także wtedy, kiedy wybrana funkcja została usunięta z instalacji.

**Tryb bezpieczeństwa** Rozwijane menu z prawej strony panelu *Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa* pozwala na określenie *trybu bezpieczeństwa* dla płaszczyzny bezpieczeństwa. Dostępne są poniższe tryby:

Wyłączony	Płaszczyzna bezpieczeństwa <i>nigdy</i> nie jest aktywna.
 Normalny	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie <i>normalnym</i> , <i>aktywna</i> jest płaszczyzna trybu normalnego i ma funkcję <i>bezwzględnego limitu</i> dla położenia punktu TCP robota.
 Ograniczony	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie <i>ograniczonym</i> , <i>aktywna</i> jest płaszczyzna trybu ograniczonego i ma funkcję <i>bezwzględnego limitu</i> dla położenia punktu TCP robota.
 Normalny i ograniczony:	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo <i>normalnym</i> , albo <i>ograniczonym</i> , <i>aktywna</i> jest płaszczyzna trybu normalnego i ograniczonego i ma funkcję <i>bezwzględnego limitu</i> dla położenia punktu TCP robota.
 Tryb ograniczony wyzwany	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo <i>normalnym</i> , albo <i>ograniczonym</i> , <i>aktywna</i> jest płaszczyzna trybu <i>ograniczonego wyzwanego</i> i powoduje przejście systemu bezpieczeństwa do trybu <i>ograniczonego</i> zawsze, kiedy punkt TCP znajduje się za nią.

Wybrany *tryb bezpieczeństwa* jest wskazywany przez ikonę przy odpowiadającej pozycji na panelu Granice bezpieczeństwa. Jeśli ustawienie *trybu bezpieczeństwa* to Wyłączony, nie jest wyświetlana żadna ikona.

**Przesunięcie** Po wybraniu funkcji w rozwijanym polu w lewej dolnej części panelu Właściwości płaszczyzny bezpieczeństwa, płaszczyznę można liniowo przesunąć przez dotknięcie pola tekstowego Przesunięcie w prawej dolnej części tego panelu i wprowadzenie wartości. Wprowadzenie wartości dodatniej zwiększa dozwoloną przestrzeń roboczą robota przez odsunięcie płaszczyzny w kierunku przeciwnym do wektora normalnego, natomiast wprowadzenie wartości ujemnej zmniejsza dozwoloną przestrzeń przez odsunięcie płaszczyzny w kierunku zgodnym z wektorem normalnym.

Tolerancja i jednostka przesunięcia płaszczyzny granicznej są widoczne z prawej strony pola tekstowego.

**Działanie płaszczyzn limitu bezwzględnego** Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy punkt TCP zmierza do przekroczenia aktywnej płaszczyzny o bezwzględnym limicie zmniejszonej o wartość tolerancji (zob. 10.4) i jeśli kontynuuje ruch wzdłuż przewidywanej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0, jeśli punkt TCP przekroczy określoną, graniczną płaszczyznę bezpieczeństwa (bez tolerancji).

**Działanie płaszczyzn wyzwiania trybu ograniczonego** Jeśli nie jest włączone zatrzymanie ochronne, a system bezpieczeństwa nie jest w specjalnym trybie *przywracania* (zob. 10.6), system pracuje w trybie *normalnym* albo *ograniczonym* i ruchy ramienia robota są ograniczone przez właściwy zbiór limitów.

Domyślnie system bezpieczeństwa jest w trybie *normalnym*. Przejście do trybu *ograniczonego* następuje po każdym wystąpieniu poniższej sytuacji:

- a) Punkt TCP robota znajduje się za jedną z płaszczyzn *wyzwolenia trybu ograniczonego*, czyli znajduje się po stronie płaszczyzny *przeciwnej* do kierunku małej strzałki na wizualizacji płaszczyzny.
- b) Skonfigurowana jest wejściowa funkcja bezpieczeństwa trybu *ograniczonego* i sygnały wejściowe są w stanie niskim (szczegółowe informacje zawiera p. 10.13).

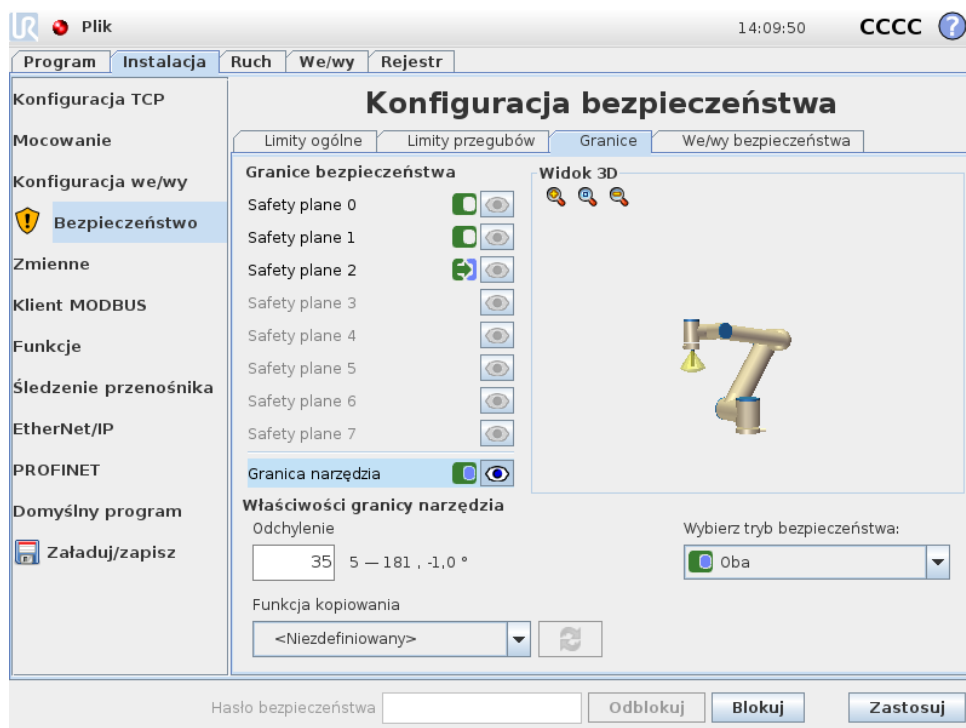
Jeśli nie obowiązują już żaden z powyższych warunków, system bezpieczeństwa przechodzi z powrotem do trybu *normalnego*.

Jeśli przejście z trybu *normalnego* do *ograniczonego* zostało spowodowane przekroczeniem płaszczyzny *wyzwolenia trybu ograniczonego*, następuje przejście od zbioru limitów trybu *normalnego* do zbioru limitów trybu *ograniczonego*. Natychmiast jak punkt TCP robota znajdzie się 20 mm lub bliżej płaszczyzny *wyzwalania trybu ograniczonego* (lecz ciągle będzie znajdować się po stronie trybu *normalnego*), dla każdej z wartości limitów obowiązuje łagodniejszy limit trybu *normalnego* lub *ograniczonego*. Kiedy punkt TCP robota przejdzie przez płaszczyznę *wyzwalania trybu ograniczonego*, zbiór limitów trybu *normalnego* nie jest już aktywny i obowiązuje zbiór limitów trybu *ograniczonego*.

Jeśli przejście z trybu *ograniczonego* do *normalnego* zostało spowodowane przekroczeniem płaszczyzny *wyzwolenia trybu ograniczonego*, następuje przejście od zbioru limitów trybu *ograniczonego* do zbioru limitów trybu *normalnego*. Natychmiast jak punkt TCP robota przejdzie przez płaszczyznę *wyzwalania trybu ograniczonego*, dla każdej z wartości limitów obowiązuje łagodniejszy limit trybu *normalnego* lub *ograniczonego*. Kiedy punkt TCP robota znajdzie się 20 mm lub dalej od płaszczyzny *wyzwalania trybu ograniczonego* (po stronie trybu *normalnego*), zbiór limitów trybu *ograniczonego* nie jest już aktywny i obowiązuje zbiór limitów trybu *normalnego*.

Jeśli przewidywana trajektoria punktu TCP robota przekracza płaszczyznę *wyzwalania trybu ograniczonego*, ramię robota rozpocznie wyhamowywanie jeszcze przed przekroczeniem płaszczyzny, o ile może dojść do przekroczenia limitu prędkości przegubu, narzędzia lub limitu pędu z nowego zbioru limitów. Istnieje wymóg większej restrykcyjności tych limitów w trybie *ograniczonym*, więc takie wczesne hamowanie może wystąpić wyłącznie przy przejściu od trybu *normalnego* do *ograniczonego*.

### 10.12.4 Konfiguracja granicy narzędzia




Panel Właściwości granic narzędzia w dolnej części karty definiuje limit dla orientacji narzędzia robota, który składa się z pożądanej orientacji narzędzia oraz wartości maksymalnego dopuszczalnego odchylenia od tej orientacji.


**Odchylenie** Pole tekstowe *Odchylenie* zawiera wartość maksymalnego dopuszczalnego odchylenia orientacji narzędzia robota od orientacji pożądanej. Wartość można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową.

Przy polu tekstowym wyświetlany jest dopuszczalny zakres wartości z tolerancją i jednostką odchylenia.




**Funkcja kopiowania** Pożądana orientacja narzędzia robota jest zdefiniowana za pomocą funkcji (zob. 13.12) z bieżącej instalacji robota. Oś Z wybranej funkcji będzie zastosowana jako wektor pożądanej orientacji narzędzia dla tego limitu.

Rozwijane pole w lewej dolnej części panelu Właściwości granic narzędzia pozwala na wybranie funkcji. Dostępne są tylko funkcje typu wskazującego i płaszczyznowe. Wybranie pozycji <Niezdefiniowane> powoduje wyczyszczenie konfiguracji płaszczyzny.

Należy pamiętać, że podczas konfiguracji limitu przez wybranie funkcji informacje o orientacji są tylko *kopiowane* do tego limitu, a sam limit *nie jest* powiązany z tą funkcją. To oznacza, że zmiana pozycji lub orientacji funkcji użytej do skonfigurowania limitu nie spowoduje jego automatycznej aktualizacji. Jeśli funkcja zostanie zmieniona, jest to oznaczane ikoną ⚠ znajdującą się nad selektorem funkcji. Kliknięcie przycisku  przy selektorze powoduje zaktualizowanie limitu według

bieżącej orientacji funkcji. Ikona  jest wyświetlana także wtedy, kiedy wybrana funkcja została usunięta z instalacji.

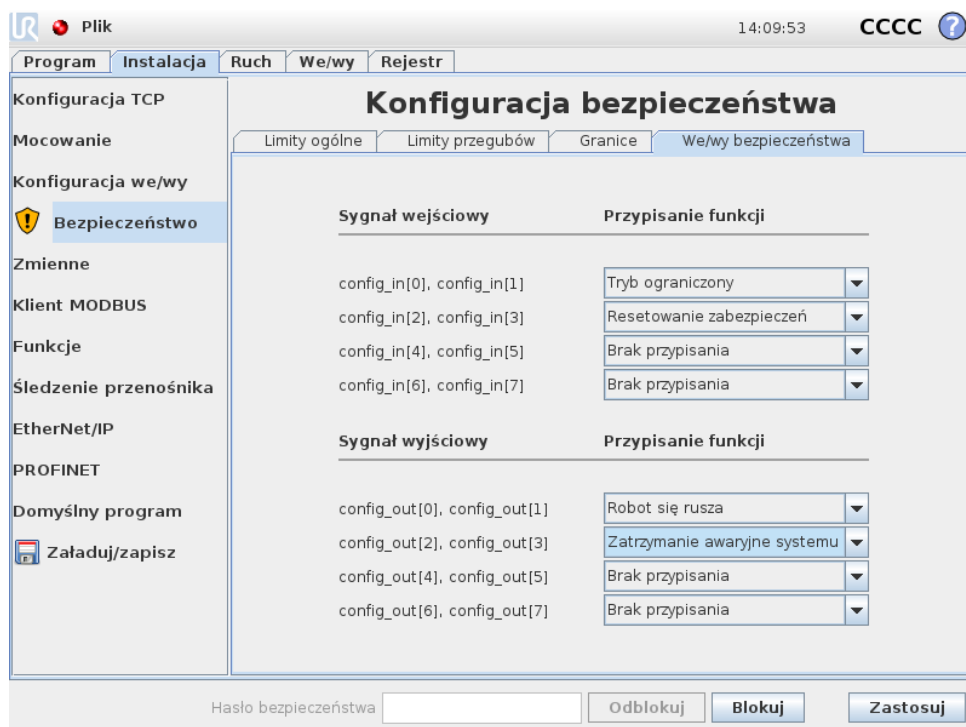
**Tryb bezpieczeństwa** Rozwijane menu z prawej strony panelu Właściwości granic narzędzia pozwala na określenie trybu bezpieczeństwa dla granic orientacji narzędzia. Dostępne są następujące opcje:

Wyłączony	Limit granicy narzędzia nigdy nie jest aktywny.
 Normalny	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie <i>normalnym</i> , graniczny limit narzędzia jest aktywny.
 Ograniczony	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie <i>ograniczonym</i> , graniczny limit narzędzia jest aktywny.
 Normalny i ograniczony	Kiedy system bezpieczeństwa jest w trybie albo <i>normalnym</i> , albo <i>ograniczonym</i> , graniczny limit narzędzia jest aktywny.

Wybrany tryb bezpieczeństwa jest wskazywany przez ikonę przy odpowiadającej pozycji na panelu Granice bezpieczeństwa. Jeśli ustawienie trybu bezpieczeństwa to Wyłączony, nie jest wyświetlana żadna ikona.

**Działanie** Wykonywanie programu jest przerywane, kiedy odchylenie orientacji narzędzia zmierza do przekroczenia maksymalnego odchylenia zmniejszonego o wartość tolerancji (zob. 10.4) i jeśli kontynuuje ruch wzdłuż przewidywanej trajektorii. Należy zauważyć, że znak minus widoczny przy wartości tolerancji ma na celu wyłącznie wskazanie, że tolerancja jest odejmowana od rzeczywistej wprowadzonej wartości. System bezpieczeństwa wykona zatrzymanie kategorii 0, jeśli odchylenie orientacji narzędzia przekroczy limit (bez tolerancji).

## 10.13 We/wy bezpieczeństwa



Ten ekran definiuje *funkcje bezpieczeństwa* dla konfigurowalnych wejść i wyjść (we/wy). We/wy są podzielone między wejścia i wyjścia, każde z nich dobrane w parę tak, że każda funkcja gwarantuje kategorię<sup>2</sup> 3 i poziom działania we/wy d (PLd).

Każda *funkcja bezpieczeństwa* może sterować tylko jedną parą wejść/wyjść. Próba ponownego wybrania jednej funkcji bezpieczeństwa powoduje usunięcie jej z pierwszej pary wcześniej zdefiniowanych we/wy. Są 5 *funkcje bezpieczeństwa* dla sygnałów wejściowych i 4 dla sygnałów wyjściowych.

### 10.13.1 Sygnały wejściowe

Dla sygnałów wejściowych można wybrać następujące *funkcje bezpieczeństwa*: Zatrzymanie awaryjne, Tryb ograniczony, Resetowanie zabezpieczeń, Przełącznik 3-pozycyjny i Tryb pracy.

**Zatrzymanie awaryjne** Po wybraniu dostępna jest opcja przyłączenia dodatkowego przycisku Zatrzymania awaryjnego, poza przyciskiem znajdującym się na sterowniku uczenia. Po przyłączeniu urządzenia zgodnego z normą ISO 13850:2006 zapewniona jest funkcjonalność identyczna z przyciskiem zatrzymania awaryjnego, który znajduje się na sterowniku uczenia.

**Tryb ograniczony** Wszystkie limity bezpieczeństwa mają dwa tryby, w których mogą być stosowane: *Normalny* który określa domyślną konfigurację bezpieczeństwa oraz *Ograniczony* (więcej szczegółowych informacji zawiera p. 10.6). Po

<sup>2</sup>Wg ISO 13849-1, więcej informacji zawiera słowniczek.

wybraniu tej wejściowej funkcji bezpieczeństwa, niski stan wejścia powoduje przejście systemu bezpieczeństwa do trybu *ograniczonego*. W razie konieczności ramię robota wyhamowuje, aby zachować zgodność ze zbiorem limitów trybu *ograniczonego*. Jeśli ramię robota będzie w dalszym ciągu naruszać dowolny z limitów trybu *ograniczonego*, nastąpi zatrzymanie kategorii 0. Przejście z powrotem do trybu *normalnego* odbywa się w ten sam sposób. Należy pamiętać, że płaszczyzny bezpieczeństwa również powodują przejście do trybu *ograniczonego* (szczegółowe informacje zawiera p. 10.12.3).



**Resetowanie zabezpieczeń** Jeśli funkcja Zatrzymanie przez zabezpieczenie jest podłączona do we/wy bezpieczeństwa, wtedy to wejście zapewnia podtrzymanie stanu zatrzymania przez zabezpieczenie aż do wyzwolenia resetowania. Ramię robota nie wykona ruchu w stanie zatrzymania przez zabezpieczenie.



#### OSTRZEŻENIE:

Domyślnie funkcja wejściowa resetowania zabezpieczeń jest skonfigurowana dla wejściowych styków 0 i 1. Całkowite wyłączenie funkcji oznacza, że ramię robota wychodzi ze stanu zatrzymania przez zabezpieczenie natychmiast, kiedy wejście zatrzymania przez zabezpieczenie przejdzie do stanu wysokiego. Ujmując inaczej, bez sygnału wejściowego resetowania zabezpieczeń wejścia SI0 i SI1 zatrzymania przez zabezpieczenie (zob. Podręcznik instalacji sprzętu) całkowicie określają, czy stan zatrzymania przez zabezpieczenie jest aktywny, czy nie.

**Przełącznik 3-pozycyjny i tryb pracy** Pozwalają na opcjonalne wykorzystanie 3-pozycyjnego urządzenia zezwalającego, pracującego jako dodatkowy środek bezpieczeństwa podczas konfigurowania i programowania robota. Przy skonfigurowanym wejściu przełącznika 3-pozycyjnego robot działa w „trybie wykonawczym” lub „trybie programowania”. W prawym górnym rogu pojawi się ikona odpowiadająca bieżącemu trybowi:

-  **Tryb wykonawczy:** Robot może wykonywać tylko predefiniowane zadania. Karta Ruch oraz tryb Ruch swobodny są niedostępne.
-  **Tryb programowania:** Ograniczenia obowiązujące w *trybie wykonawczym* są zniesione. Kiedy jednak stan wejścia przełącznika 3-pozycyjnego jest niski, robot jest zatrzymywany przez zabezpieczenie. Również suwak szybkości jest ustawiony według wartości początkowej, która odpowiada 250 mm/s, co można stopniowo zwiększać i uzyskać większą szybkość. Suwak szybkości jest ustawiany do niskiej wartości zawsze, kiedy stan wejścia przełącznika 3-pozycyjnego zmienia się z niskiego na wysoki.

Są dwa sposoby konfiguracji dla doboru trybu pracy:

1. Aby wybrać tryb pracy za pomocą zewnętrznego urządzenia wyboru trybu, należy skonfigurować wejście Tryb pracy. Opcja jego konfiguracji będzie dostępna jest w rozwijanych menu po skonfigurowaniu wejścia przełącznika 3-pozycyjnego. Robot będzie w *trybie wykonawczym*, kiedy stan wejścia trybu pracy jest niski i w *trybie programowania*, kiedy jest wysoki.
2. Aby wybrać tryb pracy w oprogramowaniu PolyScope, w konfiguracji bezpieczeństwa musi być skonfigurowane i podłączone tylko wejście przełącznika 3-pozycyjnego. W takim przypadku domyślnym trybem jest *wykonawczy*. Aby przełączyć się do *trybu programowania*, należy nacisnąć przycisk „Zaprogramuj robota” na ekranie powitalnym. Aby powrócić do *trybu wykonawczego*, wystarczy opuścić ekran „Zaprogramuj robota”.

**UWAGA:**

Po potwierdzeniu konfiguracji we/wy bezpieczeństwa przy włączonym przełączniku 3-pozycyjnym automatycznie wyświetla się ekran powitalny. Automatyczne wyświetlenie ekranu powitalnego następuje także po zmianie trybu pracy z *programowania* na *wykonawczy*.

### 10.13.2 Sygnały wyjściowe

Dla sygnałów wyjściowych można zastosować niżej wymienione *funkcje bezpieczeństwa*. Wszystkie sygnały powracają do stanu niskiego, kiedy zaniknie warunek wyzwalający stan wysoki:

**Zatrzymanie awaryjne systemu** Niski stan sygnału pojawia się, kiedy system bezpieczeństwa został przełączony do stanu zatrzymania awaryjnego. W pozostałych przypadkach sygnał jest w stanie wysokim.

**Ruch robota** Niski stan sygnału pojawia się zawsze, kiedy ramię robota jest w stanie ruchu. Kiedy ramię robota jest w stałym położeniu, stan sygnału jest wysoki.

**Robot się nie zatrzymuje** W przypadku żądania zatrzymania ramienia robota między żądaniem a rzeczywistym zatrzymaniem ramienia upływa pewien czas. W tym czasie sygnał będzie w stanie wysokim. Sygnał jest niski, kiedy ramię robota się porusza i nie było żądania zatrzymania, a także kiedy ramię robota jest w pozycji zatrzymanej.

**Tryb ograniczony** Wysyła niski stan sygnału, kiedy ramię robota jest w trybie *ograniczonym* lub jeśli wejście bezpieczeństwa skonfigurowano jako wejście sygnału trybu *ograniczonego* i ten sygnał jest aktualnie niski. W innych przypadkach stan sygnału jest wysoki.

**Poza trybem ograniczonym** Sytuacja odwrotna niż zdefiniowana powyżej dla trybu *ograniczonego*.



# 11 Rozpoczęcie programowania

## 11.1 Wprowadzenie

Ramię robota Universal Robots składa się z przegubów i rur. Przeguby oraz ich przyjęte nazwy są pokazane na rysunku 11.1. *Podstawa* to miejsce zamocowania robota, a narzędzie robota jest przyłączane na drugim końcu (*Nadgarstek 3*). Poprzez koordynowanie ruchu każdego z przegubów robot może swobodnie przesuwać swoje narzędzie za wyjątkiem obszaru bezpośrednio nad i pod podstawą.

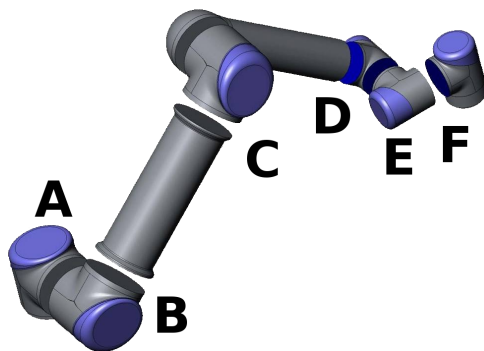
PolyScope to graficzny interfejs użytkownika (GUI), który pozwala użytkownikowi na obsługę ramienia robota i skrzynki sterowniczej, wykonywanie programów robota i łatwe tworzenie nowych.

Poniższa sekcja zawiera wprowadzenie do pracy z robotem. Dalej znajdują się bardziej szczegółowe opisy ekranów i funkcji PolyScope.



### NIEBEZPIECZEŃSTWO:

1. Dokument Podręcznik instalacji sprzętu zawiera ważne informacje dotyczące bezpieczeństwa, które integrator robotów UR musi ze zrozumieniem przeczytać przed włączeniem robota po raz pierwszy.
2. Integrator musi ustawić parametry konfiguracji bezpieczeństwa określone w procesie oceny ryzyka, zanim po raz pierwszy włączy ramię robota, zob. rozdział 10.



Rysunek 11.1: Przeguby robota. A: *Podstawa*, B: *Bark*, C: *Łokieć* i D, E, F: *Nadgarstek 1, 2, 3*

## 11.2 Pierwsze kroki

Zanim możliwe będzie używanie PolyScope, konieczne jest zainstalowanie ramienia robota i skrzynki sterowniczej oraz włączenie skrzynki.

### 11.2.1 Instalacja ramienia robota i skrzynki sterowniczej

Aby zainstalować ramię robota i skrzynkę sterowniczą, należy wykonać procedurę:

1. Rozpakuj ramię robota oraz skrzynkę sterowniczą.
2. Zamontuj ramię robota na solidnej powierzchni, na której nie występują wibracje.
3. Umieść skrzynkę sterowniczą na jej podstawie.
4. Podłącz kabel robota do robota oraz do skrzynki sterowniczej.
5. Podłącz wtyczkę zasilania sieciowego skrzynki sterowniczej.



**OSTRZEŻENIE:**

Zagrożenie przewróceniem. Jeśli robot nie będzie bezpiecznie zamocowany do wytrzymałej powierzchni, może się przewrócić i spowodować obrażenia.

Szczegółowe instrukcje instalacji zawiera Podręcznik instalacji sprzętu. Należy pamiętać, że zanim ramię robota wykona jakiegokolwiek zadanie konieczne jest przeprowadzenie oceny ryzyka.

### 11.2.2 Włączanie i wyłączanie skrzynki sterowniczej

Skrzynkę sterowniczą włącza się przez naciśnięcie przycisku zasilania z przedniej strony panelu z ekranem dotykowym. Ten panel jest zwykle nazywany *sterownikiem uczenia*. Kiedy skrzynka sterownicza zostaje włączona, na ekranie dotykowym pojawi się tekst z pracującego systemu operacyjnego. Po około jednej minucie na ekranie pojawi się kilka przycisków, a okno wyskakujące przeprowadza użytkownika do ekranu inicjowania (zob. 11.5).

Skrzynkę sterowniczą można wyłączyć przez naciśnięcie zielonego przycisku zasilania na ekranie lub za pomocą przycisku **Wyłącz** na ekranie powitalnym (zob. 11.4).



**OSTRZEŻENIE:**

Wyłączanie przez wyjęcie wtyczki z gniazdka ściennego może spowodować uszkodzenie systemu plików robota, co może doprowadzić do usterki robota.

### 11.2.3 Włączanie i wyłączanie ramienia robota

Ramię robota można włączyć, jeśli skrzynka sterownicza jest włączona i jeśli nie jest włączony żaden z przycisków zatrzymania awaryjnego. Włączanie ramienia

robota odbywa się na ekranie inicjowania (zob. 11.5) przez dotknięcie przycisku **Wył.** na ekranie, a następnie naciśnięcie przycisku **Start**. Podczas uruchamiania robota wydaje on dźwięk i nieznacznie się porusza w chwili zwolnienia hamulców. Zasilanie ramienia robota można wyłączyć przez dotknięcie przycisku **Wył.** na ekranie inicjowania. Zasilanie ramienia robota jest także wyłączane automatycznie w chwili wyłączenia skrzynki sterowniczej.

#### 11.2.4 Szybki start

Aby szybko uruchomić robota po jego zainstalowaniu, należy wykonać czynności:

1. Naciśnij przycisk zatrzymania awaryjnego z przodu sterownika uczenia.
2. Naciśnij przycisk zasilania na sterowniku uczenia.
3. Poczekaj minutę na rozruch systemu, podczas którego na ekranie dotykowym będzie wyświetlany tekst.
4. Kiedy system będzie gotowy, na ekranie dotykowym wyświetlone zostanie okno wyskakujące z informacją, że robot wymaga inicjowania.
5. Dotknij przycisk **OK** w wyskakującym oknie dialogowym. Nastąpi przejście do ekranu inicjowania.
6. Poczekaj na okno dialogowe **Potwierdzenie zastosowanej konfiguracji bezpieczeństwa** i naciśnij przycisk **Potwierdź konfigurację bezpieczeństwa**. Spowoduje to wprowadzenie wstępnego zestawu parametrów bezpieczeństwa, które będą musiały być dostosowane według oceny ryzyka.
7. Odblokuj przycisk zatrzymania awaryjnego. Stan robota zmienia się z **Zatrzymania awaryjnego** na **Wyłączenie zasilania**.
8. Wyjdź poza zasięg robota (jego przestrzeń roboczą).
9. Dotknij przycisk **Wył.** na ekranie dotykowym. Odczekaj kilka sekund, aż stan robota zmieni się na **Bezczynność**.
10. Sprawdź, czy masa obciążenia i wybrane mocowanie są prawidłowe. Użytkownik jest informowany, jeśli wybrane mocowanie nie odpowiada mocowaniu wykrytemu na podstawie danych z czujników.
11. Dotknij przycisk **Start** na ekranie dotykowym. Robot wydaje on dźwięk i nieznacznie się porusza w chwili zwolnienia hamulców.
12. Dotknij przycisk **OK**, aby przejść do ekranu powitalnego.

#### 11.2.5 Pierwszy program

Program to lista poleceń, które mówią robotowi, co ma robić. Dzięki PolyScope robota mogą zaprogramować nawet osoby z niewielkim doświadczeniem programistycznym. W przypadku większości zadań programowanie jest wykonywane wyłącznie przy pomocy panelu dotykowego, bez wpisywania jakichkolwiek zagadkowych poleceń.

Ponieważ ruch narzędzia jest tak istotną częścią programu robota, sposób uczenia robota, w jaki sposób ma się poruszać ma znaczenie krytyczne. W PolyScope ruchy narzędzia są podawane przy pomocy *punktów orientacyjnych*, czyli punktów w

przestrzeni roboczej robota. Punkt orientacyjny można podać, przesuwając robota do określonej pozycji, można go też obliczyć programowo. Aby przesunąć ramię robota do wybranej pozycji, należy albo użyć karty Przesuń (zob. 13.1), albo po prostu pociągnąć ramię robota na właściwe miejsce, trzymając wciśnięty przycisk *ruchu swobodnego* w tylnej części sterownika uczenia.

Poza przechodzeniem przez punkty orientacyjne program może wysyłać sygnały we/wy do innych urządzeń w pewnych punktach toru robota i wykonywać polecenia, takie jak instrukcje warunkowe `if...then` i pętla w oparciu o zmienne i sygnały we/wy.

Aby utworzyć prosty program w robocie, który został już uruchomiony, należy wykonać czynności:

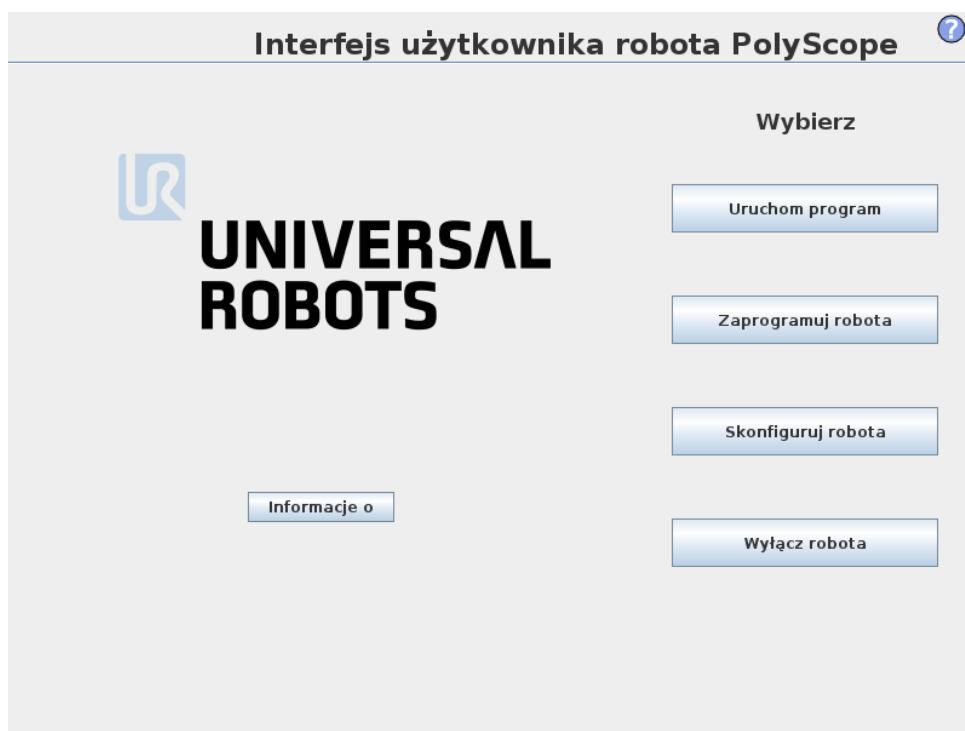
1. Dotknij przycisk Programuj robota i wybierz opcję Pusty program.
2. Dotknij przycisk Następny (w prawym dolnym rogu), aby wybrać wiersz `<pusty>` w strukturze drzewa po lewej stronie ekranu.
3. Przejdź do karty Struktura.
4. Dotknij przycisk Porusz.
5. Przejdź do karty Polecenie.
6. Naciśnij przycisk Następny, aby przejść do ustawień Punkt orientacyjny.
7. Naciśnij przycisk Ustaw ten punkt orientacyjny obok obrazka „?”.
8. Na ekranie Ruch można poruszać robotem, naciskając różne niebieskie strzałki, można też przesunąć robota, naciskając przycisk Ruch swobodny znajdujący się z tyłu sterownika uczenia, jednocześnie ciągnąc za ramię robota.
9. Naciśnij przycisk OK.
10. Naciśnij przycisk Dodaj punkt orientacyjny przed.
11. Naciśnij przycisk Ustaw ten punkt orientacyjny obok obrazka „?”.
12. Na ekranie Ruch przesunij robota, naciskając różne niebieskie strzałki lub naciskając przycisk Ruch swobodny, jednocześnie ciągnąc za ramię robota.
13. Naciśnij przycisk OK.
14. Program jest gotowy. Po naciśnięciu symbolu „Odtwarzaj” robot zacznie poruszać się między dwoma punktami. Stań w bezpiecznej odległości i w gotowości do naciśnięcia przycisku zatrzymania awaryjnego i naciśnij przycisk „Odtwarzaj”.
15. Gratulacje! Oto pierwszy program robota, przemieszczający go pomiędzy dwoma podanymi punktami orientacyjnymi.

**OSTRZEŻENIE:**

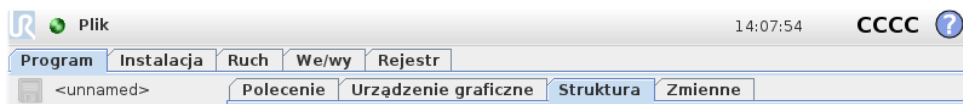
1. Nie wolno przemieszczać robota na niego ani na inne obiekty, może to spowodować jego uszkodzenie.
2. Głowę i tułów należy utrzymywać poza zasięgiem (prze-strzeżeniem roboczą) robota. Nie wolno umieszczać palców w miejscach, w których mogą być pochwycone.
3. To tylko przewodnik szybkiego startu, pokazujący jak łatwe jest używanie robota UR. Zakłada się przyjazne środowisko i obsługę bardzo ostrożnego użytkownika. Nie wolno zwiększać prędkości ani przyspieszenia powyżej wartości domyśl-nych. Przed każdym użyciem robota w pracy należy przepro-wadzić ocenę ryzyka.

## 11.3 Interfejs programistyczny PolyScope

PolyScope pracuje na ekranie dotykowym dołączonym do skrzynki sterowniczej.



Powyższa ilustracja przedstawia ekran powitalny. Niebieskawe obszary ekranu to przyciski, które można nacisnąć przez dotknięcie ekranu palcem lub odwróconym długopisem. PolyScope ma hierarchiczną strukturę ekranów. W środowisku programowania ekrany są ułożone jako *karty*, umożliwiając łatwy dostęp.



W tym przykładzie wybrana jest karta Program na górnym poziomie, a poniżej wybrana jest karta Struktura. Karta Program zawiera informacje związane z aktualnie załadowanym programem. Po wybraniu karty Ruch ekran zmienia się na ekran Ruch, z którego można poruszać ramieniem robota. Podobnie wybór karty We/wy pozwala na monitorowanie i zmianę aktualnego stanu elektrycznych wejść i wyjść.

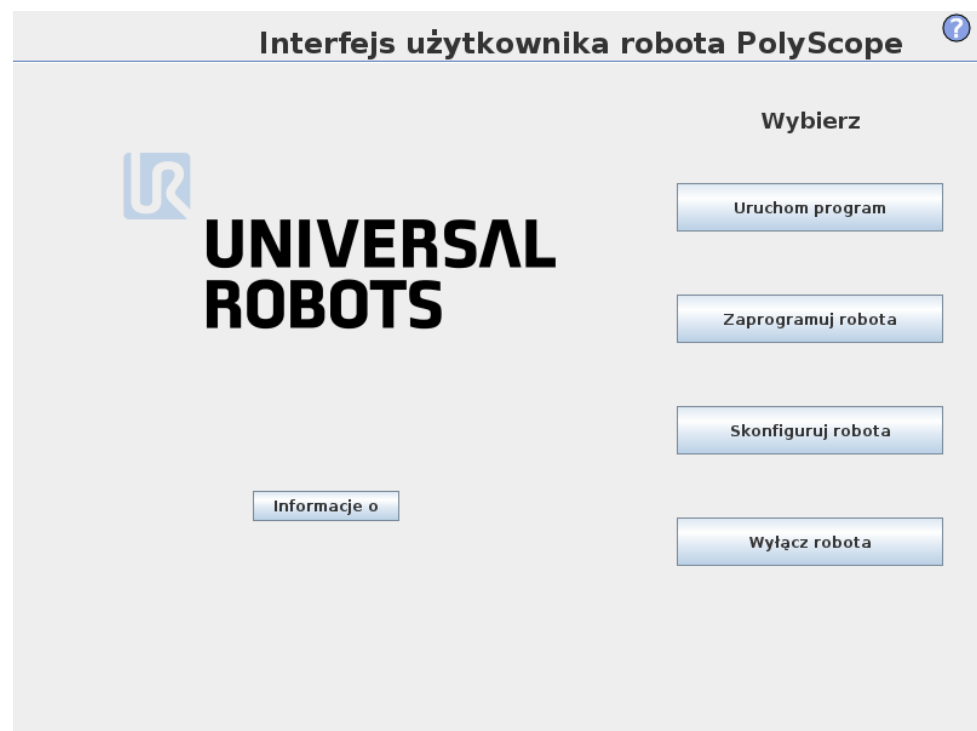
Do skrzynki sterownika lub pilota uczenia można podłączyć mysz i klawiaturę, ale nie jest to wymagane. Prawie wszystkie pola tekstowe mogą być obsługiwane dotykowo, a ich dotknięcie uruchamia klawiaturę ekranową lub standardową. Pola tekstowe nieobsługiwane dotykowo mają przy nich ikonę edytora, która umożliwia uruchomienie powiązanego edytora wprowadzania.



Powyżej przedstawiono ikony ekranowej klawiatury numerycznej, standardowej i edytora wyrażeń.

W kolejnych sekcjach zostały opisane różne ekrany PolyScope.

## 11.4 Ekran powitalny

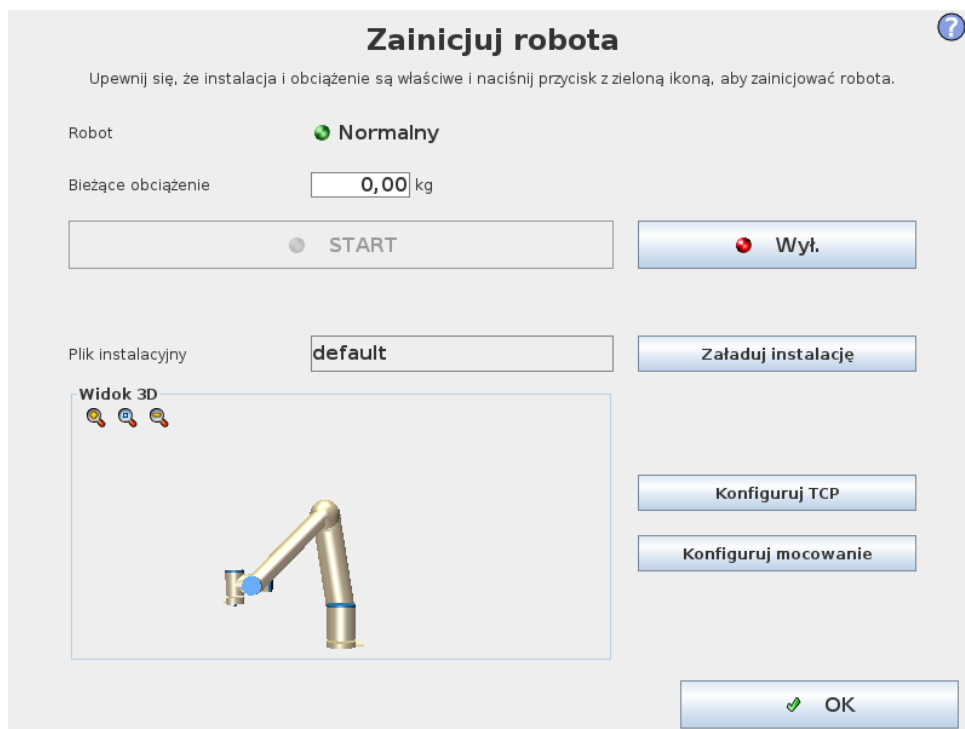


Po włączeniu sterującego komputera PC pokazany zostaje ekran powitalny. Na ekranie tym znajdują się następujące opcje:

- **Uruchom program:** Wybór i uruchomienie istniejącego programu. Jest to najprostszy sposób obsługi ramienia robota i skrzynki sterowniczej.
- **Zaprogramuj robota:** Zmiana programu lub utworzenie nowego.

- **Skonfiguruj robota:** Zmiana języka, ustawienie haseł, aktualizacja oprogramowania itp.
- **Wyłącz robota:** Wyłączenie zasilania ramienia robota i wyłączenie skrzynki sterowniczej.
- **Informacje o:** Szczegółowe informacje o wersjach oprogramowania, nazwie hosta, adresie IP, numerze seryjnym i informacje prawne.

## 11.5 Ekran inicjowania



Na tym ekranie można sterować inicjowaniem ramienia robota.

### Wskaźnik stanu ramienia robota

Dioda stanu wskazuje stan roboczy ramienia robota:

- Jasnoczerwona dioda oznacza, że ramię robota jest aktualnie w stanie zatrzymanym, może być kilka przyczyn.
- Jasnożółta dioda oznacza, że ramię robota jest włączone, ale nie jest gotowe do normalnej pracy.
- Zielona dioda oznacza, że ramię robota jest włączone i gotowe do normalnej pracy.

Napis pojawiający się obok diody dokładniej określa aktualny stan ramienia robota.

### Aktywne obciążenie i instalacja

Kiedy ramię robota jest włączane, masa obciążenia zastosowana w sterowniku do obsługi ramienia robota jest wyświetlana w małym, białym polu tekstowym. Tą

wartość można zmienić, dotykając pola tekstowego i wprowadzając nową. Należy pamiętać, że ustawienie tej wartości nie zmienia obciążenia w instalacji robota (zob. 13.6), ustawiana jest tylko masa obciążenia, która ma być wykorzystywana przez sterownik.

Podobnie nazwa aktualnie załadowanego pliku instalacji jest wyświetlana w szarym polu tekstowym. Możliwe jest załadowanie innej instalacji przez dotknięcie pola tekstowego lub użycie znajdującego się obok przycisku *Załaduj*. Możliwe jest również dostosowanie załadowanej instalacji za pomocą przycisków znajdujących się przy widoku 3D w dolnej części ekranu.

Zanim ramię robota zostanie uruchomione, bardzo ważne jest sprawdzenie, czy aktywne obciążenie i aktywna instalacja odpowiadają rzeczywistej sytuacji, w jakiej znajduje się ramię robota.

## Inicjowanie ramienia robota



### NIEBEZPIECZEŃSTWO:

Przed każdym uruchomieniem ramienia robota należy sprawdzić, czy rzeczywiste obciążenie i instalacja są prawidłowe. Jeśli te ustawienia będą błędne, ramię robota i skrzynka sterownicza nie będą działać prawidłowo i mogą stanowić zagrożenie dla osób i wyposażenia w ich pobliżu.



### PRZESTROGA:

Należy zachować wielką ostrożność, jeśli ramię robota dotyka przeszkody lub stołu, ponieważ dociskanie ramienia do przeszkody może uszkodzić przekładnię przegubu.

Duży przycisk z umieszczoną na nim zieloną ikoną służy do wykonywania rzeczywistego inicjowania ramienia robota. Napis na nim i wykonywane czynności zależą od aktualnego stanu ramienia robota.

- Po uruchomieniu komputera PC sterownika należy jeden raz nacisnąć przycisk, aby włączyć ramię robota. Stan ramienia robota zmieni się wtedy na *Włączenie zasilania*, a następnie na *Bezczynny*. Należy pamiętać, że przy zatrzymaniu awaryjnym zasilanie ramienia robota nie jest możliwe, więc przycisk ten będzie nieaktywny.
- Kiedy stan robota to *Bezczynny*, należy ponownie dotknąć przycisku w celu uruchomienia ramienia. W takiej chwili sprawdzane są dane z czujników pod kątem skonfigurowanego mocowania ramienia robota. Jeśli zostanie wykryta niezgodność (z tolerancją 30°), przycisk staje się nieaktywny, a pod nim wyświetlany jest komunikat o błędzie.

Jeśli weryfikacja mocowania będzie pomyślna, dotknięcie przycisku spowoduje zwolnienie wszystkich hamulców przegubów i ramię robota będzie gotowe do normalnej pracy. Należy pamiętać, że przy zwalnianiu hamulców robot wydaje dźwięk i nieznacznie się porusza.

## 11.5 Ekran inicjowania

---

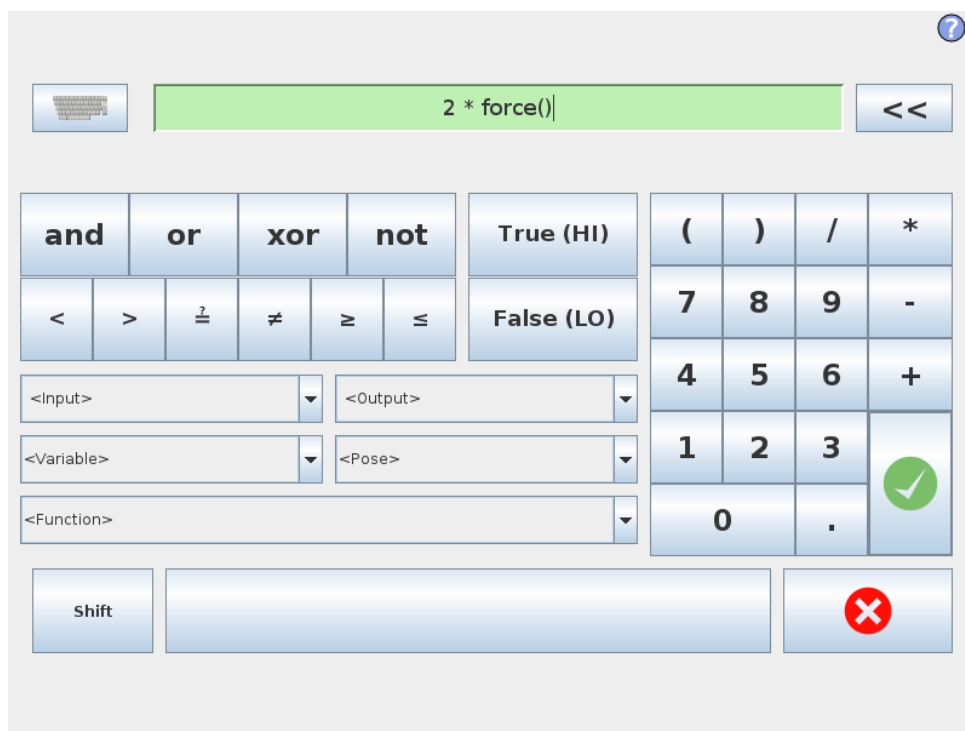
- Jeśli ramię robota naruszy jeden z limitów bezpieczeństwa podczas uruchamiania, będzie działać w specjalnym *trybie przywracania*. W tym trybie dotknięcie przycisku spowoduje przełączenie do ekranu ruchu przywracającego, w którym ramię robota można wycofać do limitów bezpieczeństwa.
- W przypadku wystąpienia awarii możliwe jest ponowne uruchomienie sterownika za pomocą przycisku.
- Jeśli sterownik aktualnie nie pracuje, dotknięcie przycisku spowoduje jego uruchomienie.

Mniejszy przycisk z umieszczoną na nim czerwoną ikoną służy do wyłączenia zasilania ramienia robota.



## 12 Edytory ekranowe

### 12.1 Ekranowy edytor wyrażeń



Podczas gdy samo wyrażenie jest edytowane jako tekst, to edytor wyrażeń ma kilka przycisków i funkcji do wstawiania specjalnych symboli wyrażeń, takich jak \* dla mnożenia oraz < dla mniejsze lub równe. Przycisk symbolu klawiatury w lewym górnym rogu ekranu przełącza na edycję tekstową wyrażenia. Wszystkie zdefiniowane zmienne można znaleźć w selektorze Zmienne, natomiast nazwy portów wejścia i wyjścia można znaleźć w selektorach Wejście i Wyjście. Niektóre funkcje specjalne są dostępne w selektorze Funkcja.

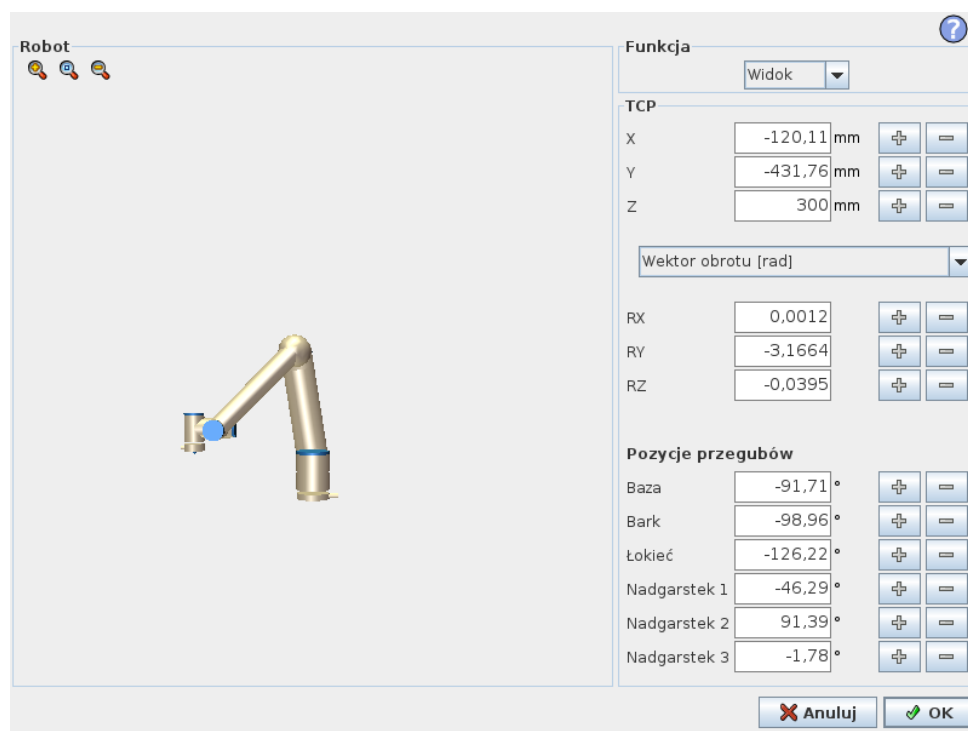
Wyrażenie jest sprawdzane pod kątem błędów gramatycznych po naciśnięciu przycisku Ok. Naciśnięcie przycisku Anuluj powoduje wyjście z ekranu z odrzuceniem wszystkich zmian.

Wyrażenie może wyglądać następująco:

```
cyfrowe_we[1] = Prawda oraz analogowe_we[0] < 0.5
```

### 12.2 Ekran edytora postawy

Na tym ekranie można wyznaczyć docelowe położenia przegubów lub docelową postawę (pozycję i orientację) narzędzia robota. Ten ekran pracuje w „trybie offline” i nie kontroluje bezpośrednio ramienia robota.



## Robot

Bieżące położenie ramienia robota i wyznaczona nowa pozycja docelowa są przedstawiane w grafice 3D. Rysunek 3D ramienia robota pokazuje aktualną pozycję ramienia robota, a jego „cień” pokazuje jego pozycję docelową kontrolowaną przez wartości wyznaczone po prawej stronie ekranu. Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku.

Jeśli określona pozycja docelowa punktu TCP robota jest blisko płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalającej albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu limitu granicznego orientacji (zob. 10.12), przedstawiana jest reprezentacja 3D limitu granicznego w pobliżu.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są przedstawiane w kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny, po której aktywne są limity trybu *normalnego* (zob. 10.6). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy docelowy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, przedstawienie 3D nie jest już wyświetlane. Jeśli docelowy punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

## Pozycja narzędzia i funkcji

W prawym górnym rogu ekranu można znaleźć selektor funkcji. Selektor określa, względem której funkcji sterować ramieniem robota.

Pod selektorem funkcji wyświetlana jest nazwa aktualnie aktywnego punktu centralnego narzędzia (TCP). Więcej informacji o konfigurowaniu kilku punktów TCP zawiera 13.6. W polach tekstowych znajdują się pełne wartości współrzędnych tego punktu TCP względem wybranej funkcji. Wartości X, Y i Z kontrolują pozycję narzędzia, natomiast  $R_X$ ,  $R_Y$  i  $R_Z$  kontrolują jego orientację.

W rozwijanym menu powyżej pól  $R_X$ ,  $R_Y$  i  $R_Z$  można zmienić sposób przedstawienia orientacji. Dostępne typy to:

- **Wektor obrotu [rad]** Orientacja jest przedstawiona w formie *wektora obrotu*. Długość osi to kąt obrotu podany w radianach, a sam wektor określa oś, dookoła której dokonuje się obrót. To ustawienie jest domyślne.
- **Wektor obrotu [°]** Orientacja jest podana w formie *wektora obrotu*, którego długość odpowiada kątowi obrotu w stopniach.
- **RPY [rad]** Kąty *obrotu, nachylenia i odchylenia* (RPY – Roll/Pitch/Yaw), gdzie kąty podane są w radianach. Macierz obrotu RPY (obróty X, Y', Z'') jest zdefiniowana przez:

$$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- **RPY [°]** *obróty, nachylenie i odchylenie* (RPY), gdzie kąty są podane w stopniach.

Wartości można edytować, klikając daną współrzędną. Kliknięcie przycisku + lub – z prawej strony pola pozwala na dodanie lub odjęcie pewnej wielkości do lub od wartości bieżącej. Przyciśnięcie i przytrzymanie przycisku spowoduje bezpośrednie zwiększenie lub zmniejszenie wartości. Im dłużej trwa przytrzymanie przycisku, tym większa będzie wartość powiększenia lub zmniejszenia.

## Pozycje przegubów

Pozwala na bezpośrednie określenie pozycji poszczególnych przegubów. Każde położenie przegubu może mieć przypisaną wartość w zakresie od  $-360^\circ$  do  $+360^\circ$ , który odpowiada *limitom przegubu*. Wartości można edytować, klikając daną pozycję przegubu. Kliknięcie przycisku + lub – z prawej strony pola pozwala na dodanie lub odjęcie pewnej wielkości do lub od wartości bieżącej. Przyciśnięcie i przytrzymanie przycisku spowoduje bezpośrednie zwiększenie lub zmniejszenie wartości. Im dłużej trwa przytrzymanie przycisku, tym większa będzie wartość powiększenia lub zmniejszenia.

## Przycisk OK

Jeśli ekran został aktywowany z karty Ruch (zob. 13.1), kliknięcie przycisku OK spowoduje powrót do karty Ruch, w której robot przejdzie do wyznaczonego miejsca docelowego. Jeśli ostatnią wyznaczoną wartością jest współrzędna narzędzia, ramię robota przesunie się do pozycji docelowej ruchem typu *RuchL*, jeśli natomiast ostatnią wartością jest pozycja przegubu, ruch będzie typu *RuchJ*. Różne typy ruchu opisuje 14.5.

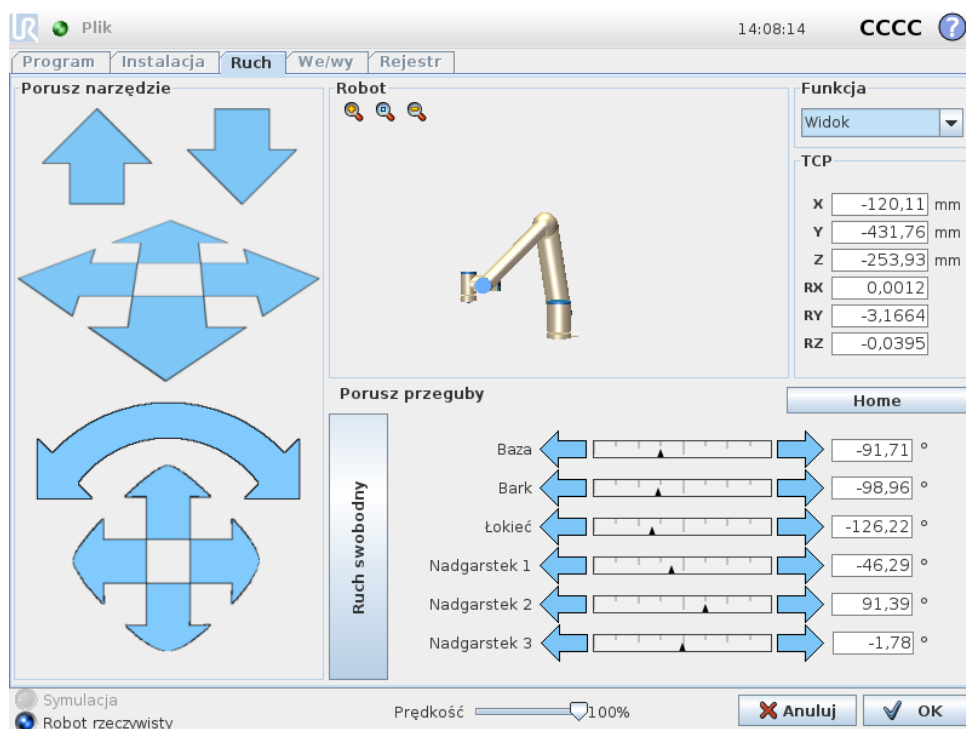
## Przycisk Anuluj

Kliknięcie przycisku *Anuluj* powoduje wyjście z ekranu z odrzuceniem wszystkich zmian.

# 13 Sterowanie robotem

## 13.1 Karta Ruch

Na tym ekranie zawsze można przesunąć ramię robota bezpośrednio (skokowo) albo przez przesuwanie i obracanie narzędzia robota, albo przez przemieszczanie przegubów robota osobno.



### 13.1.1 Robot

Bieżąca pozycja ramienia robota jest pokazana na grafice 3D. Naciśnięcie ikony szkła powiększającego pozwala na powiększenie lub oddalenie, a przeciągnięcie palcem po ekranie na zmianę widoku. Aby uzyskać najlepsze poczucie kontroli nad ramieniem robota, należy wybrać funkcję *Widok* i obrócić kąt podglądu rysunku 3D tak, aby dopasować go do swojego punktu widzenia rzeczywistego ramienia robota.

Jeśli bieżąca pozycja docelowa punktu TCP robota zbliży się do płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalającej albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu limitu granicznego orientacji (zob. 10.12), przedstawiana jest reprezentacja 3D pobliskiego limitu granicznego. Należy pamiętać, że kiedy robot wykonuje program, wizualizacja limitów granicznych jest wyłączona.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są przedstawiane w

kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny, po której aktywne są limity trybu *normalnego* (zob. 10.6). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, reprezentacja 3D nie jest już wyświetlana. Jeśli punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

### 13.1.2 Pozycja narzędzia i funkcji

W prawym górnym rogu ekranu można znaleźć selektor funkcji. Określa on, względem której funkcji sterować ramieniem robota.

Nazwa aktualnie aktywnego punktu centralnego narzędzia (TCP) jest wyświetlana pod selektorem funkcji. W polach tekstowych znajdują się pełne wartości współrzędnych tego punktu TCP względem wybranej funkcji. Więcej informacji o konfigurowaniu kilku punktów TCP zawiera 13.6.

Wartości można zmienić ręcznie przez kliknięcie współrzędnych lub pozycji przegubu. Spowoduje to przejście do ekranu edytora postawy (zob. 12.2), gdzie możliwe jest określenie pozycji docelowej oraz orientacji narzędzia lub docelowych pozycji przegubów.

### 13.1.3 Porusz narzędzie

- Przytrzymanie naciśniętej strzałki przesunięcia (góra) przesuń koniec końcówkę narzędziową robota we wskazanym kierunku.
- Przytrzymanie naciśniętej strzałki obrotu (dół) zmieni orientację narzędzia robota we wskazanym kierunku. Punktem obrotu będzie punkt centralny narzędzia (TCP), czyli punkt na końcu ramienia robota, będący punktem charakterystycznym narzędzia robota. Punkt centralny narzędzia (TCP) jest przedstawiany jako mała niebieska kula.

Uwaga: Zwolnienie przycisku powoduje natychmiastowe zatrzymanie ruchu!

### 13.1.4 Porusz przeguby

Pozwala na bezpośrednie kontrolowanie poszczególnych przegubów. Każdy przegub ma możliwość ruchu w zakresie od  $-360^\circ$  do  $+360^\circ$ , są to domyślne *ograniczenia przegubów* wskazywane dla każdego z nich na poziomym pasku. Kiedy przegub dotrze do swojego ograniczenia, nie będzie można go odsunąć jeszcze bardziej. Jeśli limity dla przegubu zostaną skonfigurowane z zakresem pozycji innym niż domyślny (zob. 10.11), to zakres ten jest oznaczony na poziomym pasku w kolorze czerwonym.

### 13.1.5 Ruch swobodny

Kiedy zostanie przytrzymany przycisk *Ruch swobodny*, można fizycznie chwycić ramię robota i przeciągnąć je do pozycji, w której powinno się znajdować. Jeśli ustawienie grawitacji (zob. 13.7) na karcie *Konfiguracja* będzie nieprawidłowe

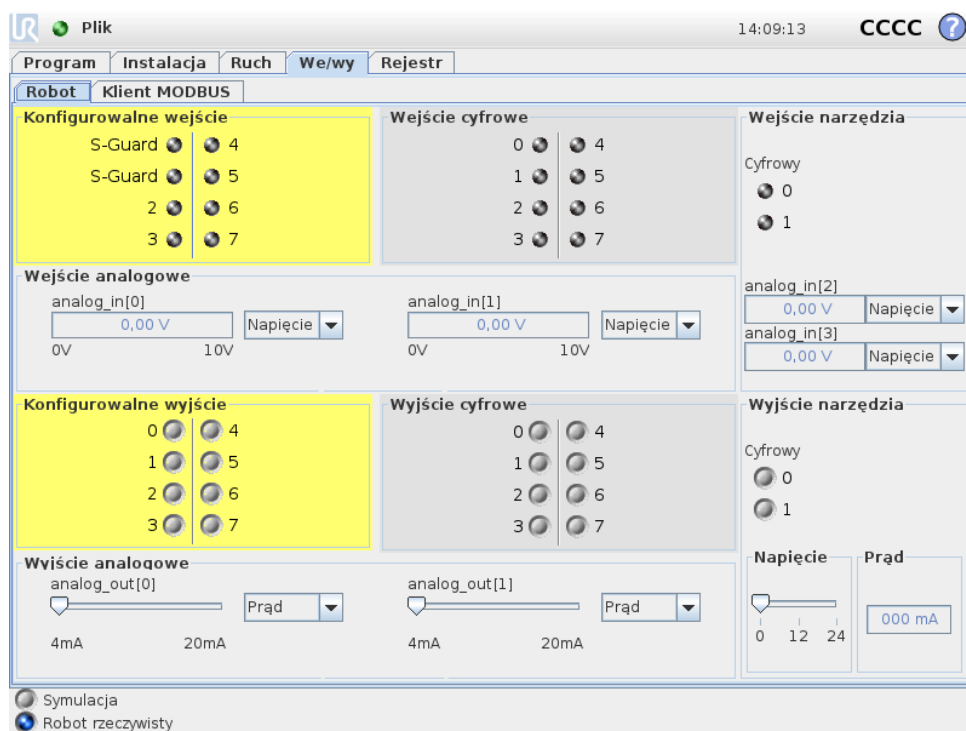
lub ramię robota będzie przenosić ciężki przedmiot, po naciśnięciu przycisku *Ruch swobodny* może dojść do ruchu (opadania) robota. W tym przypadku wystarczy ponownie zwolnić przycisk *Ruch swobodny*.



#### OSTRZEŻENIE:

1. Koniecznie należy używać właściwych ustawień instalacji (np. kąt mocowania robota, ciężar w punkcie TCP, odsunięcie TCP). Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane z programem.
2. Przed użyciem przycisku *Ruch swobodny* należy sprawdzić prawidłowość ustawień TCP i mocowania robota. Jeśli te ustawienia będą nieprawidłowe, ramię robota będzie się poruszać po naciśnięciu przycisku *Ruch swobodny*.
3. Funkcji ruchu swobodnego (impedancja/wycofanie) wolno używać tylko w instalacjach, w których ocena ryzyka to dopuszcza. Narzędzia i przeszkody nie powinny mieć ostrych krawędzi ani wprowadzać punktów zgniecenia. Cały personel musi pozostawać poza zasięgiem ramienia robota.

## 13.2 Karta we/wy



The screenshot displays the 'We/wy' (I/O) configuration screen in the Universal Robots software. The interface is organized into several panels:

- Konfigurowalne wejście (Configurable inputs):** Shows four input channels (S-Guard, 2, 3) with sliders for voltage (0V to 10V) and dropdown menus for 'Napięcie' (Voltage).
- Wejście analogowe (Analog inputs):** Shows two channels (analog\_in[0], analog\_in[1]) with sliders for voltage (0V to 10V) and dropdown menus for 'Napięcie'.
- Konfigurowalne wyjście (Configurable outputs):** Shows four output channels (0, 1, 2, 3) with sliders for current (4mA to 20mA) and dropdown menus for 'Prąd' (Current).
- Wyjście analogowe (Analog outputs):** Shows two channels (analog\_out[0], analog\_out[1]) with sliders for current (4mA to 20mA) and dropdown menus for 'Prąd'.
- Wejście cyfrowe (Digital inputs):** Shows four channels (0, 1, 2, 3) with status indicators.
- Wyjście cyfrowe (Digital outputs):** Shows four channels (0, 1) with status indicators.
- Wejście narzędzia (Tool inputs):** Shows digital and analog input settings for the tool.
- Wyjście narzędzia (Tool outputs):** Shows digital and analog output settings for the tool, including a current display (000 mA).

At the bottom, there are radio buttons for 'Symulacja' (Simulation) and 'Robot rzeczywisty' (Real robot).

Na tym ekranie można zawsze monitorować i ustawiać aktualne sygnały wejściowe i wyjściowe skrzynki sterowniczej robota. Ekran wyświetla bieżący stan wejść/wyjść, także podczas wykonywania programu. Jeśli podczas wykonywania programu co-

kolwiek zostanie zmienione, program zostanie zatrzymany. W momencie zatrzymania programu wszystkie sygnały wyjścia zachowują swój stan. Ekran jest aktualizowany z częstotliwością zaledwie 10 Hz, tak więc bardzo szybki sygnał może nie być wyświetlany prawidłowo.

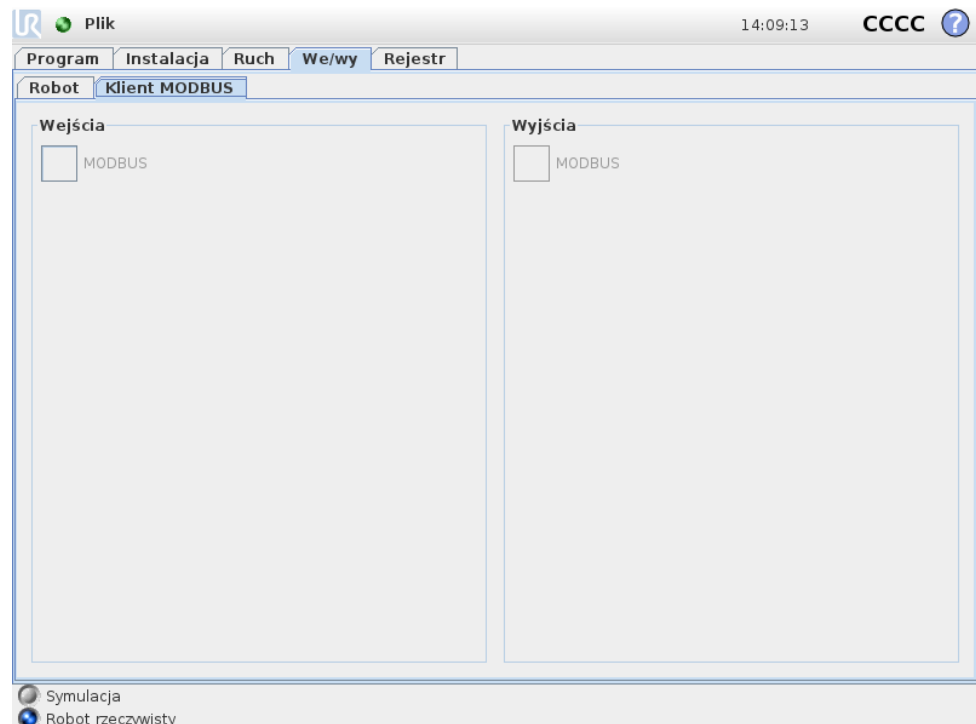
Konfigurowalne sygnały we/wy można zarezerwować dla specjalnych ustawień bezpieczeństwa zdefiniowanych w sekcji konfiguracyjnej we/wy bezpieczeństwa dla instalacji (zob. 10.13). Sygnały zarezerwowane będą miały nazwę funkcji bezpieczeństwa zamiast nazwy domyślnej lub zdefiniowanej przez użytkownika. Konfigurowalne wyjścia zarezerwowane dla ustawień bezpieczeństwa są nieprzełączalne i zawsze będą wyświetlane wyłącznie jako diody.

Szczegóły elektryczne sygnałów są opisane w podręczniku użytkownika.

**Ustawienia w domenie analogowej** Wyjścia i wejścia analogowe można ustawić albo jako prądowe [4–20 mA], albo napięciowe [0–10 V]. Kiedy program zostanie zapisany, to ustawienia te zostaną zapamiętane do ewentualnych późniejszych ponownych uruchomień sterownika robota.

## 13.3 We/wy klienta MODBUS

Tutaj pokazane są cyfrowe sygnały we/wy klienta MODBUS skonfigurowane w instalacji. W razie utraty połączenia sygnału, odpowiadający mu element na tym ekranie zostaje wyłączony.



### Wejścia

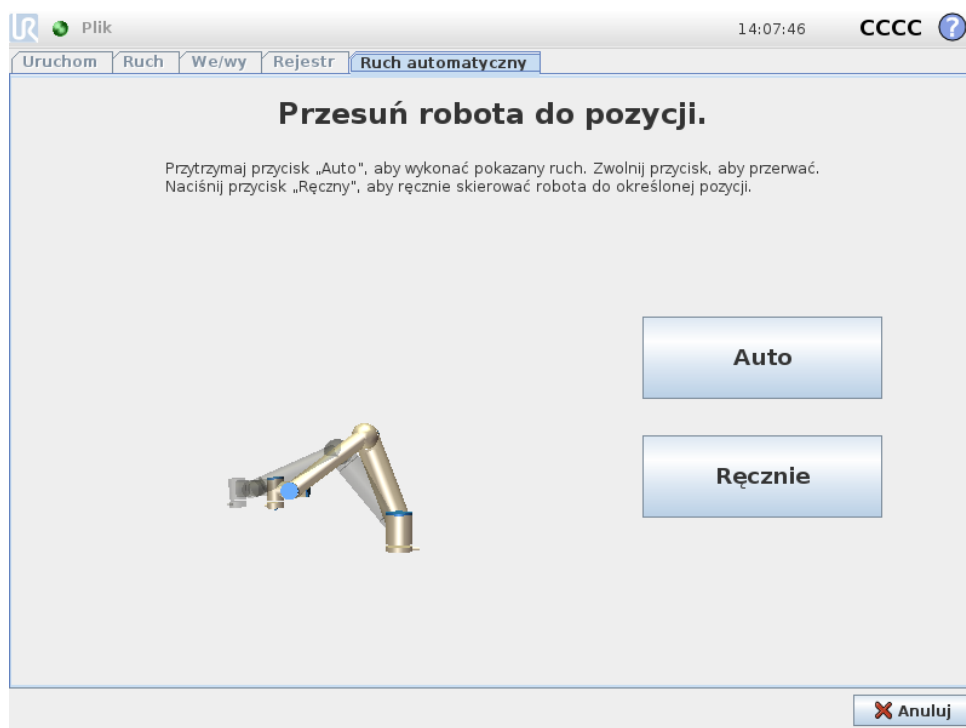
Wyświetlanie stanu cyfrowych wejść klienta MODBUS.

## Wyjścia

Wyświetlanie i przełączanie stanu cyfrowych wyjść klienta MODBUS. Sygnał może być przełączany tylko wtedy, kiedy pozwala na to pole wyboru karty kontroli we/wy (opisane w 13.8).

## 13.4 Karta Ruch automatyczny

Karta Ruch automatyczny jest przydatna, kiedy konieczne jest przeniesienie ramienia robota do szczególnej pozycji w przestrzeni roboczej. Do przykładów można zaliczyć przeniesienie ramienia robota do pozycji początkowej programu przed jego wykonaniem lub przeniesienie do punktu orientacyjnego na czas modyfikowania programu.



## Animacja

Animacja pokazuje ruch ramienia robota, który zostanie za chwilę wykonany.



### PRZESTROGA:

Animację należy porównać z pozycją prawdziwego ramienia robota w celu sprawdzenia, czy ramię może bezpiecznie wykonać ruch bez kolizji z żadnymi przeszkodami.



### PRZESTROGA:

Funkcja ruchu automatycznego wykonuje ruch robota wzdłuż trajektorii cienia. Kolizje mogą spowodować uszkodzenie robota lub innego wyposażenia.

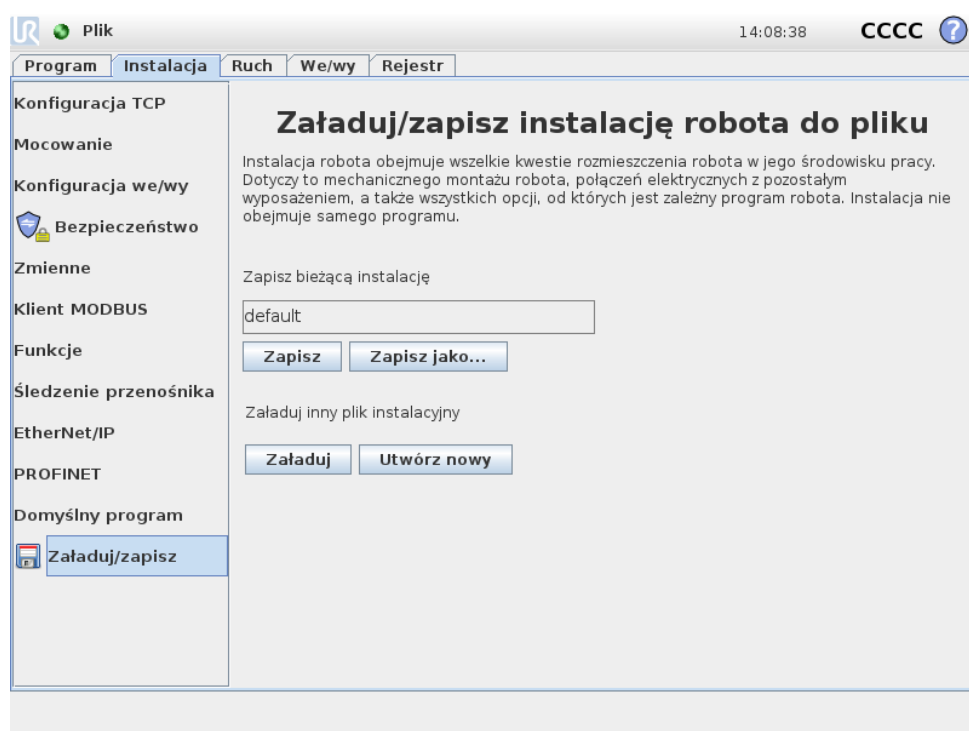
## Auto

Aby przesunąć ramię robota tak, jak pokazano na animacji, należy nacisnąć i przytrzymać przycisk **Auto**. Uwaga: *Zwolnienie przycisku powoduje natychmiastowe zatrzymanie ruchu!*

## Ręcznie

Naciśnięcie przycisku **Ręcznie** spowoduje przejście do karty **Ruch**, na której możliwe jest ręczne przemieszczanie ramienia robota. Jest to konieczne tylko wtedy, kiedy ruch przedstawiony na animacji nie jest optymalny.

## 13.5 Instalacja → Załaduj/zapisz



Instalacja robota obejmuje kwestie rozmieszczenia ramienia robota i skrzynki sterowniczej w środowisku pracy. Dotyczy to mechanicznego montażu ramienia robota, połączeń elektrycznych z pozostałym wyposażeniem, a także wszystkich opcji, od których jest zależny program robota. Instalacja nie obejmuje samego programu.

Te ustawienia można określać na różnych ekranach karty **Instalacja** za wyjątkiem danych **we/wy**, które określa się na karcie **We/Wy** (zob. 13.2).

Można mieć więcej niż jeden plik instalacji dla danego robota. Stworzone programy będą korzystać z aktywnej instalacji i będą ją automatycznie ładować, kiedy będą wykorzystywane.

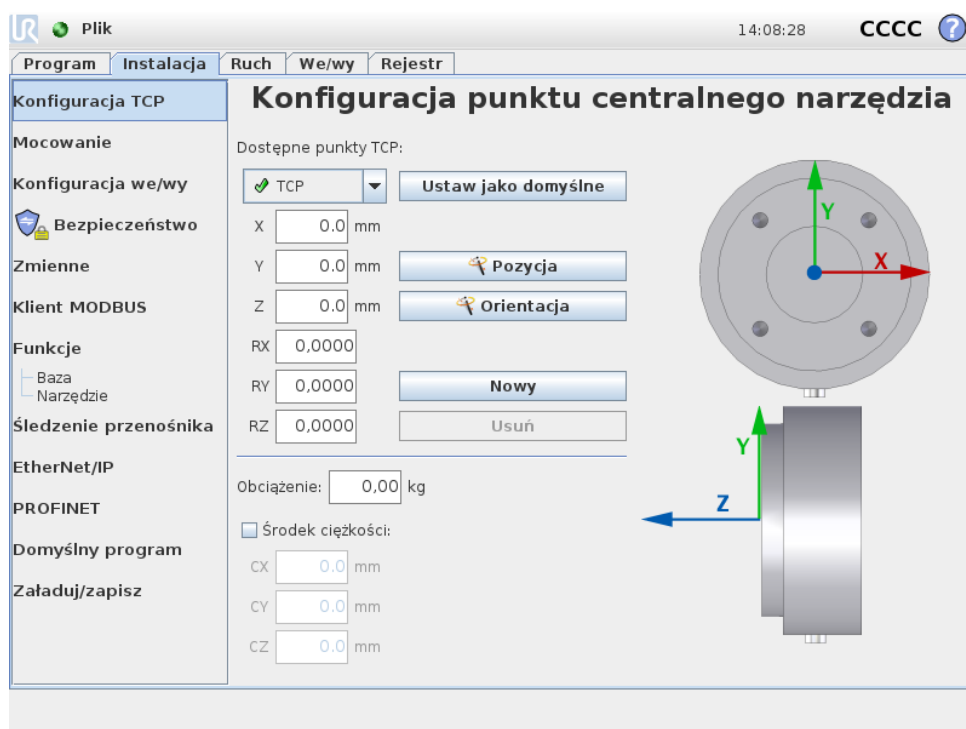
Wszelkie zmiany w instalacji muszą zostać zapisane, aby zostały zachowane po wyłączeniu zasilania. Jeśli istnieją jakiegokolwiek niezapisane dane instalacji, obok napisu **Załaduj/zapisz** z lewej strony karty **Instalacja** wyświetlana jest ikona dyskietki.

Instalację można zapisać, naciskając przycisk **Zapisz** lub **Zapisz jako...** Zapisanie programu także powoduje zapisanie aktywnej instalacji. Aby załadować inny plik instalacji, należy nacisnąć przycisk **Załaduj**. Naciśnięcie przycisku **Utwórz** nowy przywraca wszystkie ustawienia instalacji robota do wartości domyślnych.

**PRZESTROGA:**

Nie zaleca się używania robota przy instalacji ładowanej z nośnika USB. Aby zastosować instalację zapisaną na nośniku USB, należy ją najpierw załadować, a następnie zapisać w lokalnym folderze programu za pomocą przycisku **Zapisz jako...**

## 13.6 Instalacja → Konfiguracja punktu centralnego narzędzia (TCP)



*Punkt centralny narzędzia (TCP)* to punkt charakterystyczny w narzędziu robota. Na tym ekranie można zdefiniować kilka punktów TCP. Każdy punkt TCP zawiera informacje o translacji i rotacji względem środka kołnierza wyjściowego narzędzia, tak jak przedstawiono na rysunku. Współrzędne pozycji X, Y i Z określają pozycję punktu TCP, a parametry RX, RY i RZ określają jego obrót. Kiedy wszystkie te wartości są równe zero, punkt TCP pokrywa się z punktem środkowym kołnierza wyjściowego narzędzia i przyjmuje układ współrzędnych widoczny z prawej strony ekranu.

### 13.6.1 Dodawanie, modyfikowanie i usuwanie punktów TCP

Aby zdefiniować nowy punkt TCP, należy nacisnąć przycisk **Nowy**. Utworzony punkt TCP automatycznie dostaje unikalną nazwę i zostaje wybrany w rozwijanym menu.

Translację i rotację wybranego punktu TCP można zmienić, dotykając odpowiednich białych pól tekstowych i wprowadzając nowe wartości.

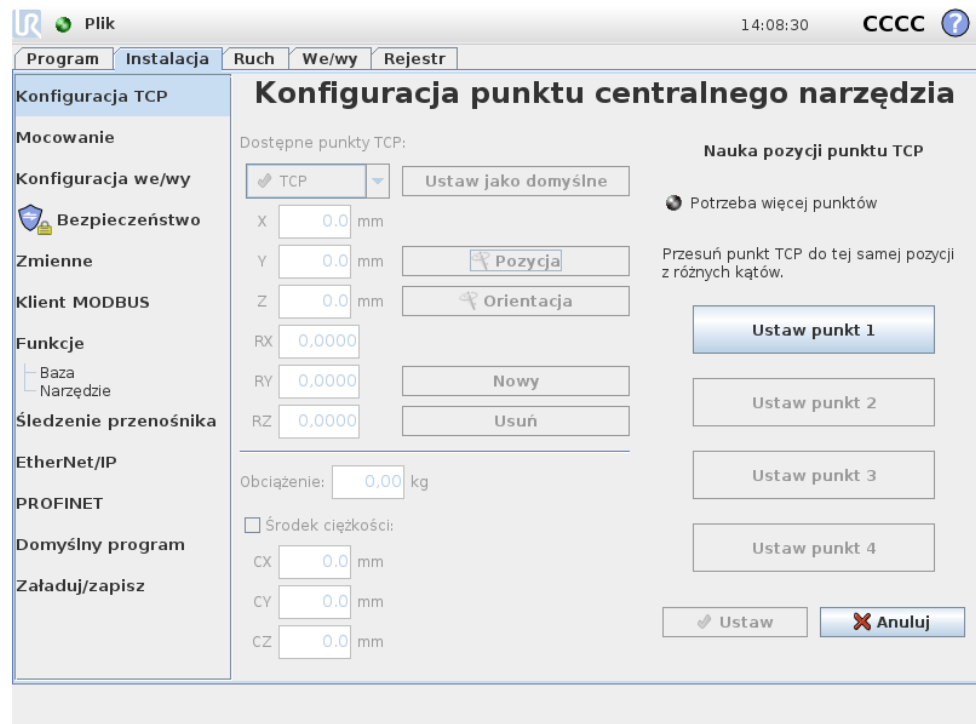
Aby usunąć wybrany punkt TCP, wystarczy nacisnąć przycisk **Usuń**. Nie jest możliwe usunięcie ostatniego punktu TCP.

### 13.6.2 Domyślny i aktywny punkt TCP

Dokładnie jeden ze skonfigurowanych punktów TCP jest *domyślnym*. Domyślny punkt TCP jest oznaczony w rozwijanym menu TCP zieloną ikoną z lewej strony nazwy. Aby ustawić aktualnie wybrany punkt TCP jako domyślny, należy nacisnąć przycisk **Ustaw jako domyślne**.

Odsunięcie punktu TCP jest zawsze stosowane jako *aktywne* przy wyznaczaniu wszystkich ruchów liniowych w przestrzeni kartezjańskiej. Na karcie grafiki również wizualizowany jest ruch aktywnego punktu TCP (zob. 14.29). Przed wykonaniem dowolnego programu, a także przed jego uruchomieniem, jako aktywny ustawiany jest domyślny punkt TCP. Wewnątrz programu dowolny z określonych punktów TCP może stać się aktywnym dla wybranego ruchu robota (zob. 14.5 oraz 14.10).

### 13.6.3 Uczenie pozycji punktu TCP



Współrzędne pozycji punktu TCP można obliczyć automatycznie, w tym celu należy:

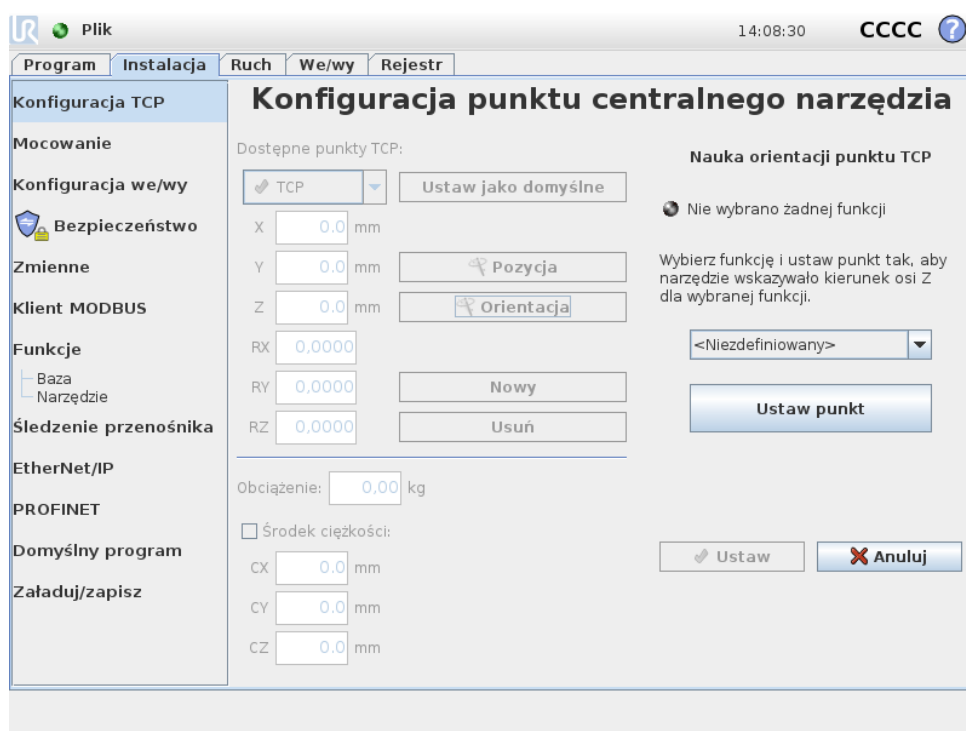
1. Dotknąć przycisku **Pozycja**.
2. Wybrać stały punkt w przestrzeni roboczej robota.
3. Za pomocą przycisków z prawej strony ekranu przesunąć punkt TCP do wybranego punktu pod co najmniej trzema różnymi kątami, następnie zapisać odpowiadające pozycje kołnierza wyjściowego narzędzia.

4. Sprawdzić obliczone współrzędne TCP i ustawić je w wybranym punkcie TCP za pomocą przycisku *Ustaw*.


Należy pamiętać, że obliczenie może być prawidłowe tylko wtedy, kiedy pozycje będą odpowiednio różne. W innym przypadku dioda stanu powyżej przycisków zmieni kolor na czerwony.

Ponadto można użyć czwartej pozycji do weryfikacji prawidłowości obliczenia, nawet jeśli wyznaczenie właściwego punktu TCP jest zwykle możliwe już przy trzech pozycjach. Jakość każdego zapisanego punktu względem obliczonego TCP jest wskazywana poprzez zieloną, żółtą lub czerwoną diodę przy odpowiadającym przycisku.

### 13.6.4 Uczenie orientacji TCP



Orientację TCP można obliczyć automatycznie, w tym celu należy:

1. Dotknąć przycisku  *Orientacja*.
2. Wybrać funkcję z rozwijanej listy. Więcej informacji o sposobie definiowania nowych funkcji zawiera p. 13.12.
3. Za pomocą przycisku poniżej wykonać przesunięcie do pozycji, w której orientacja narzędzia właściwa dla TCP pokrywa się z układem współrzędnych wybranej funkcji.
4. Sprawdzić obliczoną orientację TCP i ustawić ją w wybranym punkcie TCP za pomocą przycisku *Ustaw*.

### 13.6.5 Obciążenie

Masa narzędzia robota jest określona w dolnej części ekranu. To ustawienie można zmienić dotykając białego pola tekstowego i wprowadzając nową masę. Ustawie-

nie dotyczy wszystkich zdefiniowanych punktów TCP.

Szczegółowe informacje dotyczące dopuszczalnego obciążenia są podane w Podręczniku instalacji sprzętu.

### 13.6.6 Środek ciężkości

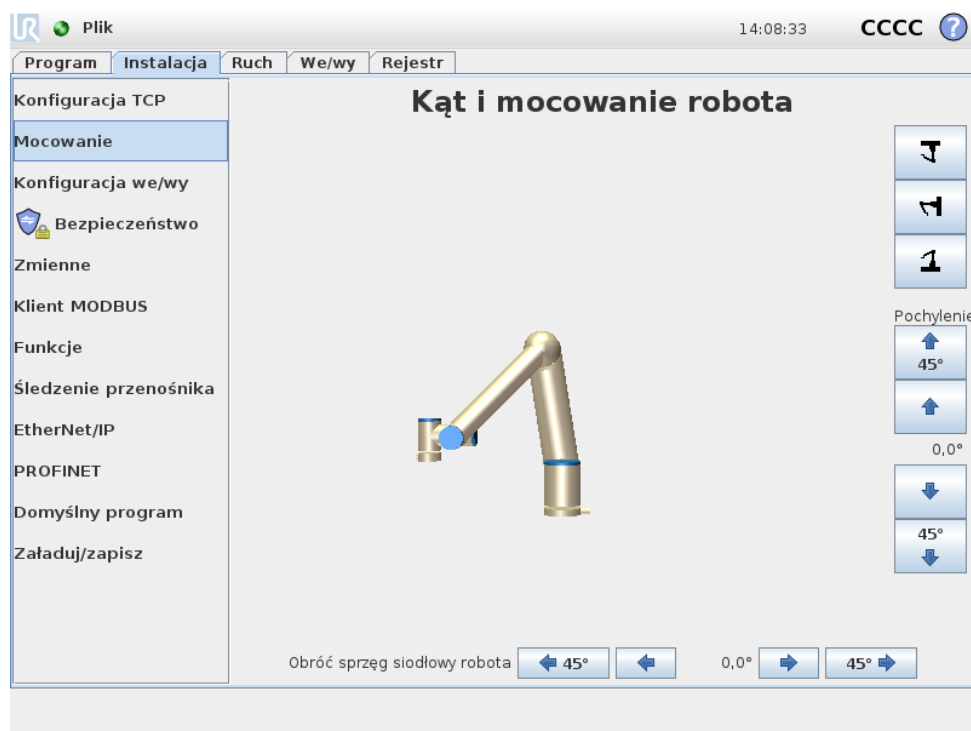
Środek ciężkości narzędzia można opcjonalnie określić w polach CX, CY i CZ. W przypadku braku innej definicji zakłada się, że środek ciężkości narzędzia pokrywa się z punktem centralnym narzędzia TCP. Ustawienie dotyczy wszystkich zdefiniowanych punktów TCP.



**OSTRZEŻENIE:**

Należy używać właściwych ustawień instalacji. Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane z programem.

## 13.7 Instalacja → Mocowanie



Można tutaj podać mocowanie ramienia robota. Spełnia to dwa cele:

1. Powoduje, że ramię robota jest prawidłowo przedstawione na ekranie.
2. Mówi sterownikowi, w jakim kierunku działa siła ciężenia.

Sterownik wykorzystuje zaawansowany model dynamiki, aby zapewnić płynne i precyzyjne ruchy ramienia robota oraz samoczynne podtrzymywanie ramienia przy włączonym trybie *ruchu swobodnego*. Z tego powodu istotne jest prawidłowe ustawienie mocowania ramienia robota.



**OSTRZEŻENIE:**

Zaniedbanie właściwego ustawienia mocowania ramienia robota może spowodować częste zatrzymania ochronne i/lub doprowadzić do ruchu ramienia robota po naciśnięciu przycisku ruchu swobodnego.

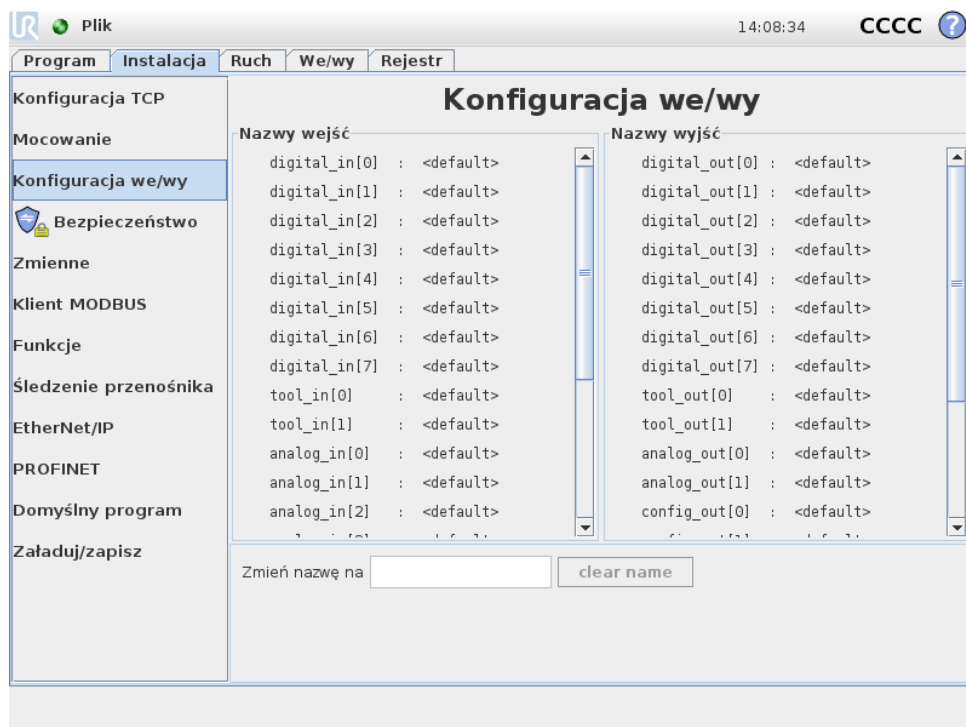
Standardowo zakłada się, że ramię robota jest zamontowane na płaskim stole lub na podłodze, w takim przypadku na tym ekranie nie trzeba wprowadzać żadnych zmian. Jeśli jednak ramię robota jest *zamontowane na suficie*, *zamontowane na ścianie* lub zamontowane pod kątem, wymagane jest wprowadzenie zmian za pomocą przycisków. Przyciski po prawej stronie ekranu służą do zmiany kąta zamontowania ramienia robota. Trzy górne przyciski po prawej stronie ustawiają kąt na *sufit* (180°), *ścianę* (90°), *podłogę* (0°). Dowolny kąt można ustawić za pomocą przycisków *Pochylenie*. Przyciski w dolnej części ekranu służą do obracania mocowania ramienia robota tak, aby zgadzało się z rzeczywistym zamocowaniem.



**OSTRZEŻENIE:**

Należy używać właściwych ustawień instalacji. Pliki instalacji powinny być zapisywane i ładowane z programem.

13.8 Instalacja → Konfiguracja we/wy



Copyright © 2009–2016, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

Sygnalom wejścia i wyjścia można nadawać nazwy. Ułatwia to zapamiętanie, jaką czynność wykonuje dany sygnał przy pracy z robotem. Wybierz wejście/wyjście, klikając je, a następnie ustaw nazwę przy pomocy wyświetlanej na ekranie klawiatury. Można wyzerować nazwę, ustawiając w niej tylko puste znaki.

Do uruchomienia czynności może służyć osiem standardowych wejść cyfrowych oraz dwa wejścia narzędzia. Do dostępnych czynności należy zdolność uruchamiania, zatrzymywania i wstrzymywania bieżącego programu na zboczu narastającym oraz wejście i opuszczenie trybu ruchu swobodnego przy wysokim/niskim stanie wejścia (np. przycisk Ruch swobodny z tyłu sterownika uczenia).

Domyślne zachowanie sygnałów wyjściowych przewiduje utrzymanie wartości po zatrzymaniu wykonywania programu. Możliwe jest także takie skonfigurowanie wyjścia, aby przyjmowało wartość domyślną, kiedy nie jest wykonywany żaden program.

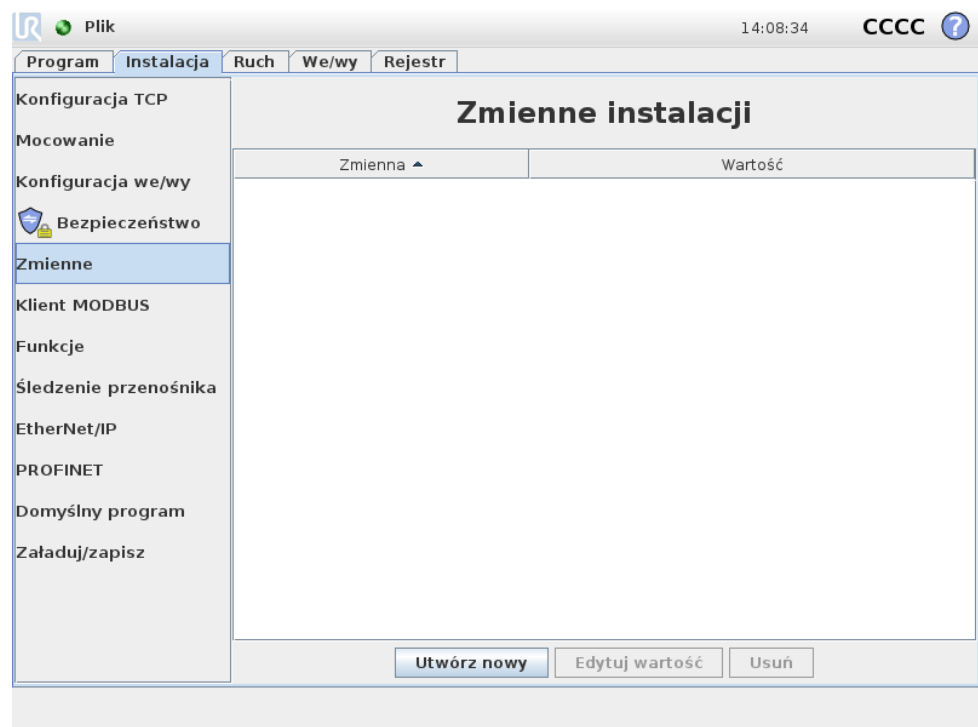
Osiem standardowych cyfrowych wyjść i dwa wyjścia narzędzia można ponadto skonfigurować tak, aby zależały od bieżącego wykonywania programu, gdzie sygnał wyjściowy ma stan wysoki przy wykonywaniu programu i niski w innych przypadkach.

Można także określić, czy wyjściem można sterować na karcie we/wy (albo przez programistów, albo przez operatorów oraz programistów), czy też jego wartość mogą zmieniać wyłącznie programy robota.

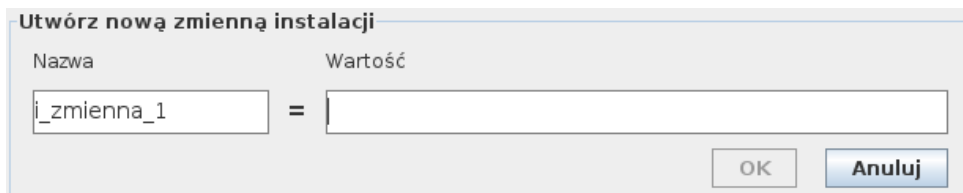
## 13.9 Instalacja → Bezpieczeństwo

Zob. rozdział 10.

## 13.10 Instalacja → Zmienne



Utworzone tu zmienne są nazywane zmiennymi instalacji i można ich używać tak, jak normalnych zmiennych programowych. Zmienne instalacji są specjalne, ponieważ zachowują swoje wartości nawet po zatrzymaniu i ponownym uruchomieniu programu, a także kiedy zostanie wyłączone i przywrócone zasilanie ramienia robota i/lub skrzynki sterowniczej. Ich nazwy i wartości są zapisywane razem z instalacją, można więc używać tej samej zmiennej w wielu programach.



Nazwa	Wartość
i_zmienna_1	=

Po naciśnięciu przycisku `Utwórz` nowy pojawi się panel z sugerowaną nazwą dla nowej zmiennej. Można zmienić nazwę, a wartość można wprowadzić dotykając jednego z pól tekstowych. Przycisk `OK` można kliknąć tylko wtedy, kiedy nowa nazwa nie jest używana w danej instalacji.

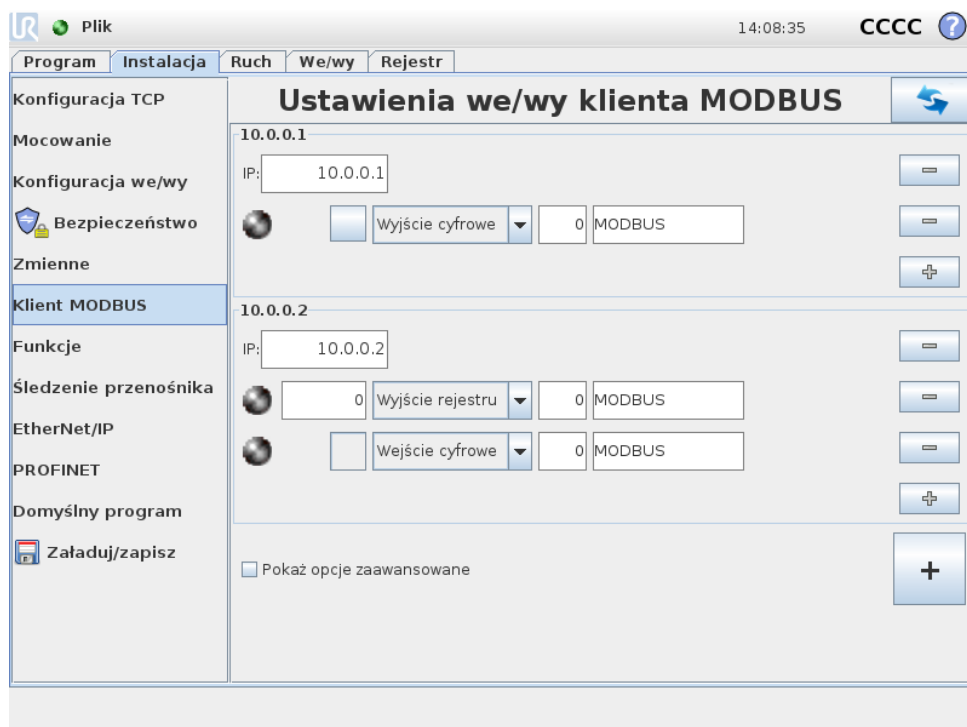
Można zmienić wartość zmiennej instalacji przez jej zaznaczenie na liście, a następnie kliknięcie opcji `Edytuj wartość`.

Aby usunąć zmienną, należy ją wybrać w liście i kliknąć przycisk `Usuń`.

Po skonfigurowaniu zmiennych instalacji zachowanie tej konfiguracji wymaga zapisania samej instalacji, zob. 13.5. Zmienne instalacji i ich wartości są także zapisywane automatycznie co 10 minut.

Jeśli załadowany zostanie program lub instalacja i jedna lub więcej zmiennych programowych będzie miało taką samą nazwę, co zmienne instalacji, użytkownik będzie miał do wyboru dwa rozwiązania tego problemu: zastosowanie zmiennych instalacji o danej nazwie zamiast zmiennych programowych lub automatyczną zmianę nazw zmiennych, które powodują konflikt.

## 13.11 Instalacja → Konfiguracja we/wy klienta MODBUS



Tutaj można skonfigurować sygnały klienta (mastera) MODBUS. Połączenie z serwerami (lub jednostkami podrzędnymi) MODBUS o określonym adresie IP można utworzyć za pomocą sygnałów wejścia/wyjścia (rejestrów lub cyfrowych). Każdy sygnał ma unikalną nazwę, można jej więc używać w programach.

### Odśwież

Naciśnięcie przycisku spowoduje odświeżenie wszystkich połączeń MODBUS.

### Dodaj urządzenie

Naciśnięcie przycisku spowoduje dodanie nowego urządzenia MODBUS.

### Usuń urządzenie

Naciśnięcie przycisku spowoduje usunięcie urządzenia MODBUS i wszystkich jego sygnałów.

### Ustaw IP urządzenia

Tutaj pokazany jest adres IP urządzenia MODBUS. Naciśnij przycisk, aby go zmienić.

### Dodaj sygnał

Naciśnięcie przycisku spowoduje dodanie sygnału do odpowiedniego urządzenia MODBUS.

## Usuń sygnał

Naciśnięcie przycisku spowoduje usunięcie sygnału z odpowiedniego urządzenia MODBUS.

## Ustaw typ sygnału

Przy pomocy tego menu rozwijanego można wybrać typ sygnału. Dostępne typy to:

- **Wejście cyfrowe:** Wejście cyfrowe (cewka) to jednobitowa wielkość odczytywana z urządzenia MODBUS z cewki podanej w polu adresowym sygnału. Wykorzystywany jest kod funkcji 0x02 (Odczytaj wejścia dyskretne).
- **Wyjście cyfrowe:** Wyjście cyfrowe (cewka) to wielkość jednobitowa, którą można ustawić w poziomie wysokim lub niskim. Do momentu, kiedy wartość tego wyjścia zostanie ustawiona przez użytkownika, jest ona odczytywana ze zdalnego urządzenia MODBUS. To oznacza, że stosowany jest kod funkcji 0x01 (Odczytaj cewki). Od chwili, kiedy wyjście zostanie ustawione przez program robota lub przez naciśnięcie przycisku „ustaw wartość sygnału”, używany jest już kod funkcji 0x05 (Zapisz pojedynczą cewkę).
- **Wejście rejestru:** Wejście rejestru to liczba 16-bitowa odczytywana z adresu podanego w polu adresu. Wykorzystywany jest kod funkcji 0x04 (Odczytaj rejestry wejścia).
- **Wyjście rejestru:** Wyjście rejestru to liczba 16-bitowa, której wartość może ustawić użytkownik. Zanim wartość rejestru zostanie ustawiona, wartość ta jest odczytywana ze zdalnego urządzenia MODBUS. To oznacza, że używany jest kod funkcji 0x03 (Odczytaj rejestry tymczasowe). Kiedy wyjście zostanie ustawione przez program robota lub przez określenie wartości sygnału w polu „ustaw wartość sygnału”, do ustawienia wartości w zdalnym urządzeniu MODBUS używany jest kod funkcji 0x06 (Zapisz pojedynczy rejestr).

## Ustaw adres sygnału

To pole pokazuje adres w zdalnym serwerze MODBUS. Można wybrać inny adres przy pomocy wyświetlanej na ekranie klawiatury numerycznej. Prawidłowe adresy zależą od producenta oraz konfiguracji zdalnego urządzenia MODBUS.

## Ustaw nazwę sygnału

Użytkownik może przypisać sygnałowi nazwę za pomocą klawiatury ekranowej. Kiedy sygnał jest wykorzystywany w programach, używana jest ta nazwa.

## Wartość sygnału

Tutaj pokazana jest aktualna wartość sygnału. Dla sygnałów rejestrów wartość ta jest wyrażona jako liczba całkowita bez znaku. Dla sygnałów wyjścia pożądana wartość sygnału może zostać ustawiona przy pomocy przycisku. Również dla wyjścia rejestru wartość do zapisania do urządzenia musi zostać podana jako liczba całkowita bez znaku.

## Stan połączenia sygnału

Ikona ta pokazuje, czy sygnał można prawidłowo odczytać lub zapisać (zielona), czy też odpowiedź od urządzenia jest nieoczekiwana lub nie można się z nim połączyć (szara). W przypadku odebrania odpowiedzi z wyjątkiem MODBUS wyświetlany jest kod odpowiedzi. Odpowiedzi z wyjątkami MODBUS-TCP są następujące:

- **E1 NIEPRAWIDŁOWA FUNKCJA (0x01):** Kod funkcji odebrany w zapytaniu nie określa dopuszczalnego działania serwera (lub urządzenia podrzędnego).
- **E2 NIEPRAWIDŁOWY ADRES DANYCH (0x02):** Kod funkcji odebrany w zapytaniu nie określa dopuszczalnego działania serwera (lub urządzenia podrzędnego). Należy sprawdzić, czy wprowadzony adres sygnału odpowiada konfiguracji zdalnego serwera MODBUS.
- **E3 NIEPRAWIDŁOWA WARTOŚĆ DANYCH (0x03):** Wartość zawarta w polu danych zapytania nie jest wartością dopuszczalną dla serwera (lub urządzenia podrzędnego). Należy sprawdzić, czy wprowadzona wartość sygnału jest prawidłowa dla określonego adresu w zdalnym serwerze MODBUS.
- **E4 AWARIA URZĄDZENIA PODRZĘDNEGO (0x04):** Podczas próby wykonania żądanej czynności przez serwer (lub urządzenie podrzędne) wystąpił nieodwracalny błąd.
- **E5 POTWIERDZENIE (0x05):** Specjalistyczne zastosowanie w połączeniu z poleceniami programistycznymi, wysyłane do zdalnego urządzenia MODBUS.
- **E6 URZĄDZENIE PODRZĘDNE ZAJĘTE (0x06):** Specjalistyczne zastosowanie w połączeniu z poleceniami programistycznymi, wysyłane do zdalnego urządzenia MODBUS. Urządzenie podrzędne (serwer) nie może teraz odpowiedzieć.

---

## Pokaż opcje zaawansowane

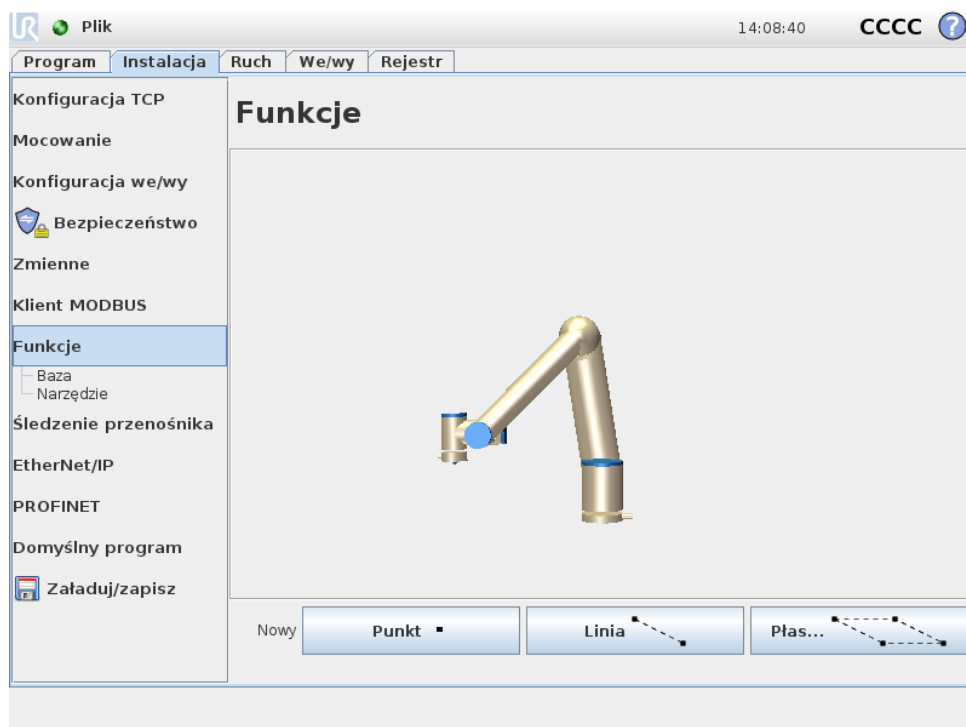
To pole wyboru pokazuje/ukrywa opcje zaawansowane dla każdego z sygnałów.

---

## Opcje zaawansowane

- **Częstotliwość aktualizacji:** Przy pomocy tego menu można zmienić częstotliwość aktualizacji sygnału. Oznacza to częstotliwość, z jaką wysyłane są do zdalnego urządzenia MODBUS żądania odczytu lub zapisu wartości sygnału.
- **Adres podrzędny:** W tym polu tekstowym można ustawić określony adres podrzędny dla żądań odpowiadających określonemu sygnałowi. Wartość musi się mieścić w zakresie od 0 do 255, przy czym standardową wartością jest 255. W przypadku zmiany tej wartości zaleca się sprawdzenie w podręczniku zdalnego urządzenia MODBUS, czy jego działanie ze zmienionym adresem podrzędnym będzie nadal prawidłowe.

## 13.12 Instalacja → Funkcje



Klienci kupujący roboty przemysłowe zwykle chcą mieć możliwość sterowania lub manipulowania ramieniem robota oraz jego programowania, to wszystko względem różnych obiektów oraz ograniczeń w otoczeniu ramienia robota, takich jak urządzenia, obiekty lub półfabrykaty, osprzęt, przenośniki, palety lub systemy wizyjne. Tradycyjnie jest to realizowane przez definiowane „ram” (układów współrzędnych), które wiążą wewnętrzny układ współrzędnych ramienia robota (układ współrzędnych podstawy) z układem współrzędnych odpowiedniego obiektu. Można dokonywać odniesień zarówno do „współrzędnych narzędzia” jak i do „współrzędnych podstawy” ramienia robota.

Problemem z takimi układami jest pewien poziom wiedzy matematycznej wymagany do zdefiniowania takich systemów współrzędnych oraz czasochłonność procesu definiowania, nawet dla osób przeszkolonych w sztuce programowania i instalacji robotów. Zadanie to często wymaga obliczania macierzy 4x4. W szczególności przedstawianie orientacji jest dość złożone z punktu widzenia osoby, która nie ma wystarczającego doświadczenia, aby zrozumieć ten problem.

Często zadawane przez klientów pytania to, na przykład:

- Czy będzie możliwe odsunięcie robota o 4 cm od chwytaka mojej obrabiarki sterowanej numerycznie?
- Czy możliwe jest obrócenie narzędzia robota o 45 stopni w stosunku do stołu?
- Czy możemy sprawić, czy ramię robota przesunie się pionowo w dół z obiektem, puści obiekt, a następnie przesunie się ponownie pionowo do góry?

Znaczenie takich i podobnych pytań jest bardzo proste dla przeciętnego klienta, który chce używać robota na różnych stanowiskach w zakładzie produkcyjnym.

Fakt, że nie ma prostej odpowiedzi na tak *ważne* pytania, może być dla klienta irytujący i niezrozumiały. Istnieje kilka skomplikowanych przyczyn takiego stanu i aby rozwiązać te problemy, firma Universal Robots stworzyła wyjątkowe i proste sposoby, za pomocą których klient może określić lokalizację różnych obiektów w stosunku do ramienia robota. Dlatego też możliwe jest zrobienie w kilku krokach dokładnie tego, o co pytają klienci.

---

### Zmień nazwę

Przycisk ten umożliwia zmianę nazwy elementu.

---

### Usuń

Przycisk ten usuwa wybraną funkcję oraz wszelkie jej podfunkcje, jeśli takie istnieją.

---

### Pokaż osie

Wybór, czy osie współrzędnych wybranej funkcji będą widoczne na grafice 3D. Wybór ten działa na tym ekranie oraz na ekranie Przesuń.

---

### Z możliwością impulsowania

Wybór, czy wybrana funkcja będzie mieć możliwość impulsowania. To określa, czy pojawi się on w menu funkcji na ekranie Przesuń.

---

### Zmienna

Wybór, czy wybrana funkcja może być stosowana jako zmienna. Kiedy ta opcja jest wybrana, podczas edycji programów robota dostępna będzie zmienna o nazwie elementu z dołączonym ciągiem „\_var”. Tej zmiennej można przypisać nową wartość w programie i następnie jej używać do sterowania punktami orientacyjnymi, które zależą od wartości funkcji.

---

### Ustaw lub zmień pozycję

Ten przycisk pozwala ustawić lub zmienić wybrany element. Pojawia się ekran Przesuń i możliwe jest ustawienie nowej lub innej pozycji elementu.

---

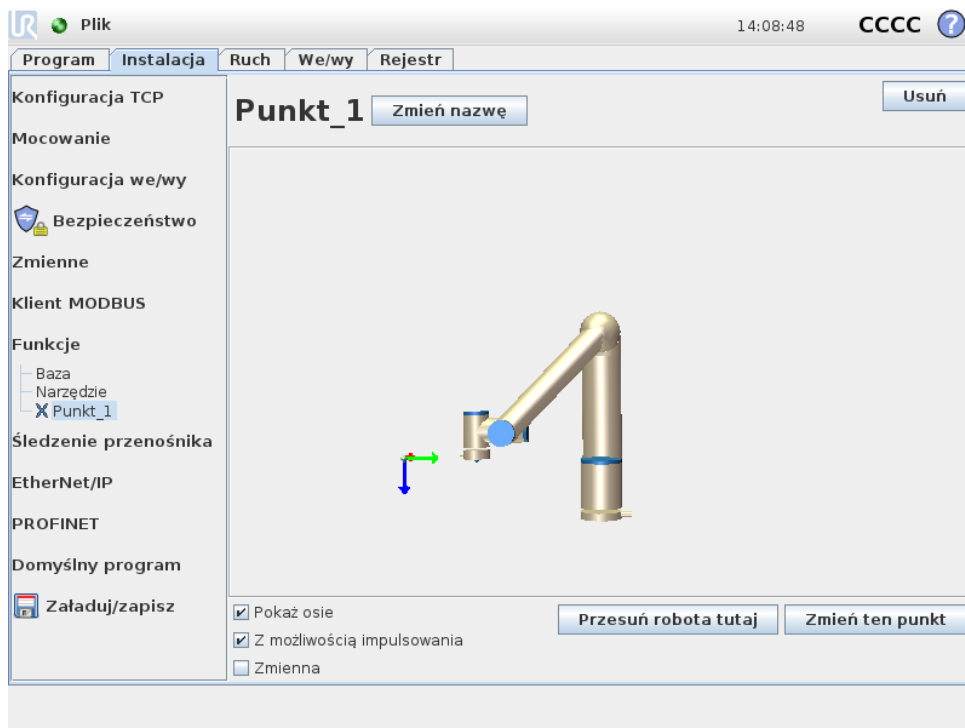
### Przesuń robota do funkcji

Naciśnięcie tego przycisku przesuń robota w stronę wybranej funkcji. Pod koniec tego ruchu układy współrzędnych elementu oraz punktu centralnego narzędzia (TCP) będą się pokrywać, za wyjątkiem obrotu o 180 stopni wokół osi x.

---

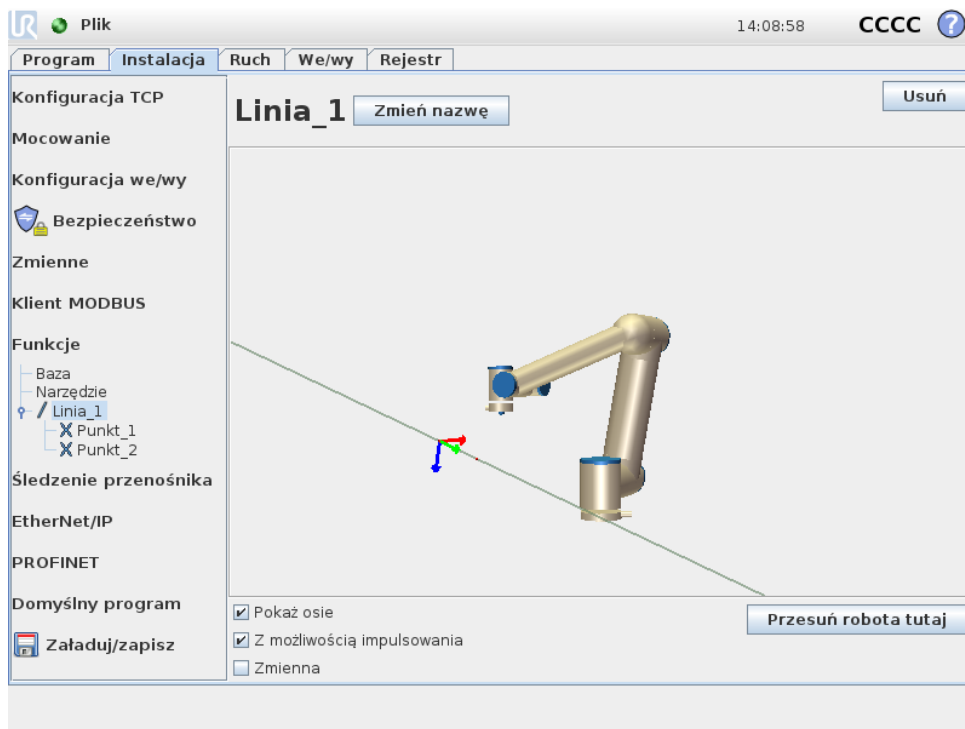
### Dodaj punkt

Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji punktowej. Pozycja funkcji punktowej jest zdefiniowana jako pozycja punktu centralnego narzędzia (TCP). Orientacja funkcji punktowej jest taka sama jak orientacja TCP, za wyjątkiem obrotu o 180 stopni dookoła osi x. To powoduje, że oś Z funkcji punktowej jest skierowana w kierunku przeciwnym do TCP w tym punkcie.



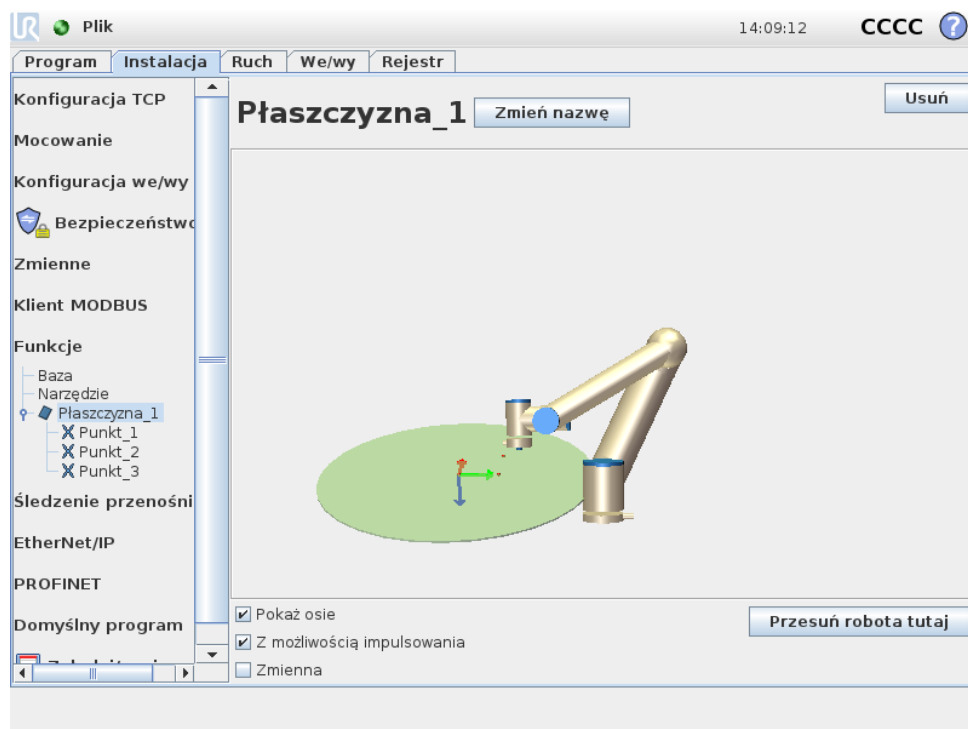
### Dodaj linię

Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji liniowej. Linia jest definiowana jako oś pomiędzy dwoma funkcjami punktowymi. Oś ta, skierowana od pierwszego do drugiego punktu, będzie stanowić oś y układu współrzędnych linii. Oś z będzie definiowana przez rzutowanie osi z pierwszego podpunktu na płaszczyznę prostopadłą do linii. Pozycja układu współrzędnych linii jest taka sama, co pozycja pierwszego podpunktu.



## Dodaj płaszczyznę

Naciśnięcie tego przycisku spowoduje dodanie do instalacji funkcji płaszczyzny. Płaszczyzna jest definiowana przez trzy funkcje punktowe. Pozycja układu współrzędnych jest taka sama, jak pozycja pierwszego podpunktu. Oś z to normalna płaszczyzny, a oś y jest skierowana od pierwszego punktu do drugiego. Dodatni kierunek osi z jest ustawiony w taki sposób, aby kąt pomiędzy osią z płaszczyzny a osią z pierwszego punktu był mniejszy niż 180 stopni.



## 13.13 Ustawienia śledzenia przenośnika

Przy stosowaniu przenośnika można tak skonfigurować robota, aby śledził jego ruch. Konfiguracja śledzenia przenośnika oferuje opcje konfigurowania robota tak, aby współpracował z bezwzględными i przyrostowymi koderami, a także linowymi i kołowymi przenośnikami.

### Parametry przenośnika

Kodery przyrostowe można podłączać do wejść cyfrowych 0 do 3. Dekodowanie sygnałów cyfrowych przebiega z częstotliwością 40 kHz. Wybranie kodera kwadraturowego (który wymaga dwóch wejść) pozwala robotowi na określenie szybkości oraz kierunku przenośnika. Jeśli kierunek przenośnika się nie zmienia, do określenia jego szybkości można użyć tylko jednego wejścia do wykrywania zbocza narastającego, opadającego lub narastającego i opadającego.

Koderów bezwzględnych można używać przy połączeniu przez sygnał MODBUS. To wymaga, aby cyfrowy rejestr wejściowy MODBUS był skonfigurowany w 13.11.

## Przenośniki liniowe

W przypadku wybrania przenośnika liniowego konieczne jest skonfigurowanie funkcji linii, aby określić kierunek przenośnika. Funkcja linii powinna być równoległa z kierunkiem przenośnika, należy też zachować dużą odległość między dwoma punktami definiującymi funkcję linii. Zaleca się skonfigurowanie funkcji linii przez zdecydowane dosunięcie narzędzia do powierzchni bocznej przenośnika podczas uczenia obu punktów.

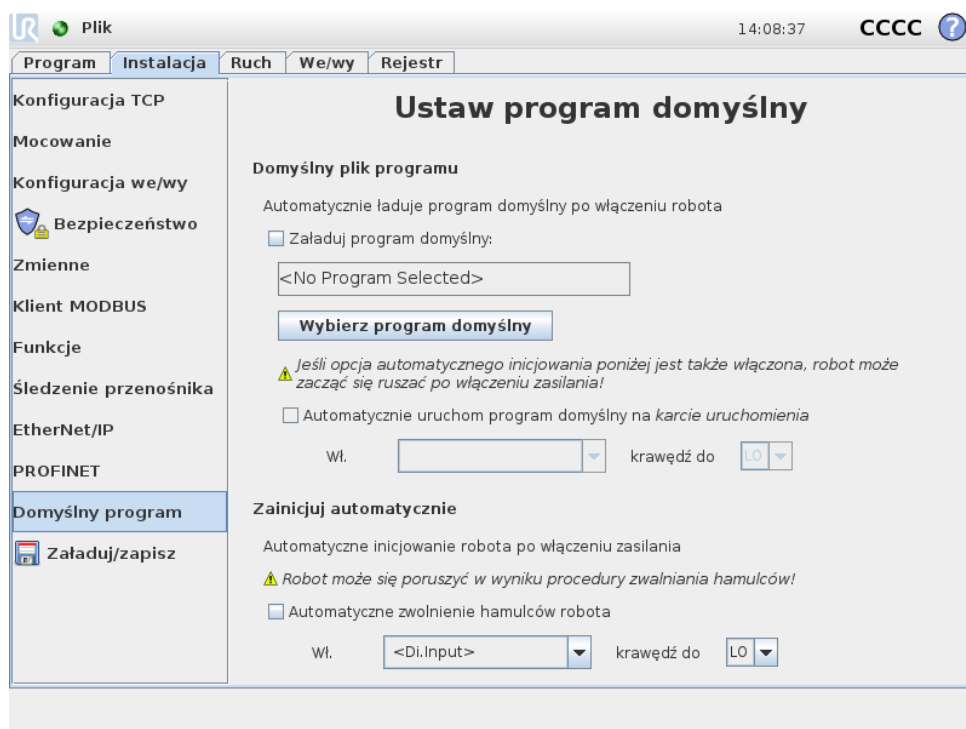
Pole Znaczników na metr definiuje liczbę znaczników generowanych przez koder, kiedy przenośnik przesuwają się o jeden metr.

$$\text{Znaczników na metr} = \frac{\text{znaczników na obrót}}{2\pi \cdot \text{promień tarczy kodera[m]}} \quad (13.1)$$

## Przenośniki kołowe

Podczas śledzenia przenośnika kołowego należy zdefiniować jego punkt środkowy (koła). Wartość Znaczników na obrót definiuje liczbę znaczników generowanych przez koder, kiedy przenośnik wykonuje jeden pełny obrót.

## 13.14 Instalacja → Program domyślny



Na tym ekranie znajdują się ustawienia automatycznego ładowania i uruchamiania programu domyślnego, a także automatycznego inicjowania ramienia robota po włączeniu zasilania.

**OSTRZEŻENIE:**

Jeśli włączone będą wszystkie trzy opcje: automatycznego ładowania, automatycznego uruchomienia i inicjowania, robot rozpocznie wykonywanie wybranego programu od razu po włączeniu skrzynki sterowniczej.

**13.14.1 Ładowanie programu domyślnego**

Można wybrać opcję ładowania programu domyślnego po włączeniu skrzynki sterowniczej. Ponadto program domyślny będzie ładowany także po przejściu do ekranu *Uruchom program*, kiedy nie jest załadowany żaden program (zob. 11.4).

**13.14.2 Uruchamianie programu domyślnego**

Na ekranie *Uruchom program* możliwe jest automatyczne rozpoczęcie programu domyślnego. Wykonywanie programu zostanie rozpoczęte automatycznie po załadowaniu domyślnego programu i wykryciu zmiany określonej przez zbrocze zewnętrznego sygnału wejściowego.

Należy pamiętać, że przy uruchamianiu bieżący poziom sygnału wejściowego jest niezdefiniowany, a wybranie zmiany, która odpowiada poziomowi sygnału przy uruchomieniu spowoduje natychmiastowe rozpoczęcie wykonywania programu. Ponadto opuszczenie ekranu *Uruchom program* lub naciśnięcie przycisku zatrzymania na *Tablicy przyrządów* dezaktywuje funkcję automatycznego rozpoczynania aż do ponownego naciśnięcia przycisku uruchomienia.

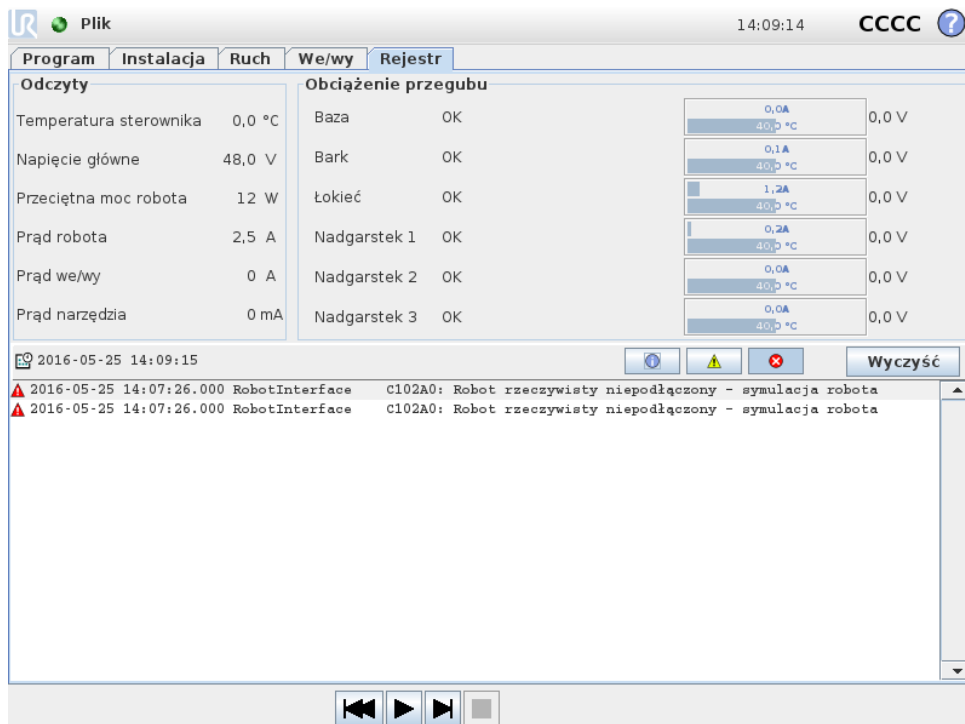
**13.14.3 Automatyczne inicjowanie**

Ramię robota może zostać automatycznie zainicjowane, na przykład w chwili włączenia skrzynki sterowniczej. Ramię robota zostanie całkowicie zainicjowane w przypadku wykrycia przejścia zbocza w wybranym, zewnętrznym sygnale wejściowym, niezależnie od tego, który ekran jest widoczny.

Ostatni etap inicjowania to *zwolnienie hamulców*. Kiedy robot zwalnia hamulce, dochodzi do jego nieznacznego przesunięcia i słyszalny jest dźwięk. Ponadto hamulców nie można automatycznie zwolnić, jeśli skonfigurowane zamocowanie nie odpowiada mocowaniu wykrytemu na podstawie danych z czujników. W takim przypadku konieczna jest ręczne inicjowanie robota na ekranie inicjowania (zob. 11.5).

Należy pamiętać, że przy uruchamianiu bieżący poziom sygnału wejściowego jest niezdefiniowany, a wybranie zmiany, która odpowiada poziomowi sygnału przy uruchomieniu spowoduje natychmiastowe inicjowanie ramienia robota.

## 13.15 Karta rejestru



The screenshot displays the 'Rejestr' (Log) tab in the Universal Robots software. The interface is organized into several functional areas:

- Navigation and Status:** At the top, there are tabs for 'Program', 'Instalacja', 'Ruch', 'We/wy', and 'Rejestr'. The current time is 14:09:14, and the status is 'CCCC'.
- Odczyty (Readings):** A table on the left side provides real-time data for various robot parameters:
 

Temperatura sterownika	0,0 °C
Napięcie główne	48,0 V
Przeciętna moc robota	12 W
Prąd robota	2,5 A
Prąd we/wy	0 A
Prąd narzędzia	0 mA
- Obciążenie przegubu (Joint Load):** A section on the right shows load data for six joints. Each joint has a bar chart and numerical values for current and temperature:
 

Baza	OK	0,0A	40,0 °C	0,0 V
Bark	OK	0,1A	40,0 °C	0,0 V
Łokieć	OK	1,2A	40,0 °C	0,0 V
Nadgarstek 1	OK	0,2A	40,0 °C	0,0 V
Nadgarstek 2	OK	0,0A	40,0 °C	0,0 V
Nadgarstek 3	OK	0,0A	40,0 °C	0,0 V
- Log Window:** At the bottom, a log window shows two error messages:
 

```

      ▲ 2016-05-25 14:07:26.000 RobotInterface C102A0: Robot rzeczywisty niepodłączony - symulacja robota
      ▲ 2016-05-25 14:07:26.000 RobotInterface C102A0: Robot rzeczywisty niepodłączony - symulacja robota
      
```

**Kondycja robota** W górnej połowie ekranu wyświetlana jest kondycja ramienia robota i skrzynki sterowniczej. Lewa strona pokazuje informacje związane ze skrzynką sterowniczą robota, podczas gdy prawa strona pokazuje informacje o każdym z przegubów robota. Każdy z przegubów robota pokazuje informacje o temperaturze silnika oraz elektroniki, obciążeniu przegubu oraz elektrycznym napięciu na przegubie.

**Rejestr robota** W dolnej połowie ekranu wyświetlane są komunikaty rejestru. Pierwsza kolumna określa kategorię istotności pozycji rejestru. Druga kolumna pokazuje czas pojawienia się komunikatu. Kolejna kolumna pokazuje nadawcę komunikatu. Ostatnia kolumna pokazuje sam komunikat. Komunikaty można filtrować za pomocą przycisków przełączających właściwych dla istotności. Powyższy rysunek ilustruje wyświetlanie błędów przy odfiltrowaniu komunikatów informacyjnych i ostrzegawczych. Niektóre komunikaty rejestru mają na celu przekazanie większej ilości informacji, do których dostęp jest możliwy po wybraniu pozycji rejestru.

## 13.16 Ekran ładowania

Na tym ekranie można wybrać program do załadowania. Istnieją dwie wersje tego ekranu: jedna jest używana, gdy użytkownik chce tylko załadować i wykonać program, a druga pozwala na jego edytowanie.



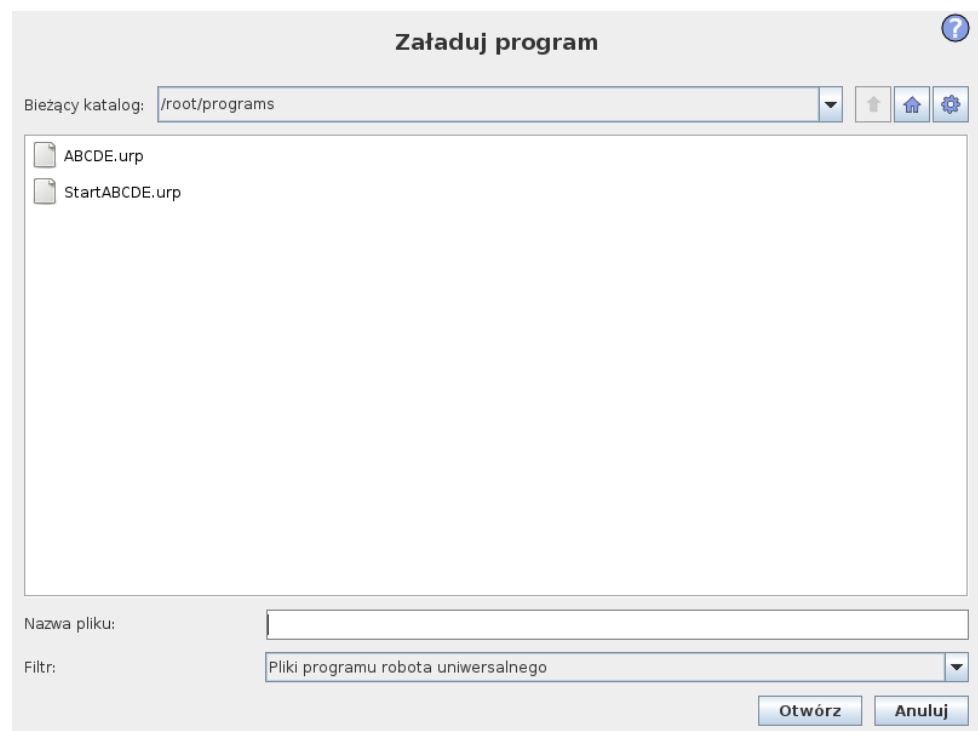
**UWAGA:**

Wykonywanie programu z nośnika USB jest niezalecane. Aby wykonywać program zapisany na nośniku USB, należy go najpierw załadować, a następnie zapisać w lokalnym folderze Programy za pomocą opcji Zapisz jako... z menu Plik.

Główne różnice polegają na tym, które działania są dostępne dla użytkownika. Na podstawowym ekranie ładowania użytkownik będzie miał możliwość wyłącznie dostępu do plików bez możliwości ich modyfikowania ani usuwania. Ponadto użytkownik nie może opuścić struktury katalogów, zaczynającej się od folderu programy. Użytkownik może przejść do podkatalogu, ale nie może wejść na poziom nadrzędny dla folderu programy.

W związku z tym wszystkie programy należy umieszczać w folderze programów i/lub w jego podfolderach.

**Układ ekranu**



Ten rysunek przedstawia rzeczywisty ekran ładowania. Składa się z poniższych istotnych obszarów i przycisków:

**Historia ścieżki** Historia ścieżki pokazuje listę ścieżek prowadzących do aktualnej lokalizacji. Oznacza to, że pokazane są wszystkie katalogi nadrzędne aż do katalogu głównego komputera. Można tutaj zauważyć, że dostęp do katalogów powyżej folderu programów jest niemożliwy.

Po wybraniu nazwy folderu na liście okno dialogowe ładowania zmienia się na ten katalog i wyświetla go w obszarze wyboru plików 13.16.

**Obszar wyboru pliku** W tym obszarze okna dialogowego pokazana jest zawartość rzeczywistego obszaru. Pozwala to użytkownikowi na wybranie pliku przez pojedyncze kliknięcie jego nazwy lub otworenie pliku przez kliknięcie dwukrotne. Katalogi są wybierane poprzez długie naciśnięcie przycisku, trwające ok. 0,5 s. Pojedyncze kliknięcie folderu podrzędnego powoduje wyświetlenie jego zawartości.

**Filtr plików** Przez wykorzystanie filtra plików można ograniczyć wyświetlane pliki tylko do pożądanego typu. Wybranie opcji „Pliki kopii zapasowej” powoduje, że w obszarze wyboru plików będzie wyświetlanych ostatnich 10 zapisanych wersji każdego z programów, gdzie rozszerzenie .old0 to wersja najnowsza, a old9 najstarsza.

**Pole pliku** Tutaj pokazany jest aktualnie wybrany plik. Użytkownik ma możliwość ręcznego wprowadzenia nazwy pliku, klikając ikonę klawiatury z prawej strony pola. Pojawi się wtedy klawiatura ekranowa, przy pomocy której użytkownik może wprowadzić nazwę pliku bezpośrednio na ekranie.

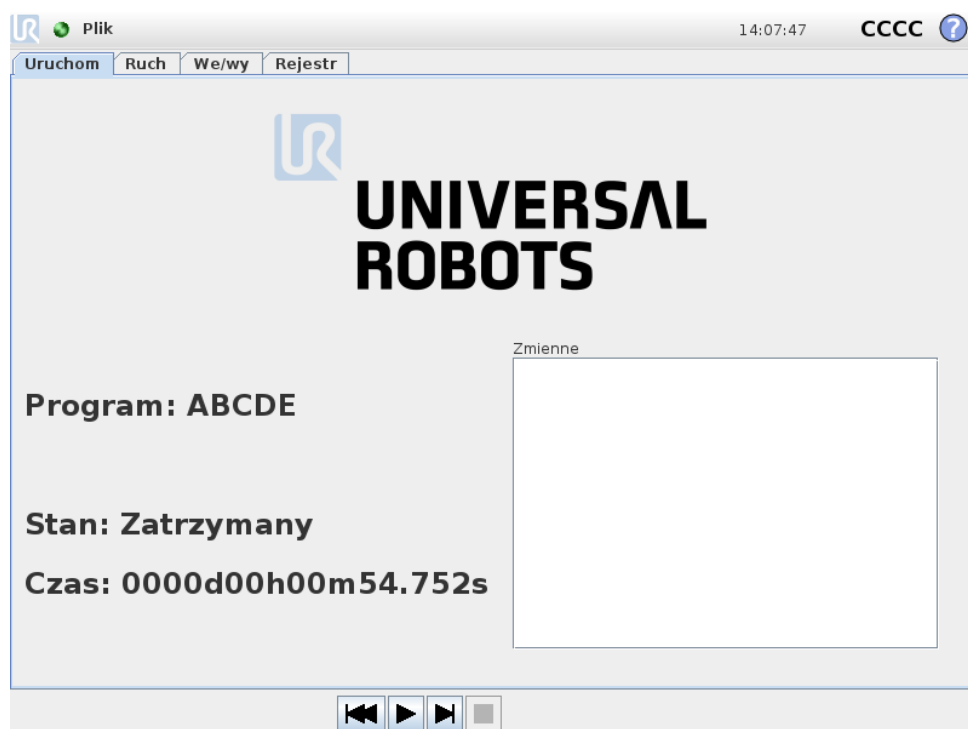
**Przycisk Otwórz** Kliknięcie przycisku Otwórz spowoduje otwarcie aktualnie wybranego pliku i powrót do poprzedniego ekranu.

**Przycisk Anuluj** Kliknięcie przycisku Anuluj spowoduje przerwanie trwającego procesu ładowania i przełączenie ekranu do poprzedniego obrazu.

**Przyciski działań** Zestaw przycisków pozwala użytkownikowi na wykonywanie działań, które normalnie byłyby dostępne po kliknięciu prawym przyciskiem nazwy pliku w zwykłym oknie dialogowym. Dostępna jest także możliwość poruszania się w górę struktury katalogów i bezpośrednio do folderu programu.

- **Nadrzędny:** Przejście do góry w strukturze katalogów. Ten przycisk będzie nieaktywny w dwóch przypadkach: kiedy bieżący katalog jest na najwyższym poziomie lub kiedy ekran działa w trybie ograniczonym i bieżący katalog jest folderem programu.
- **Przejdź do folderu programu:** Przejdź do ekranu głównego
- **Działania:** Działania takie jak utworzenie katalogu, usunięcie pliku itp.

## 13.17 Karta uruchomienia

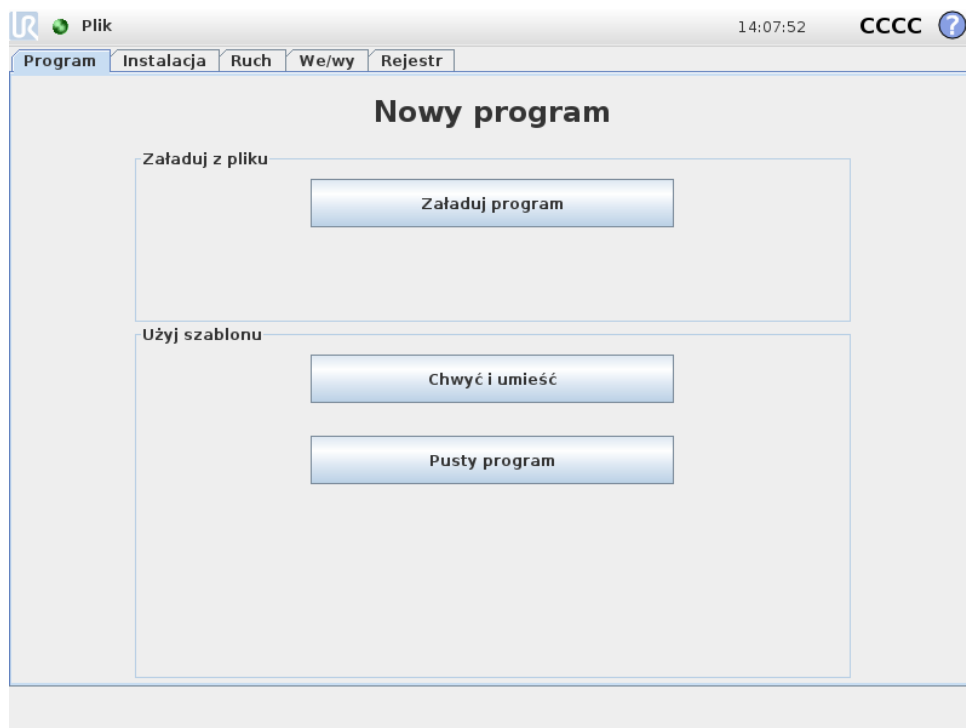


Ta karta umożliwia bardzo prostą obsługę ramienia robota i skrzynki sterowniczej i zawiera minimalną możliwą liczbę przycisków i opcji. W połączeniu z zabezpieczeniem hasłem części PolyScope odpowiadającej za programowanie (zob. 15.3) pozwala ona przekształcić robota w narzędzie, w którym można uruchamiać wyłącznie gotowe napisane programy.

Ponadto w tej karcie możliwe jest automatyczne załadowanie i uruchomienie programu domyślnego na podstawie przejścia z boczna zewnętrznego sygnału wejściowego (zob. 13.14). Połączenie automatycznego ładowania i uruchamiania programu domyślnego oraz automatycznego inicjowania przy uruchomieniu może być użyte na przykład do zintegrowania ramienia robota z inną maszyną.

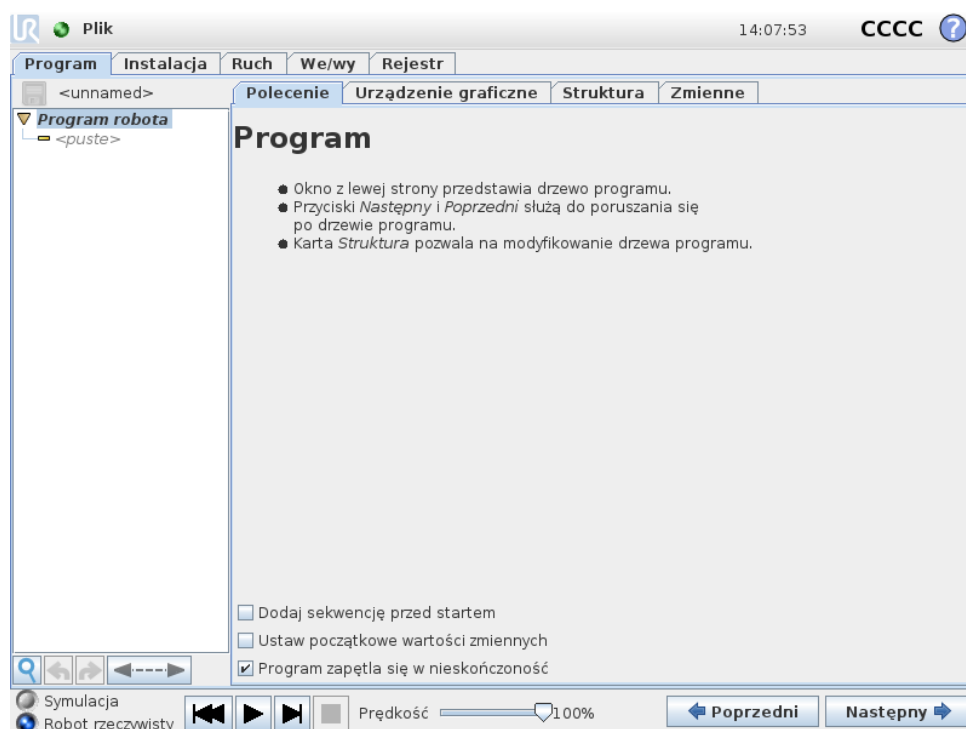
# 14 Programowanie

## 14.1 Nowy program



Nowy program robota można zacząć pracę albo od *szablonu*, albo od istniejącego (zapisanego) programu robota. *Szablon* może zapewnić ogólną strukturę programu, tak że konieczne jest tylko uzupełnienie szczegółów programu.

## 14.2 Karta Program



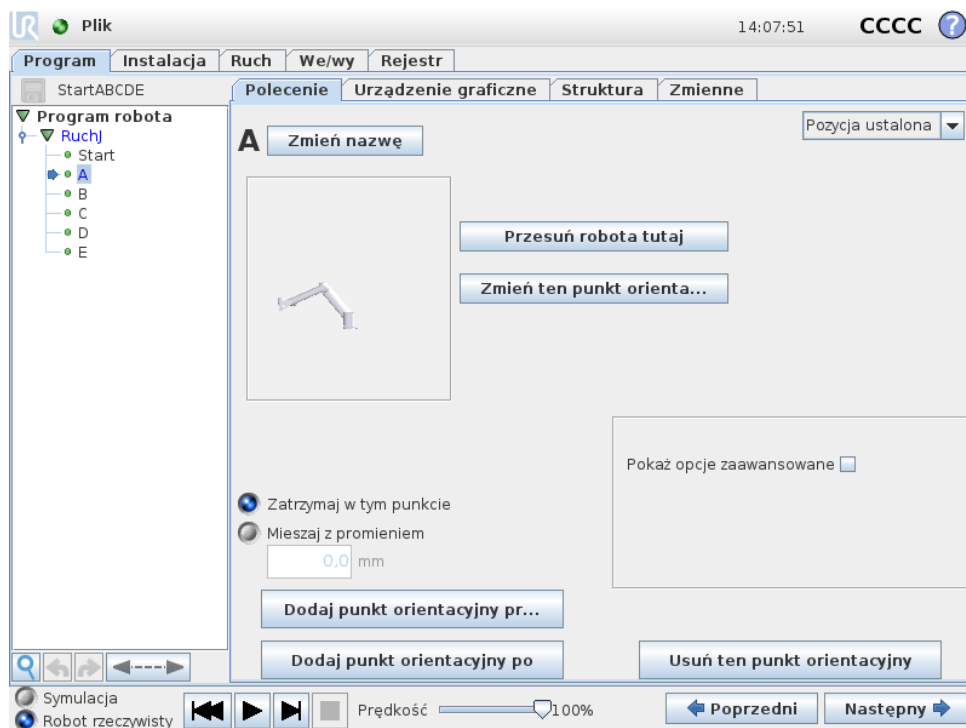
Na karcie Program jest wyświetlany aktualnie edytowany program.




### 14.2.1 Drzewo programu


*Drzewo programu* z lewej strony ekranu wyświetla program jako listę poleceń, zaś obszar z prawej strony ekranu wyświetla informacje dotyczące bieżącego polecenia. Bieżące polecenie wybiera się, klikając listę poleceń lub używając przycisków *Poprzedni* i *Następny* w prawej dolnej części ekranu. Polecenia można wstawiać i usuwać na karcie *Struktura*, której opis zawiera 14.30. Nazwa programu jest wyświetlana bezpośrednio nad listą poleceń z małą ikoną dyskiety, którą można kliknąć, aby szybko zapisać program.

W drzewie programu aktualnie wykonywane polecenie jest wyróżnione, jak opisuje 14.2.2.



## 14.2.2 Wskazanie wykonywania programu





Drzewo programu zawiera wizualne elementy, które informują o tym, które polecenie jest wykonywane przez sterownik robota. Z lewej strony ikony polecenia widoczna jest mała ikona wskaźnika , a nazwa wykonywanego polecenia oraz wszystkich poleceń, dla których wykonywane polecenie jest podrzędne (zwykle oznaczane ikonami  / ) są wyróżniane niebieskim kolorem. Pomaga to użytkownikowi w odszukaniu wykonywanego polecenia w drzewie.

Na przykład ramię robota porusza się w kierunku punktu orientacyjnego. Odpowiednie polecenie podrzędne takiego punktu oznaczone jest ikoną , a jego nazwa wraz z nazwą zawierającego je polecenia Ruch (zob. 14.5) są wyświetlane na niebiesko.



Jeśli program zostanie wstrzymany, ikona wskaźnika jego wykonywania będzie oznaczać ostatnie wykonywane polecenie.

Kliknięcie przycisku z ikoną  pod drzewem programu spowoduje przejście w drzewie do aktualnie lub ostatnio wykonywanego polecenia. Jeśli użytkownik kliknie polecenie w czasie wykonywania programu, na karcie **Polecenie** będą widoczne informacje związane z wybranym poleceniem. Naciśnięcie przycisku  spowoduje, że na karcie **Polecenie** ponownie będą wyświetlane informacje o aktualnie wykonywanych poleceniach.

## 14.2.3 Przycisk wyszukiwania

Przycisk z ikoną  służy do wyszukiwania tekstu w drzewie programu. Po kliknięciu wyszukiwania możliwe jest wprowadzenie tekstu, a pasujące węzły programu będą wyróżnione żółtym kolorem. Naciśnięcie ikony  pozwala na wyjście z trybu wyszukiwania.

### 14.2.4 Przyciski cofnij/ponów

Przyciski z ikonami  oraz  pod drzewem programu służą do cofania i przywracania zmian wprowadzonych w drzewie programu i w zawartych w nim poleceniach.

### 14.2.5 Tablica przyrządów programu

Najniższa część ekranu to *Tablica przyrządów*. *Tablica przyrządów* zawiera zestaw przycisków podobnych do tych ze starych magnetofonów, za pomocą których można uruchamiać i zatrzymywać programy, wykonywać je krokowo i ponownie uruchamiać. *Suwak szybkości* umożliwi regulację szybkości programu w dowolnej chwili, co bezpośrednio wpływa na szybkość ruchów robota. Ponadto *suwak szybkości* w czasie rzeczywistym pokazuje względną szybkość ruchu ramienia robota z uwzględnieniem ustawień bezpieczeństwa. Wskazywana wartość procentowa to maksymalna szybkość, jaką można osiągnąć w działającym programie bez przekraczania limitów bezpieczeństwa.

Z lewej strony *Tablicy przyrządów* znajdują się przyciski *Symulacja* i *Robot rzeczywisty*, które przełączają uruchomienie programu między pracą w trybie symulacji i pracą na prawdziwym robocie. Podczas pracy w trybie symulacji ramię robota się nie porusza, dzięki czemu nie może ulec uszkodzeniu ani uszkodzić pobliskiego wyposażenia w efekcie kolizji. Symulacja służy do testowania programów, jeśli nie ma pewności co do czynności ramienia robota.



#### **NIEBEZPIECZEŃSTWO:**

1. Po naciśnięciu przycisku *Odtwarzaj* należy koniecznie pozostać poza przestrzenią roboczą robota. Zaprogramowany ruch może się różnić od oczekiwanego.
2. Po naciśnięciu przycisku *Krok* należy koniecznie pozostać poza przestrzenią roboczą robota. Działanie przycisku *Krok* może być trudne do zrozumienia. Należy go używać tylko w razie absolutnej konieczności.
3. Program należy zawsze sprawdzać z szybkością ograniczoną przez suwak szybkości. Logiczne błędy programowania popełnione przez integratora mogą powodować nieoczekiwane ruchy ramienia robota.
4. W przypadku zatrzymania awaryjnego lub ochronnego programu robota się zatrzymuje. Możliwe jest jego wznowienie, o ile żaden przegub nie poruszy się o więcej niż 10°. Po naciśnięciu opcji odtwarzania robot powoli powróci na trajektorię i będzie kontynuować wykonywanie programu.

Podczas pisania programu wynikowe ruchy ramienia robota są pokazywane na rysunku 3D na karcie *Urządzenie graficzne*, której opis zawiera 14.29.

Obok każdego polecenia programu znajduje się mała ikona, która ma barwę czerwoną, żółtą lub zieloną. Czerwona ikona oznacza, że w danym poleceniu występuje błąd, żółta oznacza, że polecenie nie jest ukończone, zaś zielona oznacza, że całość jest prawidłowa. Program można uruchomić tylko wtedy, kiedy wszystkie polecenia są zielone.

## 14.3 Zmienne

Program robota może używać zmiennych do zapisywania i aktualizowania różnych wartości podczas pracy. Dostępne są dwa rodzaje zmiennych:

*Zmienne instalacji:* Te zmienne mogą być używane przez wiele programów, a ich nazwy i wartości są powiązane z instalacją robota (więcej szczegółowych informacji zawiera 13.10). Zmienne instalacji zachowują swoje wartości także po ponownym uruchomieniu robota i skrzynki sterowniczej.

*Zwykłe zmienne programu:* Te zmienne są dostępne wyłącznie dla wykonywanego programu, a ich wartości są tracone od razu po zatrzymaniu programu.

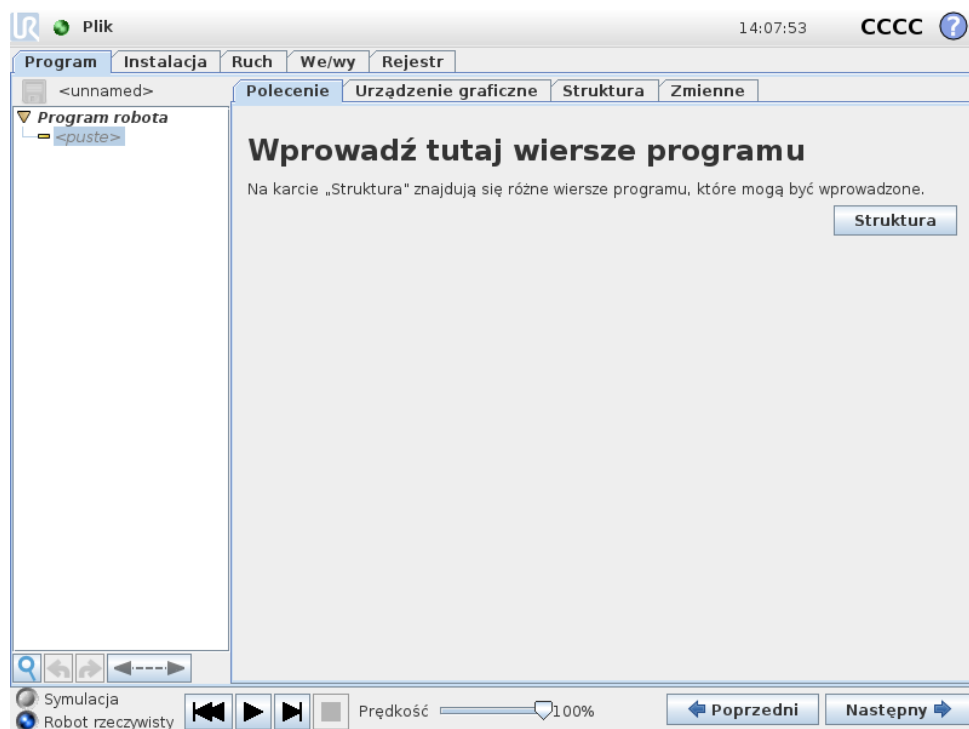
Dostępne są poniższe typy zmiennych:

---

<i>logiczna</i>	Zmienna logiczna, której wartość to albo <code>Prawda</code> , albo <code>Fałsz</code> .
<i>całk.</i>	Liczba całkowita z zakresu od <code>-2147483648</code> do <code>2147483647</code> (32 bity).
<i>zm.przec</i>	Liczba zmiennoprzecinkowa (dziesiętna) (32 bity).
<i>ciąg</i>	Ciąg znaków.
<i>postawa</i>	Wektor opisujący lokalizację i orientację w przestrzeni kartezjańskiej. Jest to połączenie wektora wodzącego $(x, y, z)$ i wektora obrotu $(rx, ry, rz)$ określającego orientację, z zapisem <code>p[x, y, z, rx, ry, rz]</code> .
<i>lista</i>	Ciąg zmiennych.

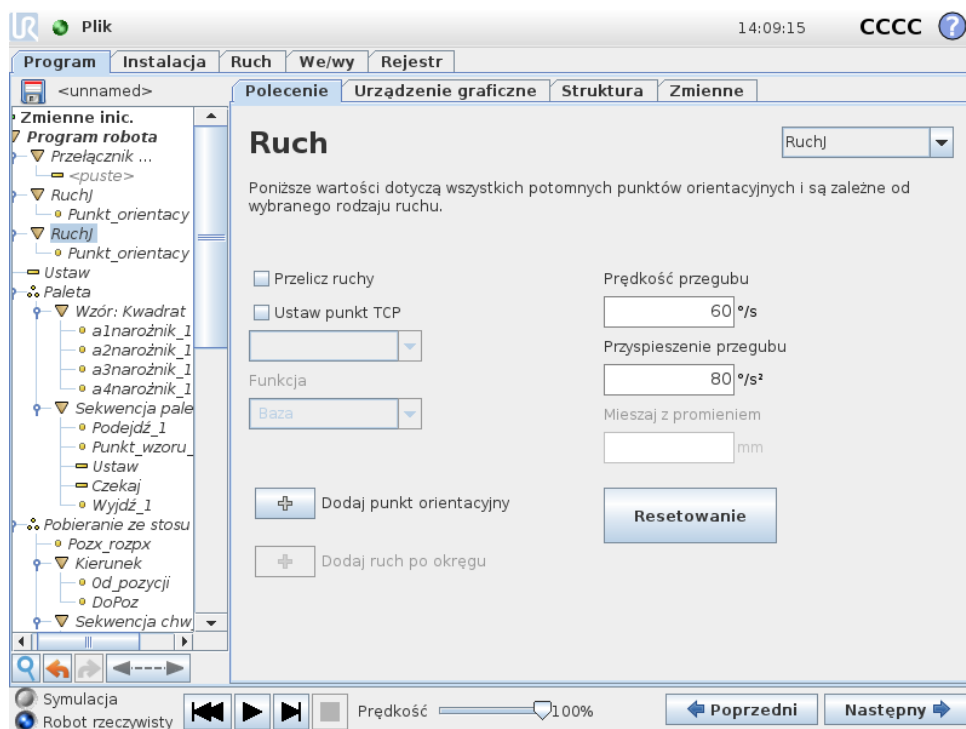
---

## 14.4 Polecenie: Puste



Tutaj należy wstawić polecenia programu. Aby przejść do karty struktury, gdzie można znaleźć różne wiersze programu do wybrania, należy nacisnąć przycisk Struktura. Programu nie można uruchomić zanim wszystkie wiersze nie zostaną określone i zdefiniowane.

## 14.5 Polecenie: Ruch



Polecenie Ruch steruje ruchem robota przez zadane punkty orientacyjne. Punkty orientacyjne muszą zostać określone w ramach polecenia Ruch. Polecenie Ruch określa przyspieszenie i szybkość, z jaką ramię robota będzie się poruszać między tymi punktami orientacyjnymi.

### Rodzaje ruchów

Można wybrać jeden z trzech rodzajów ruchów: *RuchJ*, *RuchL* oraz *RuchP*, które zostały opisane poniżej.

- **RuchJ** powoduje wykonywanie ruchów obliczanych w *przestrzeni przegubów* ramienia robota. Każdy przegub jest sterowany tak, aby jednocześnie osiągnąć żądane położenie końcowe. Ten rodzaj ruchu daje zakrzywiony tor narzędzia. Wspólnymi parametrami mającymi zastosowanie do tego rodzaju ruchu są maksymalna szybkość przegubu i przyspieszenie przegubu, używane w obliczeniach ruchu i wyrażane odpowiednio w jednostkach  $deg/s$  i  $deg/s^2$ . Jeśli ramię robota ma się szybko przemieścić między punktami orientacyjnymi bez względu na tor narzędzia między nimi, należy wybrać ten rodzaj ruchu.
- **RuchL** powoduje liniowy ruch narzędzia między punktami orientacyjnymi. Oznacza to, że każdy przegub wykonuje dużo bardziej złożony ruch, aby utrzymać narzędzie na prostym torze. Wspólnymi parametrami, które można ustawić dla tego rodzaju ruchu są żądana szybkość narzędzia i przyspieszenie narzędzia wyrażane odpowiednio w jednostkach  $mm/s$  i  $mm/s^2$ , a także funkcja. Wybrana funkcja określa, w jakiej przestrzeni funkcji są reprezentowane pozycje narzędzia w punktach orientacyjnych. Szczególnie interesujące

z punktu widzenia przestrzeni funkcji są zmienne funkcje i zmienne punkty orientacyjne. Zmiennych funkcji można użyć, gdy pozycja narzędzia w punkcie orientacyjnym powinna zostać określona przez rzeczywistą wartość zmiennej funkcji, gdy działa program robota.

- **RuchP** powoduje liniowy ruch narzędzia ze stałą szybkością z kołowym mieszaniem i służy do wykonywania takich operacji, jak klejenie lub dozowanie. Wielkość promienia mieszania jest domyślnie wspólną wartością dla wszystkich punktów orientacyjnych. Mniejsza wartość spowoduje, że tor będzie ostrzejszy, zaś większa wartość spowoduje, że tor będzie łagodniejszy. Gdy ramię robota porusza się między punktami orientacyjnymi ze stałą szybkością, skrzynka sterownicza robota nie może oczekiwać na operację we/wy ani czynność operatora. Taka sytuacja może zatrzymać ruch ramienia robota lub spowodować zatrzymanie ochronne.

Do polecenia RuchP można dodać **ruch po okręgu**, który składa się z dwóch punktów orientacyjnych: pierwszy określa punkt przejściowy na łuku okręgu, a drugi punkt końcowy ruchu. Robot rozpocznie ruch po okręgu z bieżącej pozycji, a następnie przejdzie przez dwa określone punkty orientacyjne. Zmiana orientacji narzędzia przez ruch po okręgu jest określona jedynie orientacją początkową i orientacją w punkcie końcowym, więc orientacja punktu przejściowego nie wpływa na ten ruch. Ruch po okręgu zawsze musi być poprzedzony punktem orientacyjnym pod tym samym poleceniem RuchP.

---

## Parametry wspólne

Wspólne parametry w prawym dolnym rogu ekranu Ruch dotyczą przesunięcia z wcześniejszego położenia ramienia robota do pierwszego punktu orientacyjnego z danego polecenia i dalej do każdego kolejnego punktu orientacyjnego. Ustawienia polecenia Ruch nie mają zastosowania do toru idącego *od* ostatniego punktu orientacyjnego w ramach danego polecenia Ruch.

---

## Przelicz ruchy

To pole wyboru należy zaznaczyć, jeśli pozycje w danym poleceniu Ruch mają być dostosowywane według aktywnego punktu TCP.

---

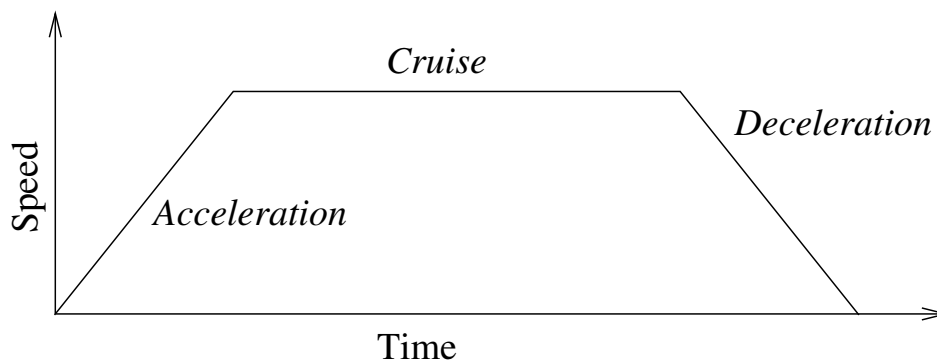
## Wybór punktu TCP

Punkt TCP używany dla punktów orientacyjnych w danym poleceniu Ruch można wybrać przez zaznaczenie pola wyboru i wybranie w rozwijanym menu pozycji TCP. Wybrany punkt TCP zostanie ustawiony jako aktywny za każdym razem, kiedy ramię robota przeniesie się do jednego z punktów orientacyjnych w danym poleceniu Ruch. Jeśli pole wyboru pozostanie niezaznaczone, aktywny punkt TCP nie jest w żaden sposób zmieniany. Jeśli aktywny punkt TCP dla tego ruchu jest wyznaczony podczas wykonywania programu, musi być ustawiony dynamicznie za pomocą polecenia Ustaw (zob. 14.10) lub przez polecenia skryptu. Więcej informacji o konfigurowaniu nazwanych punktów TCP zawiera 13.6.

---

## Wybór funkcji

Dla opcji *RuchL* i *RuchP* można wybrać, w jakiej przestrzeni funkcji będą reprezentowane punkty orientacyjne w ramach polecenia Ruch, gdy te punkty orientacyjne



Rysunek 14.1: Profil szybkości dla ruchu. Krzywą można podzielić na trzy części: *przyspieszenie*, *stała szybkość* i *hamowanie*. Poziomą fazę *stała szybkość* jest określany przez ustawienie szybkości ruchu, zaś nachylenie faz *przyspieszenia* i *hamowania* są określane przez parametr przyspieszenia.

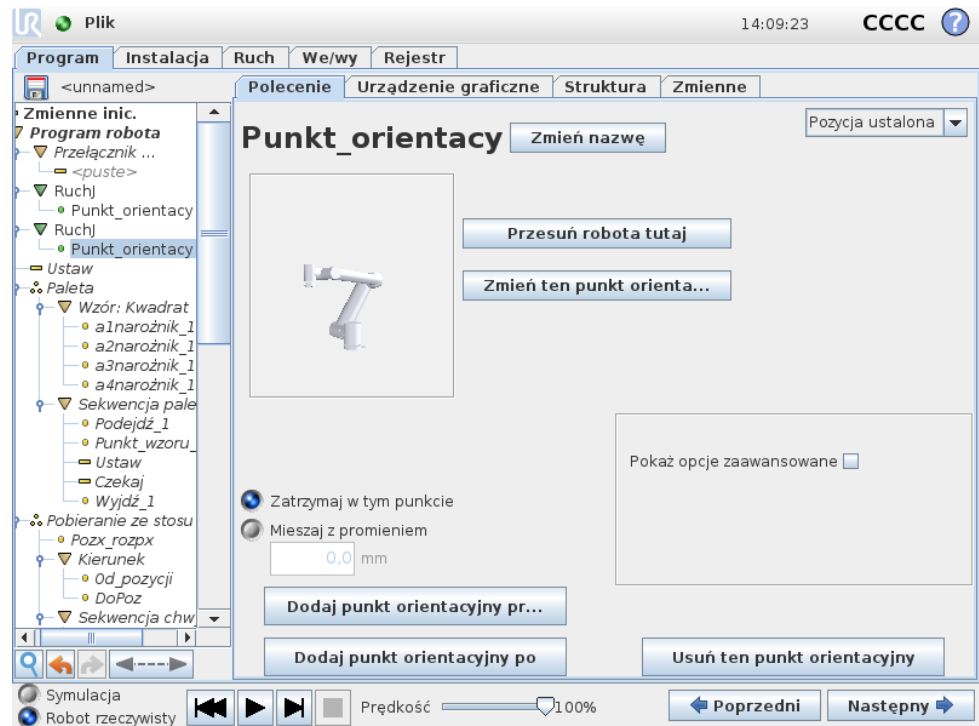
będą określane. Oznacza to, że podczas ustawiania punktu orientacyjnego program będzie pamiętał współrzędne narzędzia w przestrzeni funkcji dla wybranej funkcji. Istnieje kilka okoliczności wymagających dokładniejszego omówienia.

*Względne punkty orientacyjne:* Wybrana funkcja nie ma wpływu na względne punkty orientacyjne. Ruch względny jest zawsze wykonywany względem orientacji podstawy.

*Zmienne punkty orientacyjne:* Gdy ramię robota porusza się do zmiennego punktu orientacyjnego, docelowe położenie narzędzia jest obliczane jako współrzędne zmiennej w przestrzeni wybranej funkcji. W związku z tym ruch ramienia robota do zmiennego punktu orientacyjnego zmienia się po wybraniu innej funkcji.

*Funkcja zmienna:* Jeśli dowolna z funkcji w aktualnie załadowanej instalacji zostanie określona jako zmienna, odpowiadające jej zmienne będzie również można wybrać w menu wyboru funkcji. Jeśli zostanie wybrana zmienna funkcji (nazywana nazwą funkcji i z przedrostkiem „\_var”), ruchy ramienia robota (z wyjątkiem punktów orientacyjnych *Względne*) będą wykonywane względem rzeczywistej wartości zmiennej podczas działania programu. Wartością początkową zmiennej funkcji jest wartość rzeczywistej funkcji, jaką skonfigurowano podczas instalacji. W przypadku zmiany tej wartości zmianie ulegną ruchy robota.

## 14.6 Polecenie: Ustalony punkt orientacyjny



Punkt na torze robota. Punkty orientacyjne są najważniejszą częścią programu robota i kierują ramieniem robota, gdzie ma się znaleźć. Punkt orientacyjny o ustalonej pozycji jest określany przez fizyczne przesunięcie ramienia robota do danej pozycji.

### Ustawianie punktu orientacyjnego

Należy nacisnąć ten przycisk, aby przejść do ekranu Ruch, gdzie można określić pozycję ramienia robota dla tego punktu orientacyjnego. Jeśli punkt orientacyjny został za pomocą polecenia Ruch umieszczony w przestrzeni liniowej (RuchL lub RuchP), dla tego polecenia Ruch musi zostać wybrana poprawna funkcja, aby można było nacisnąć ten przycisk.

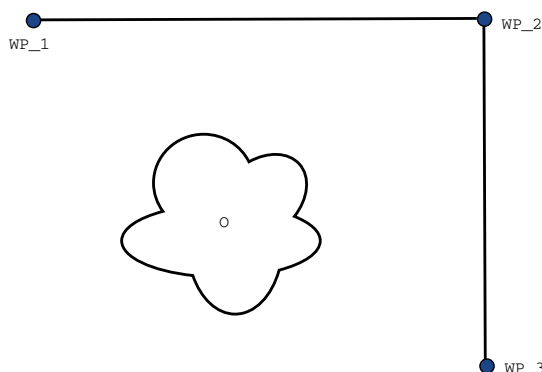
### Nazwy punktów orientacyjnych

Punkty orientacyjne automatycznie otrzymują unikalną nazwę podczas definiowania. Użytkownik może zmienić nazwę. Punkty orientacyjne o takiej samej nazwie współdzielą informacje o pozycji. Zmiana pozycji punktu orientacyjnego wpłynie na wszystkie punkty orientacyjne o tej samej nazwie. Pozostałe informacje na temat punktów orientacyjnych, takie jak promień mieszania, prędkość narzędzi/przegubów i przyspieszenie narzędzi/przegubów, można ustawić dla poszczególnych punktów orientacyjnych, nawet jeśli mają taką samą nazwę.

### Mieszanie

Mieszanie umożliwia robotowi płynne przejście między dwiema trajektoriami bez zatrzymywania się w punkcie orientacyjnym między nimi.

**Przykład** Przykładem może być czynność „Chwyć i umieść” (zob. rys. 14.2), gdzie robot jest w drodze do punktu orientacyjnego 1 (WP\_1) i musi chwycić obiekt w punkcie orientacyjnym 3 (WP\_3). Aby uniknąć kolizji z obiektem i innymi przeszkodami (O), robot musi zbliżyć się do WP\_3 w kierunku punktu orientacyjnego 2 (WP\_2). Aby utworzyć tor spełniający wymagania, należy wprowadzić trzy punkty orientacyjne.



Rysunek 14.2: WP\_1: pozycja początkowa, WP\_2: punkt przejściowy, WP\_3: pozycja podnoszenia, O: przeszkoda.

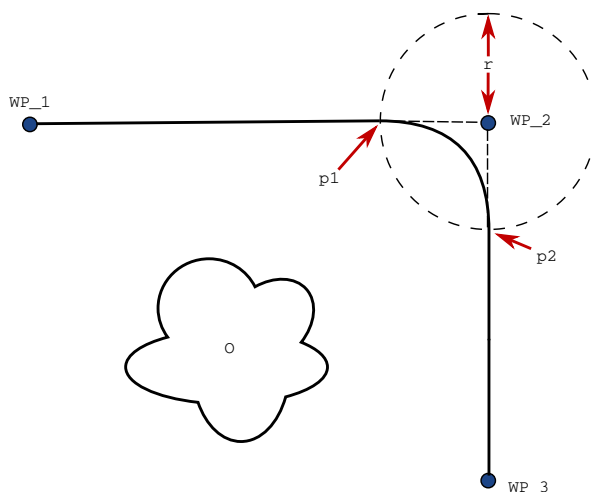
Robot zatrzyma się przy każdym punkcie orientacyjnym przed kontynuowaniem ruchu, jeśli nie inne ustawienia nie zostaną zmienione. Dla tego zadania zatrzymanie się przy WP\_2 nie jest optymalne, ponieważ płynne przejście wymaga mniej czasu i energii, a zarazem spełnia wymagania. Dopuszczalne jest nawet, aby robot nie dotarł dokładnie do położenia WP\_2, o ile przejście z pierwszej trajektorii na drugą zostanie przeprowadzana w pobliżu tego położenia.

Można uniknąć zatrzymania się w położeniu WP\_2, konfigurując mieszanie dla punktu orientacyjnego i umożliwiając robotowi obliczenie płynnego przejścia do kolejnej trajektorii. Podstawowy parametr mieszania to promień. Jeśli robot mieści się w promieniu mieszania punktu orientacyjnego, może rozpocząć przejście i odchylić się od pierwotnego toru. To umożliwi szybszy i płynniejszy ruch ponieważ robot nie będzie musiał zwalniać ani przyspieszać.

**Parametry mieszania** Wiele parametrów poza punktami orientacyjnymi ma wpływ na trajektorię mieszania (zob. rys. 14.3):

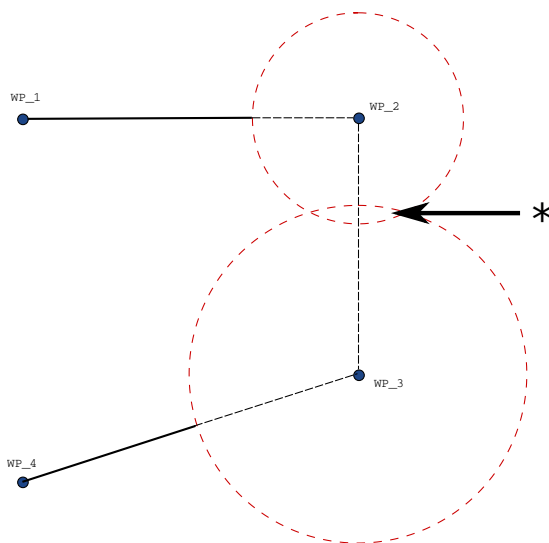
- Promień mieszania ( $r$ )
- Początkowa i końcowa prędkość robota (odpowiednio w położeniu  $p_1$  i  $p_2$ )
- Czas ruchu (np. jeśli określony czas trajektorii zostanie ustawiony, wpłynie on na początkową/kończącą prędkość robota)
- Typ trajektorii, od której i do której robot ma przejść ( $RuchL$ ,  $RuchJ$ )

W przypadku ustawienia promienia mieszanej trajektorii ramienia robota zmienia się wokół punktu orientacyjnego, co pozwala ramieniu nie zatrzymywać się w tym punkcie.



Rysunek 14.3: Mieszanie  $WP\_2$  z promieniem  $r$ , pozycja początkowa przejścia  $p1$ , pozycja końcowa mieszania  $p2$ .  $O$  jest przeszkoda.

Fragmenty mieszania nie mogą się nakładać, więc nie można ustawić promienia mieszanego nakładającego się na promień mieszany poprzedniego lub następnego punktu orientacyjnego, zgodnie z rys. 14.4.



Rysunek 14.4: Nakładanie się promienia mieszania zabronione (\*).

**Warunkowe trajektorie mieszania** Trajektoria mieszania jest uzależniona od punktu orientacyjnego, w którym jest ustawiony promień mieszania i kolejnej trajektorii mieszania w drzewie programu. W programie na rys. 14.5 mieszanie wokół  $WP\_1$  jest uzależnione od  $WP\_2$ . Konsekwencje powyższego są bardziej widoczne, gdy mieszanie w tym przypadku odbywa się wokół  $WP\_2$ . Istnieją dwie możliwe pozycje końcowe. Robot, aby określić kolejny punkt orientacyjny do którego ma mieszać

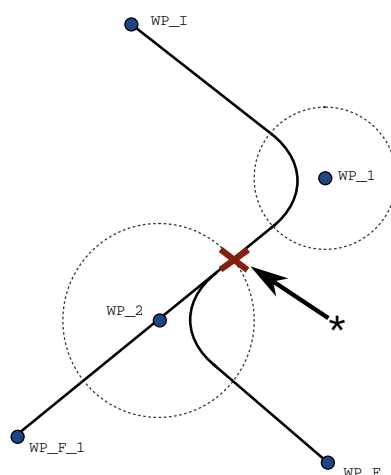
musi ocenić bieżący odczyt z czujnika `digital_input[1]` już na etapie wkraczania w promień mieszania. To oznacza, że wyrażenie `jeśli...to` (lub inne wyrażenia niezbędne do określenia punktu odniesienia, np. zmienne punkty orientacyjne) zostaje przeanalizowane przed dotarciem do punktu `WP_2`, co jest nieco sprzeczne z intuicją, jeśli brać pod uwagę sekwencję programu. Jeśli punkt orientacyjny jest punktem zatrzymania po którym następuje wyrażenie porównawcze, które ma określić kolejny punkt orientacyjny (np. polecenie `we/wy`), wyrażenie zostaje wykonane po zatrzymaniu ramienia robota w tym punkcie orientacyjnym.

RuchL

```

WP_I
WP_1 (mieszanie)
WP_2 (mieszanie)
jeśli (digital_input[1]) to
    WP_F_1
inny
    WP_F_2

```



Rysunek 14.5: `WP_I` to początkowy punkt orientacyjny. Istnieją dwa możliwe końcowe punkty orientacyjne, `WP_F_1` i `WP_F_2`, w zależności od wyrażeń warunkowych. Wyrażenie warunkowe `jeśli` zostaje przeanalizowane, gdy ramię robota wejdzie w drugi obszar mieszania(\*).

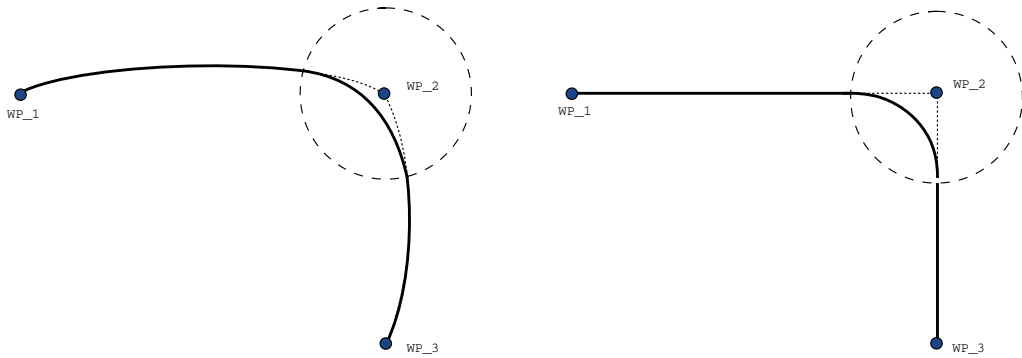
**Kombinacje typów trajektorii** Można mieszać za pomocą wszystkich czterech kombinacji typów trajektorii `RuchJ` i `RuchL`, jednak określona kombinacja będzie miała wpływ na obliczoną trajektorię mieszania. Istnieją 4 kombinacje:

1. `RuchJ` do `RuchJ` (mieszanie wyłącznie w przestrzeni przegubów)
2. `RuchJ` do `RuchL`
3. `RuchL` do `RuchL` (mieszanie wyłącznie w przestrzeni kartezyjskiej)
4. `RuchL` do `RuchJ`

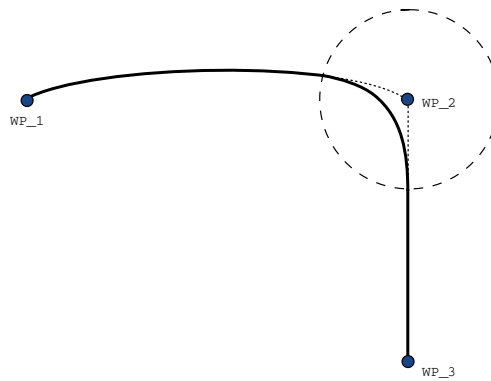
Mieszanie wyłącznie w przestrzeni przegubów (punkt 1) i mieszanie wyłącznie w przestrzeni kartezyjskiej (punkt 3) są porównane na rys. 14.6. Pokazane są dwa możliwe tory narzędzia dla takich samych zestawów punktów orientacyjnych.

W innych kombinacjach punkty 2, 3 i 4 utworzą trajektorie, które pozostaną w granicach pierwotnej trajektorii przestrzeni kartezyjskiej. Przykład mieszania różnych typów trajektorii (punkt 2) jest widoczny na rys. 14.7.

Mieszanie wyłącznie w przestrzeni przegubów (punkt 1) może jednak przebiegać w mniej intuicyjny sposób, ponieważ robot będzie starał się wybrać najpłynniejszą możliwą trajektorię w przestrzeni przegubów, biorąc pod uwagę prędkość i

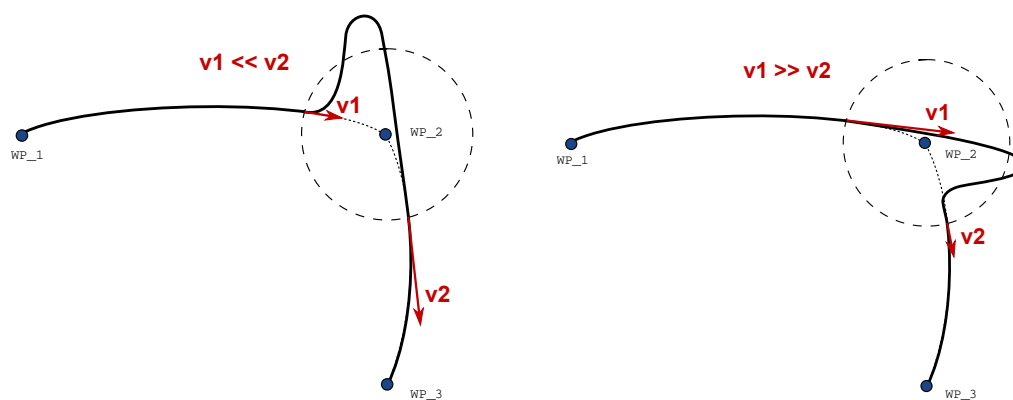


Rysunek 14.6: Ruch i mieszanie w przestrzeni przegubów (RuchJ) — przestrzeni kartezjańskiej (RuchL).



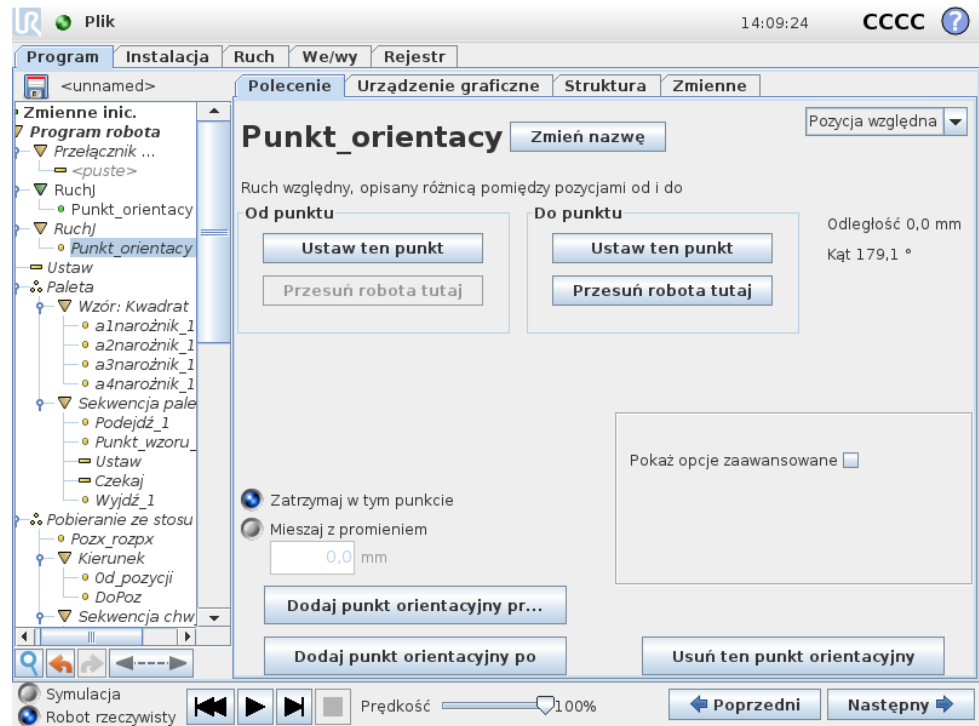
Rysunek 14.7: Przejście z ruchu w przestrzeni przegubów (RuchJ) do liniowego ruchu narzędzia (RuchL).

wymagania dotyczące czasu. Z tego powodu trajektorie mogą różnić się od torów określonych przez punkty orientacyjne. Taka sytuacja może zdarzyć się szczególnie w przypadku znacznych różnic prędkości przegubów dwóch trajektorii. *Uwaga:* jeśli prędkości znacznie różnią się (np. przez ustawienia zaawansowane — zarówno prędkości jak i czasu — określonego punktu orientacyjnego) może wystąpić duże odchylenie od pierwotnej trajektorii, zgodnie z rys. 14.8. Jeśli zachodzi potrzeba połączenia różnych prędkości i nie można zaakceptować odchyżeń, należy rozważyć mieszanie w przestrzeni kartezjańskiej, korzystając z RuchL.



Rysunek 14.8: Mieszanie w przestrzeni przegubów następuje, gdy prędkość początkowa  $v_1$  jest znacznie niższa niż prędkość końcowa  $v_2$  lub na odwrót.

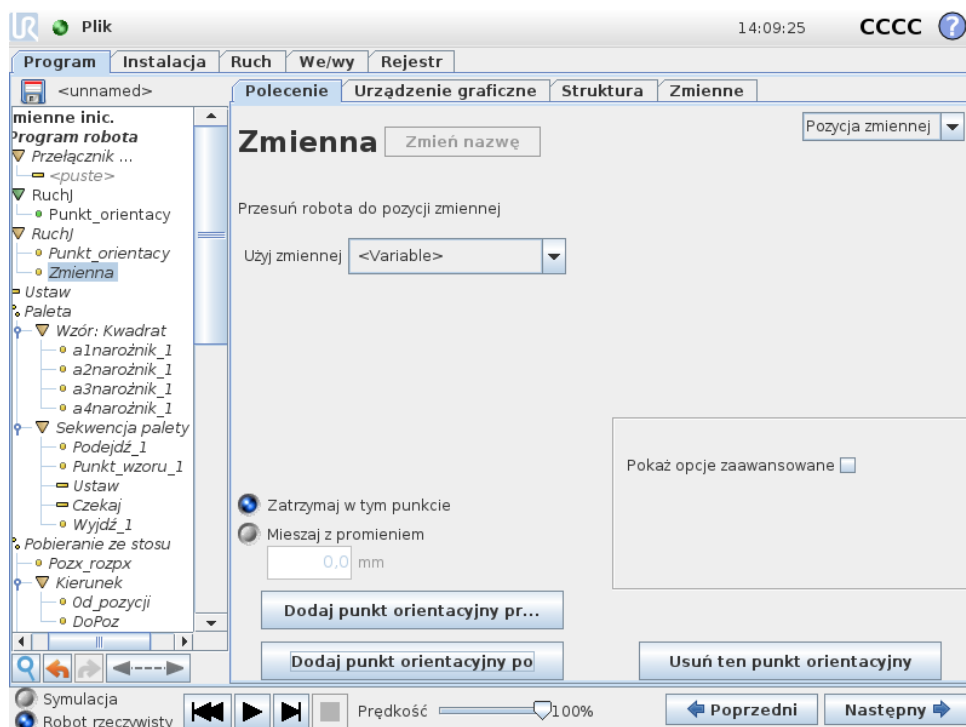
## 14.7 Polecenie: Względny punkt orientacyjny



Punkt orientacyjny, którego pozycja jest podana względem poprzedniej pozycji ramienia robota, na przykład „dwa centymetry w lewo”. Pozycja względna jest zdefiniowana jako różnica pomiędzy dwoma podanymi pozycjami (od lewej do prawej). Należy pamiętać, że powtarzane wykorzystanie pozycji względnych może przesunąć ramię robota poza jego przestrzeń roboczą.

Odległością jest tutaj odległość kartezjańska pomiędzy punktem TCP w dwóch pozycjach. Kąt określa, jak bardzo zmienia się orientacja TCP pomiędzy dwoma pozycjami. Dokładniej mówiąc, chodzi o długość wektora obrotu opisującą zmianę orientacji.

## 14.8 Polecenie: Zmienny punkt orientacyjny



Punkt orientacyjny, którego pozycja została podana jako zmienna, w tym przypadku obliczona\_poz. Zmienna musi stanowić *postawę*, na przykład  $\text{var}=\text{p}[0.5, 0.0, 0.0, 3.14, 0.0, 0.0]$ . Pierwsze trzy odpowiadają  $x,y,z$ , a ostatnie trzy stanowią informację o orientacji podaną w postaci *wektora obrotu* zdefiniowanego przez wektor  $rx,ry,rz$ . Długość osi to kąt obrotu podany w radianach, a sam wektor określa oś, dookoła której dokonuje się obrót. Pozycja jest zawsze podawana względem układu odniesienia albo układu współrzędnych zdefiniowanego przez wybraną cechę. Do zmiennego punktu orientacyjnego ramię robota zawsze przemieszcza się liniowo. Jeśli promień mieszania jest ustawiony w ustalonym punkcie orientacyjnym, a poprzedzające go i następujące po nim punkty orientacyjne są zmienne lub jeśli promień mieszania jest ustawiony w zmiennym punkcie orientacyjnym, wtedy promień mieszania nie będzie sprawdzany pod kątem nakładania się (patrz 14.6). Jeśli po uruchomieniu programu promień mieszania nakłada się na punkt, robot zignoruje go i przejdzie do następnego.

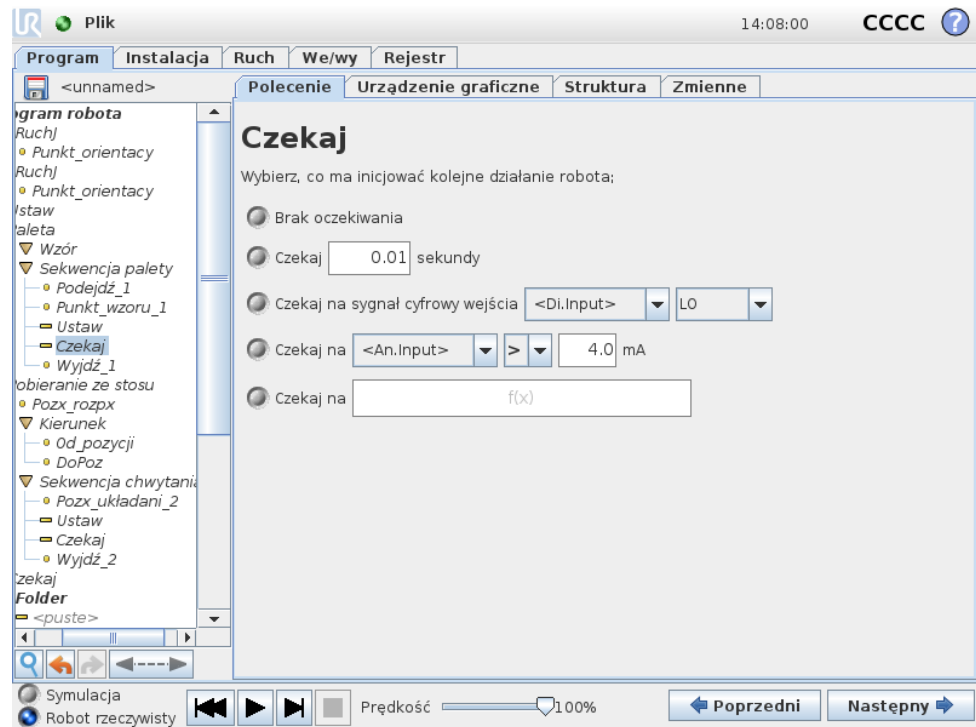
Na przykład w celu przesunięcia robota o 20 mm wzdłuż osi z narzędzia:

```
zm_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
```

```
RuchL
```

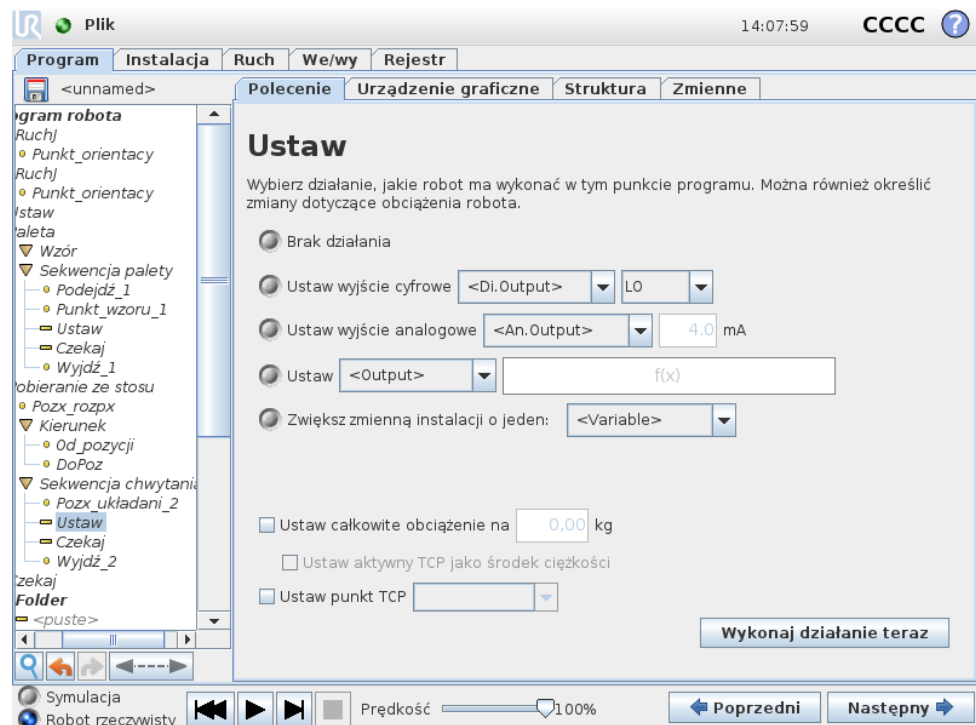
```
  Punkt orientacyjny_1 (zmienna pozycja):  
    Użyj zmiennej=zm_1, Funkcja=Narzędzie
```

## 14.9 Polecenie: Czekaj



Czeka określony czas lub na sygnał we/wy.

## 14.10 Polecenie: Ustaw

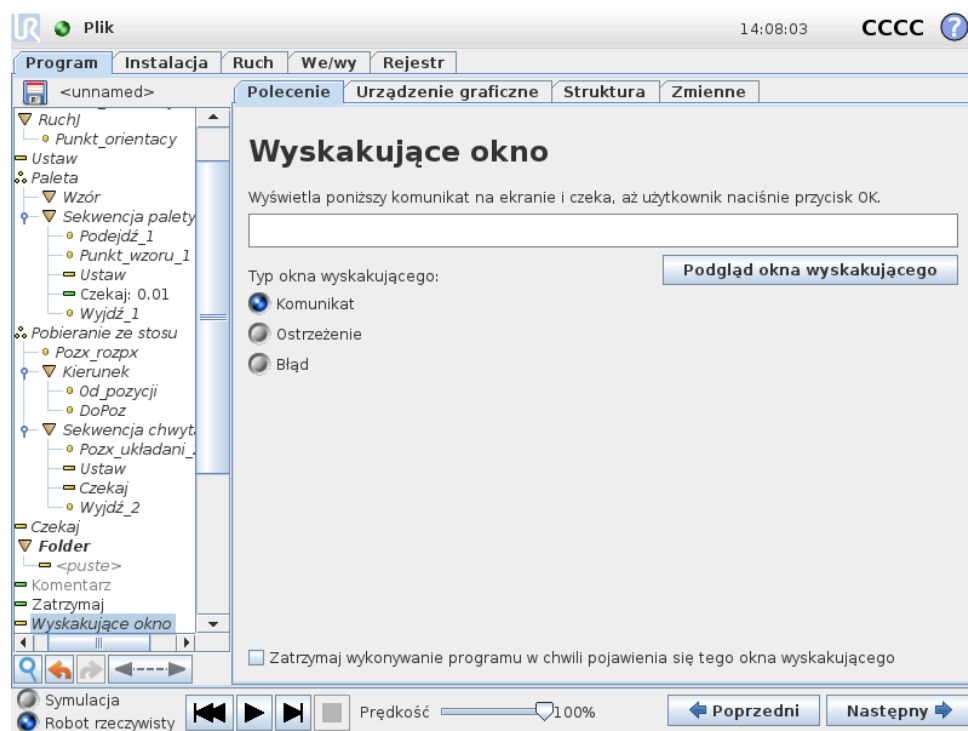


Ustawia wyjścia cyfrowe albo analogowe na zadaną wartość.

Polecenia można użyć do ustawienia obciążenia ramienia robota. Regulacja obciążenia może być konieczna, aby zapobiec włączaniu zatrzymania ochronnego robota, gdy ciężar na narzędziu jest inny od oczekiwanego obciążenia. Aktywny punkt TCP jest domyślnie ustawiony jako środek ciężkości. Jeśli aktywny punkt TCP nie powinien być ustawiony jako środek ciężkości, należy odznaczyć pole wyboru.

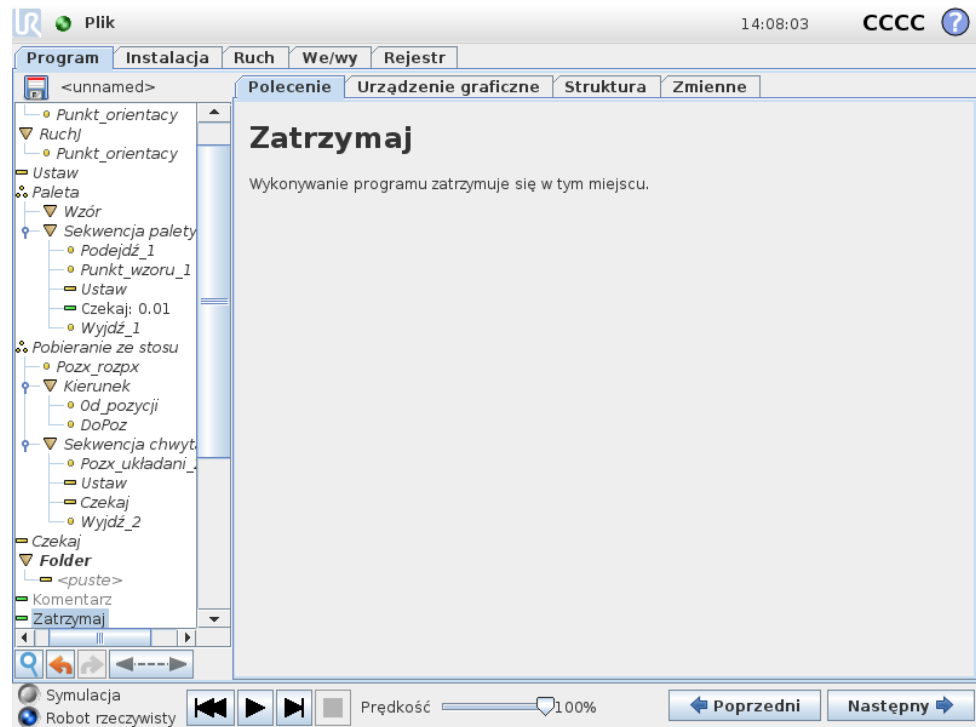
Aktywny punkt TCP można również modyfikować przez polecenie Ustaw. Wystarczy zaznaczyć pole wyboru i wybrać z menu jedno z odsunąć punktu TCP. Jeśli podczas pisania programu znany jest aktywny punkt TCP w danym ruchu, warto zamiast tego rozważyć zastosowanie doboru TCP z karty Ruch (zob. 14.5). Więcej informacji o konfigurowaniu nazwanych punktów TCP zawiera 13.6.

## 14.11 Polecenie: Wyskakujące okno



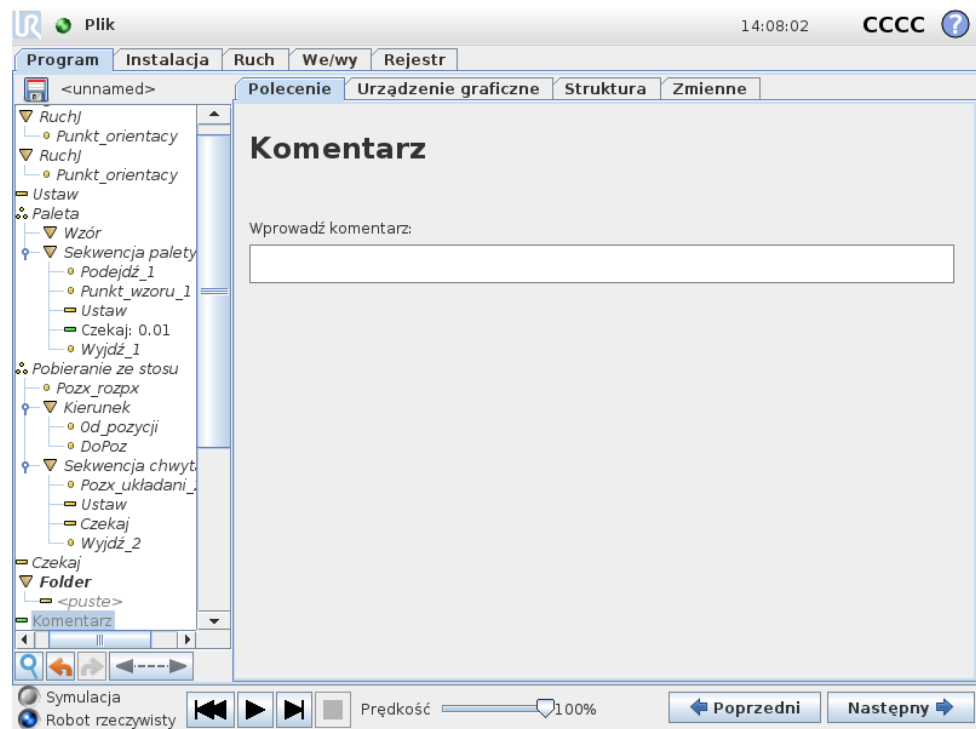
Okienko wyskakujące to komunikat wyświetlany na ekranie, gdy program dojdzie do tego polecenia. Można wybrać styl komunikatu, zaś sam tekst można wprowadzić za pomocą klawiatury ekranowej. Przed kontynuacją programu robot czeka, aż użytkownik lub operator naciśnie przycisk „OK” pod okienkiem wyskakującym. W przypadku wybrania opcji „Zatrzymaj wykonywanie programu” program robota zatrzyma się na tym okienku wyskakującym.

## 14.12 Polecenie: Zatrzymaj



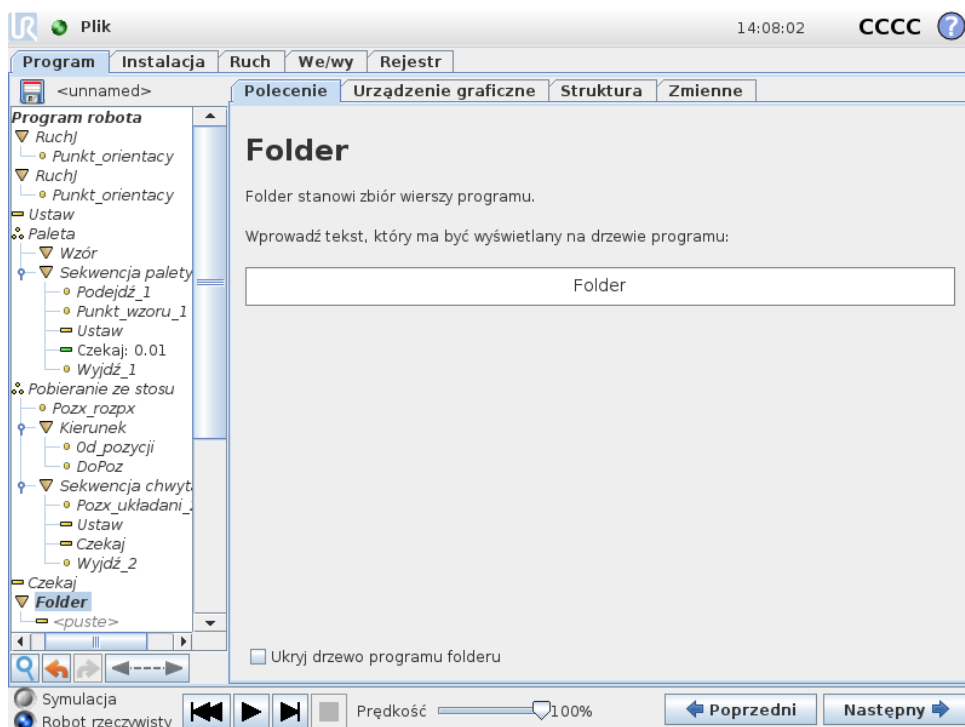
Wykonywanie programu zatrzymuje się w tym miejscu.

## 14.13 Polecenie: Komentarz



Daje programiście możliwość dodania wiersza tekstu do programu. Ten wiersz tekstu nie ma żadnego wpływu na wykonanie programu.

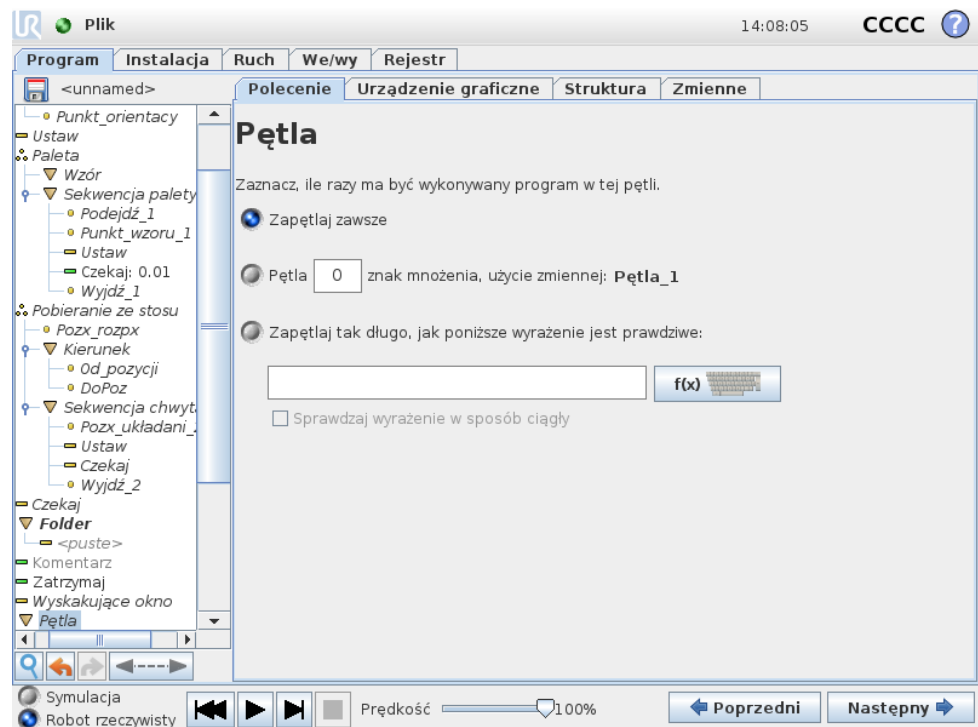
## 14.14 Polecenie: Folder



Folder służy do porządkowania i znakowania konkretnych części programu, do czyszczenia drzewa programu oraz zwiększania czytelności i upraszczania nawigacji programu.

Sam w sobie folder nic nie robi.

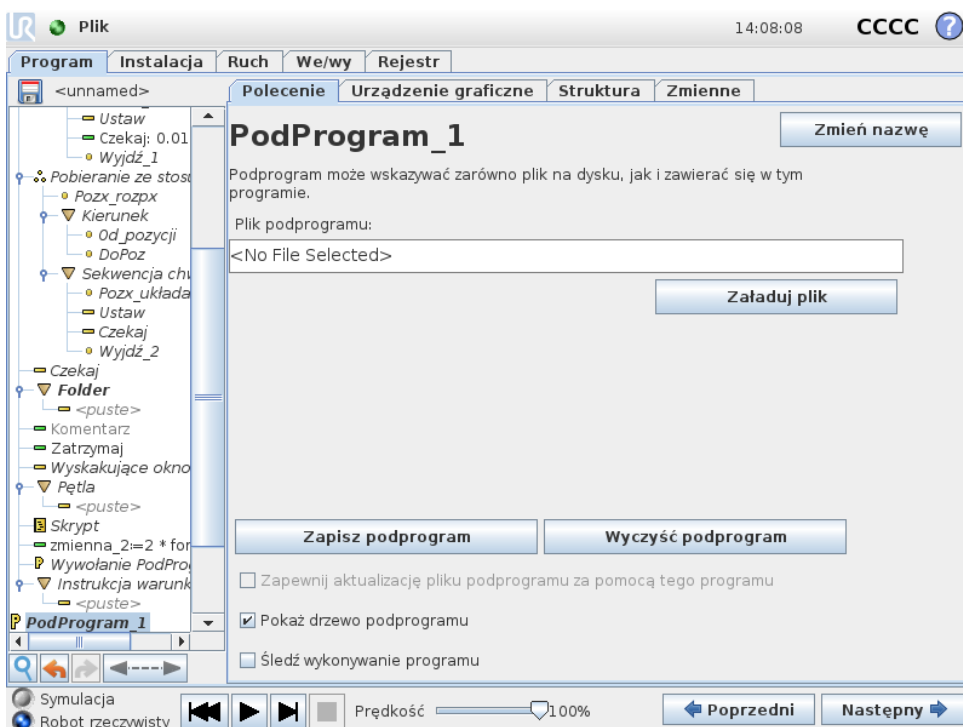
## 14.15 Polecenie: Pętla



Zapętla wykonywanie zawartych w niej poleceń programu. W zależności od wybranej opcji zawarte w pętli polecenia programu są zapętłone w nieskończoność, wykonywane określoną liczbę razy albo dopóki podany warunek jest prawdziwy. W przypadku wykonywania pętli określoną liczbę razy jest tworzona dedykowana zmienna pętli (na zrzucie ekranu powyżej nazwana `pętla_1`), której można używać w wyrażeniach wewnątrz pętli. Zmienna pętli przybiera kolejne wartości od 0 do  $N - 1$ .

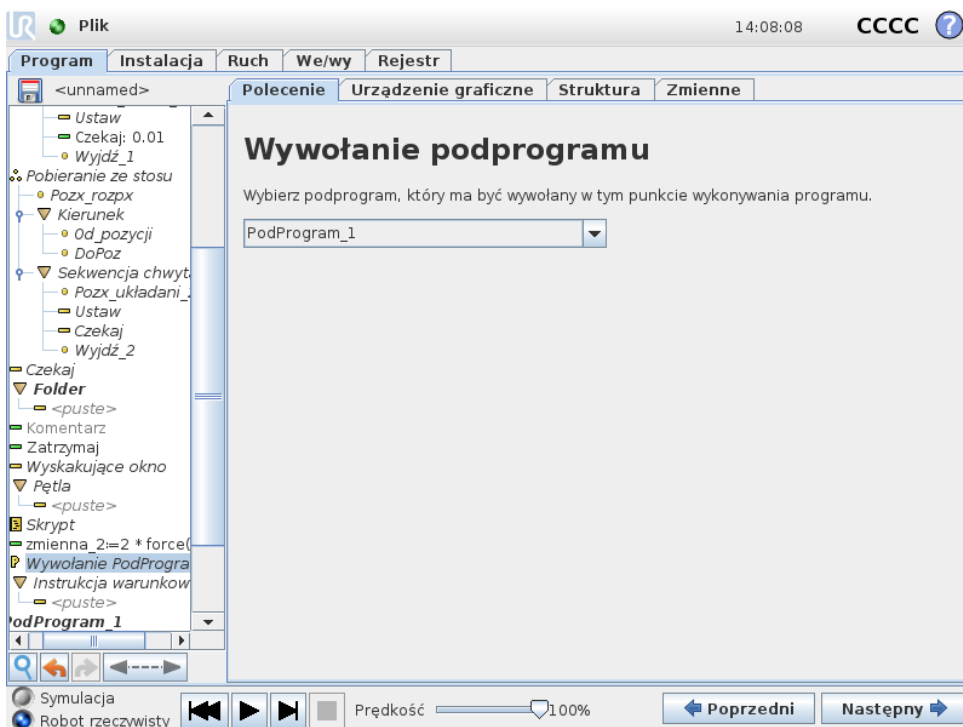
W przypadku wykonywania pętli z użyciem wyrażenia jako warunku zakończenia oprogramowanie PolyScope udostępnia opcję ciągłego szacowania tego wyrażenia, dzięki czemu wykonywanie „pętli” można przerwać w każdej chwili wykonania, nie czekając na zakończenie iteracji.

## 14.16 Polecenie: PodProgram



Podprogram może przechowywać fragmenty programu potrzebne w kilku miejscach. Podprogram może być oddzielnym plikiem na dysku oraz może być ukryty w celu ochrony przed jego przypadkowymi zmianami.

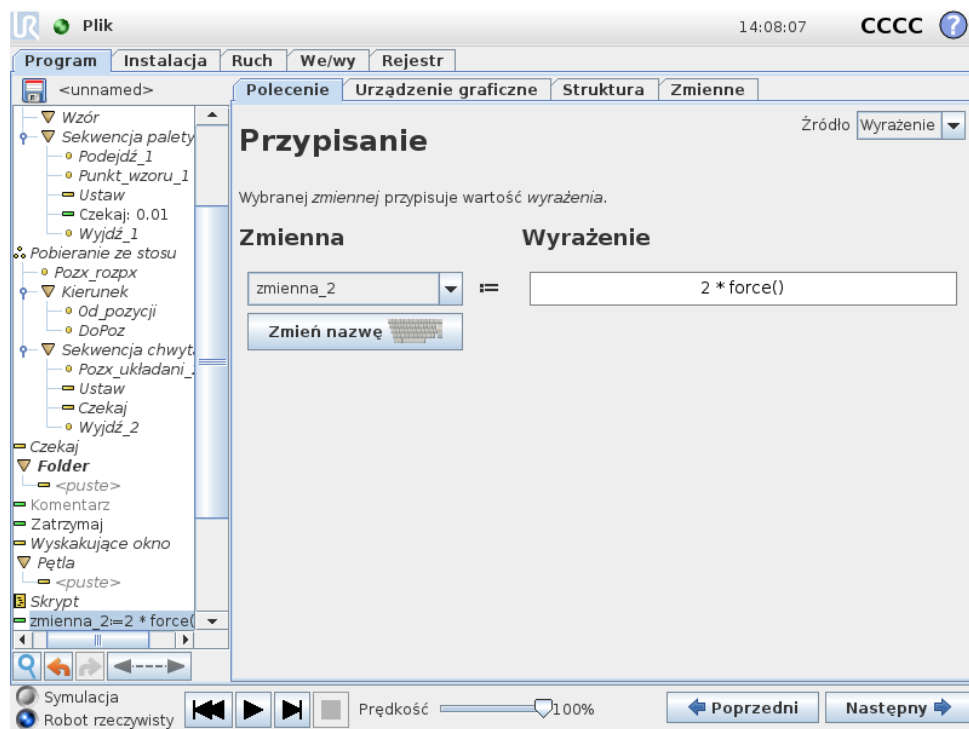
## Polecenie: Wywołanie PodProgramu



Copyright © 2009–2016, Universal Robots A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.

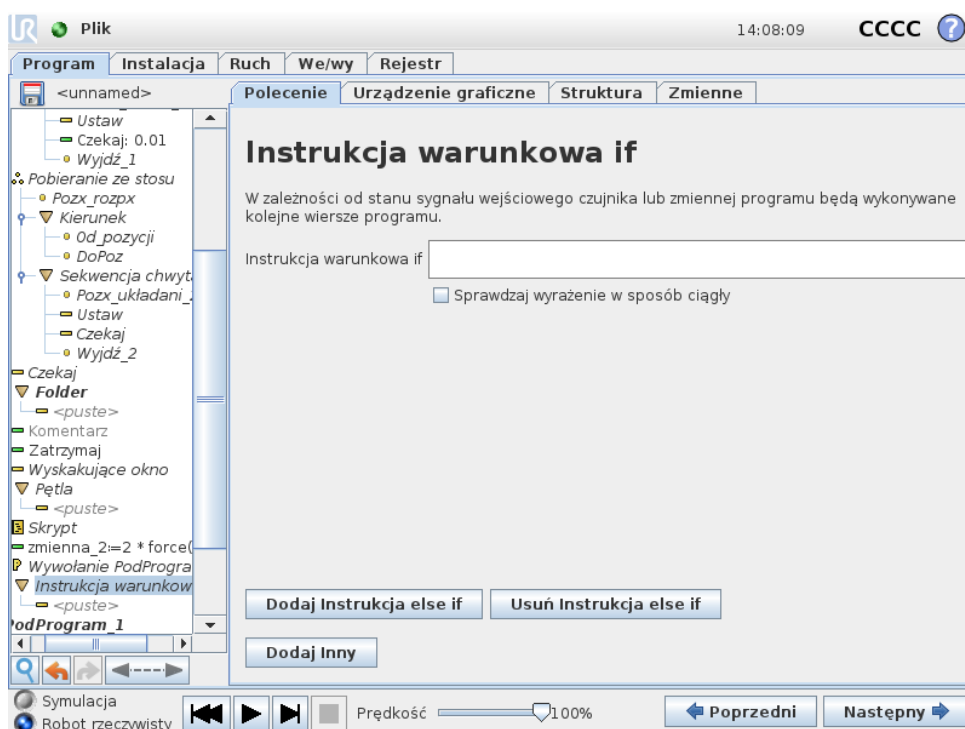
Wywołanie podprogramu spowoduje wykonanie wierszy programu w podprogramie, a następnie powrót do następnego wiersza.

## 14.17 Polecenie: Przepisanie



Przypisuje wartości zmiennym. Przepisanie powoduje umieszczenie obliczonej wartości z prawej strony w zmiennej znajdującej się z lewej strony. Może to być przydatne w złożonych programach.

## 14.18 Polecenie: Instrukcja warunkowa if

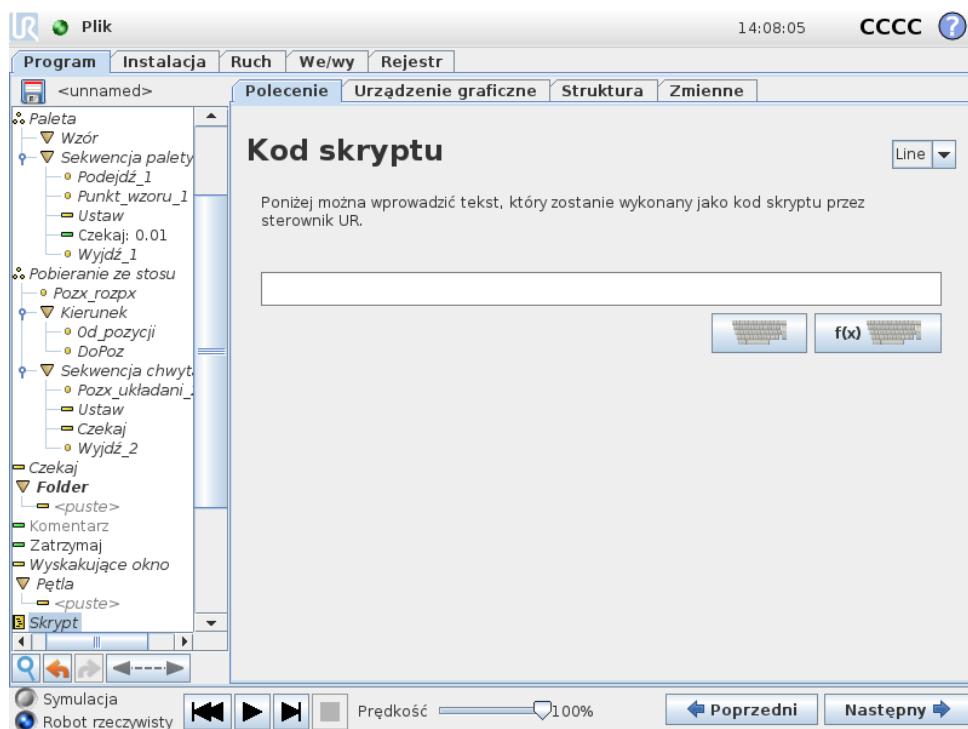


Konstrukcja „if..else” może zmienić zachowanie robota w zależności od wejść czujników lub wartości zmiennych. Edytor wyrażeń służy do opisanego warunku, przy którym robot powinien przejść do poleceń podrzędnych tej instrukcji warunkowej If. Jeśli wartością warunku jest *Prawda*, zostaną wykonane wiersze wewnątrz tej instrukcji warunkowej If.

Każda instrukcja warunkowa If może mieć kilka instrukcji ElseIf i jedną instrukcję Else. Można je dodać za pomocą przycisków na ekranie. Instrukcję ElseIf można usunąć z ekranu dla tego polecenia.

Pole *Sprawdzaj wyrażenie w sposób ciągły* umożliwia ocenę warunków instrukcji If oraz ElseIf, kiedy wykonywane są zawarte w nich wiersze. Jeśli wyrażenie przybierze wartość *Fałsz* podczas wykonywania wierszy wewnątrz części warunkowej If, nastąpi przejście do kolejnego wyrażenia ElseIf lub Else.

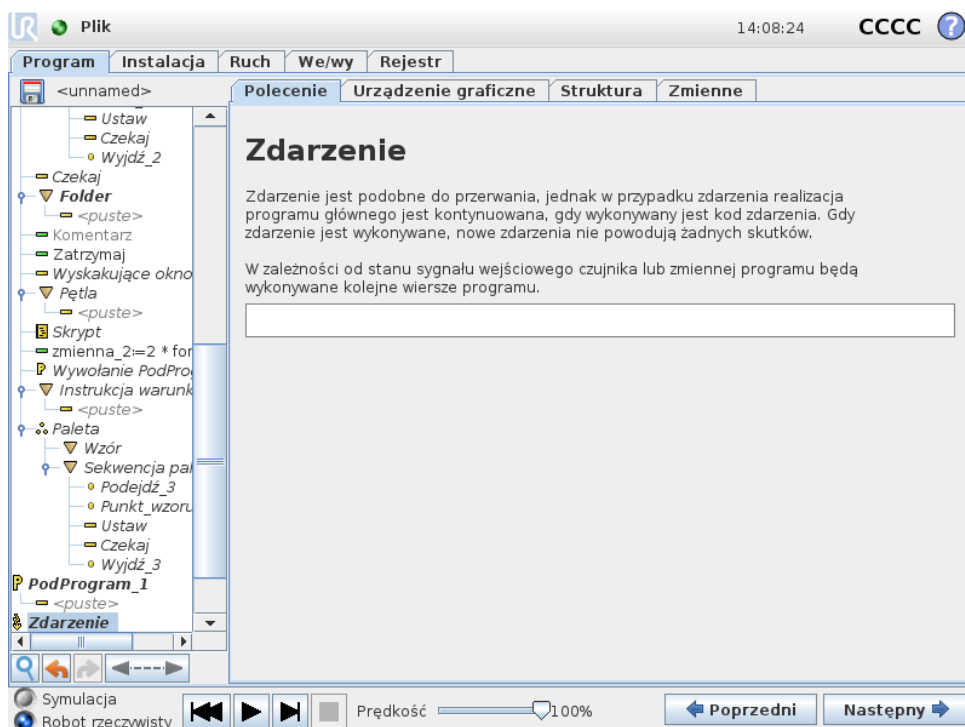
## 14.19 Polecenie: Skrypt



To polecenie umożliwia dostęp do wbudowanego języka skryptowego czasu rzeczywistego wykonywanego przez sterownik robota. Jest ono przeznaczone wyłącznie dla zaawansowanych użytkowników, a instrukcje jego używania można znaleźć w podręczniku skryptów na stronie wsparcia (<http://www.universal-robots.com/support>).

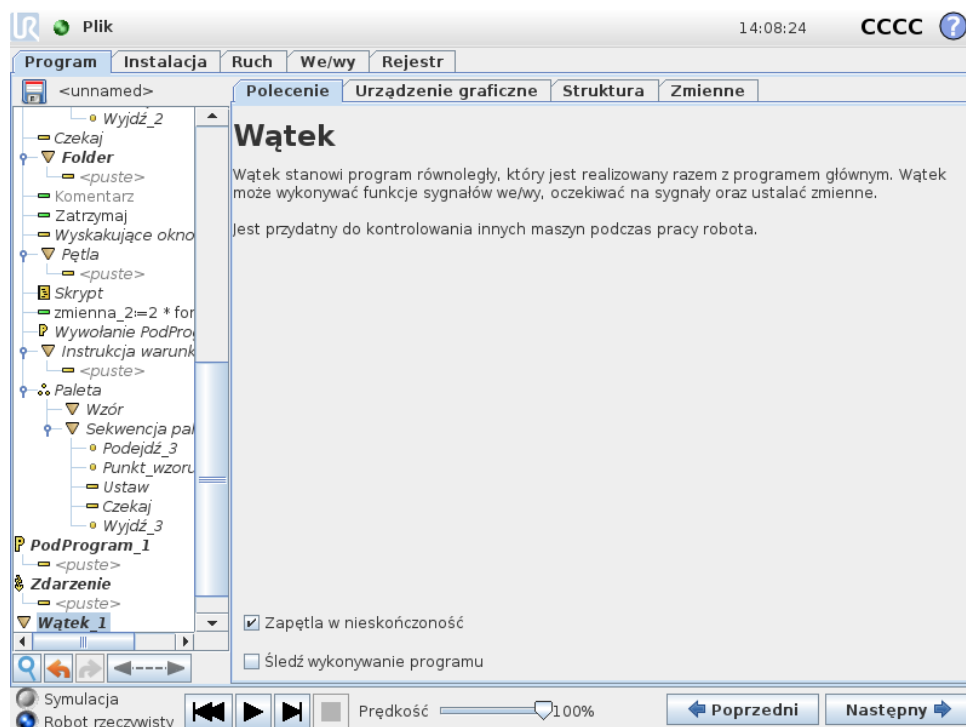
W przypadku wybrania w lewym górnym rogu opcji „Plik” można tworzyć i edytować pliki z programami w skryptach. W ten sposób długie i złożone programy skryptowe mogą być używane łącznie z przyjaznym dla operatora programowaniem pakietu PolyScope.

## 14.20 Polecenie: Zdarzenie



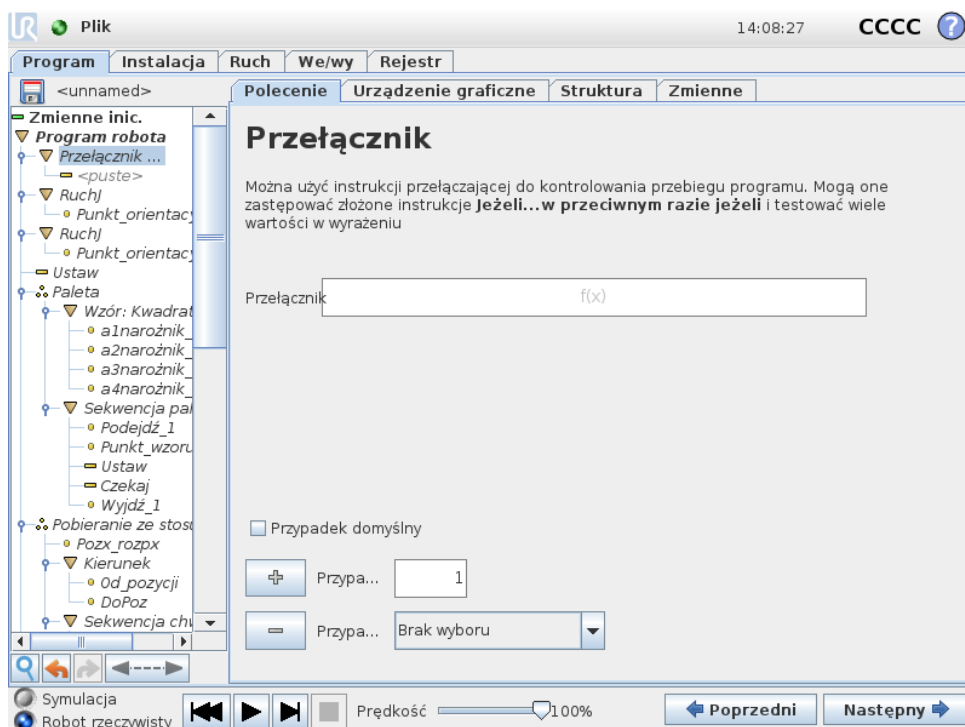
Zdarzenia można użyć do monitorowania sygnału wejściowego i wykonywania pewnego działania lub ustawienia zmiennej, gdy sygnał wejściowy osiąga poziom wysoki. Na przykład w razie osiągnięcia poziomu wysokiego przez sygnał wyjściowy program zdarzenia może odczekać 200 ms, po czym przywrócić niski poziom. Może to znacznie uprościć kod programu w przypadku, gdy jest wyzwalany z maszyny zewnętrznej w sposób narastający, a nie wysokim poziomem na wejściu. Zdarzenia są sprawdzane w każdym cyklu kontrolnym (8 ms).

## 14.21 Polecenie: Wątek



Wątek jest procesem równoległym do programu robota. Wątek może służyć do kontrolowania maszyny zewnętrznej niezależnie od ramienia robota. Wątek może się komunikować z programem robota za pomocą zmiennych i sygnałów wyjściowych.

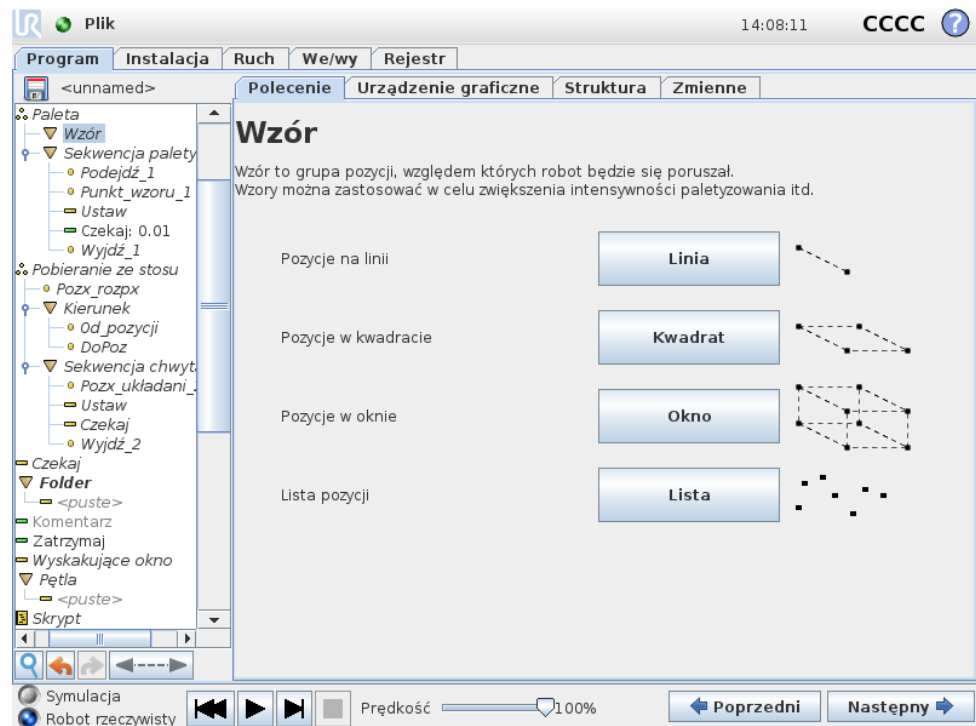
## 14.22 Polecenie: Przełącznik



Konstrukcja „Switch Case” (Przypadek przełącznika) może zmienić zachowanie robota w zależności od wejść czujników lub wartości zmiennych. Edytor wyrażeń służy do opisanego warunku podstawowego i zdefiniowania przypadków, przy których robot powinien przejść do poleceń podrzędnych danego przełącznika. Jeśli warunek zostanie oceniony jako pasujący do jednego z przypadków, wykonywane są linie wewnątrz segmentu Case (Przypadek). Jeśli określony zostanie Default Case (Przypadek domyślny), to linie będą wykonywane tylko wtedy, kiedy nie będzie żadnego innego pasującego przypadku.

Każde polecenie Switch (Przełącznik) może mieć kilka Case (Przypadków) i jeden Default Case (Przypadek domyślny). Polecenie Switch (Przełącznik) może mieć zdefiniowany tylko jeden egzemplarz dowolnej wartości Case (Przypadek). Case (Przypadki) można dodawać za pomocą przycisków na ekranie. Polecenie Case (Przypadek) można usunąć z ekranu dla tego przełącznika.

## 14.23 Polecenie: Wzór



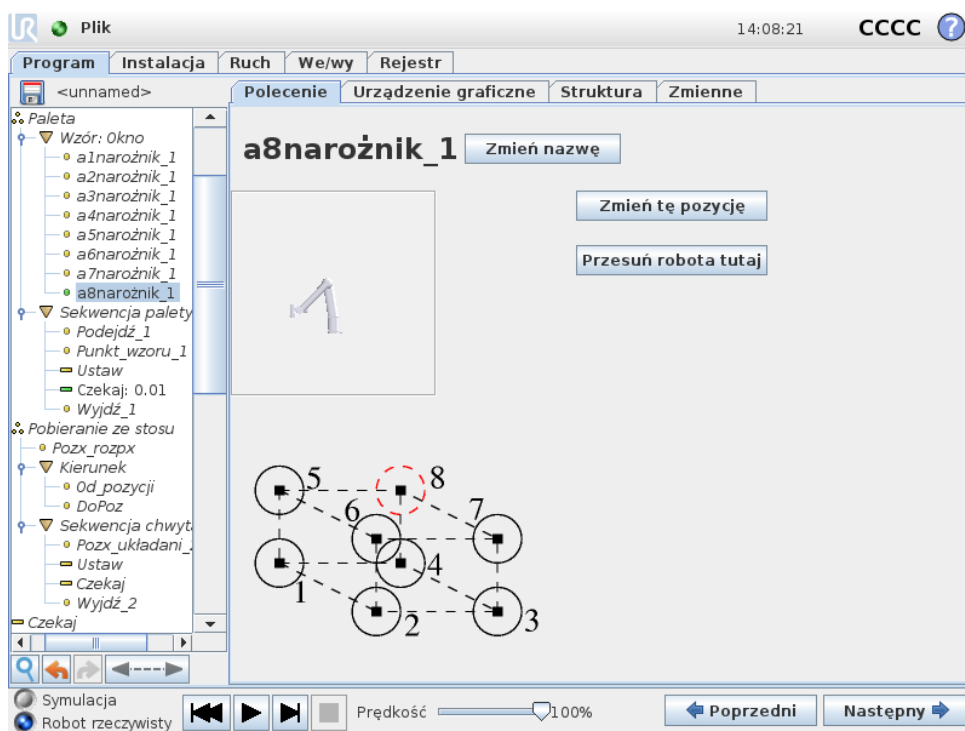
Polecenia Wzór można użyć do przechodzenia między pozycjami w programie robota. Polecenie Wzór odpowiada jednej pozycji podczas każdego wykonania.

Wzór może należeć do jednego z czterech typów. Pierwsze trzy: „Linia”, „Kwadrat” i „Okno” mogą zostać użyte w pozycjach w regularnym wzorcu. Regularne wzorce są definiowane przez liczbę punktów charakterystycznych, przy czym te punkty definiują krawędzie wzorca. W przypadku „linii” są to dwa punkty końcowe, dla „kwadratu” są to trzy z czterech punktów narożnych, zaś dla „okna” są to cztery z ośmiu punktów narożnych. Programista wprowadza liczbę pozycji wzdłuż każdej krawędzi wzorca. Sterownik robota oblicza następnie poszczególne pozycje wzorca, proporcjonalnie dodając wektory brzegowe do siebie.

Jeśli pozycja przez którą należy przejść nie pasuje do regularnego wzoru, można wybrać opcję „Lista”, gdzie programista wprowadza listę wszystkich pozycji. W ten sposób można obsłużyć dowolne rozmieszczenie pozycji.

### Definiowanie wzoru

W przypadku wybrania wzoru „Okno” ekran zmienia się na przedstawiony poniżej.



Do zdefiniowania boku okna we wzorze „Okno” służą trzy wektory. Te trzy wektory są podawane jako cztery punkty, przy czym pierwszy wektor jest skierowany od punktu jeden do punktu dwa, drugi od punktu dwa do punktu trzy, zaś trzeci wektor od punktu trzy do punktu cztery. Każdy wektor jest podzielony na liczbe odstępów czasu. Konkretnie położenie we wzorcu jest obliczane jako zwykłe proporcjonalne dodanie wektorów odstępów czasowych.

Wzory „Linia” i „Kwadrat” działają analogicznie.

Zmienna licznika jest używana podczas przechodzenia między pozycjami wzoru. Nazwa zmiennej jest wyświetlana na ekranie polecenia `Wzór`. Zmienna przyjmuje kolejno wartości od 0 do  $X * Y * Z - 1$ , czyli liczby punktów we wzorze. Tą zmienną można manipulować za pomocą przypisań i można jej używać w wyrażeniach.

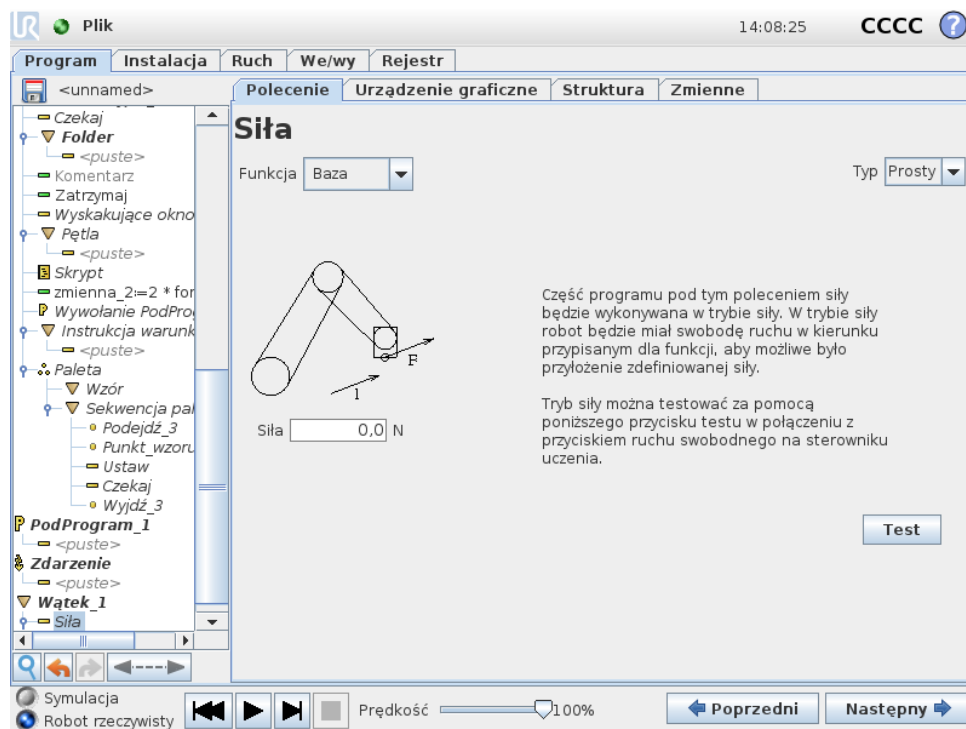
## 14.24 Polecenie: Siła

Tryb siły pozwala na zachowanie zgodności i sił w obieralnej osi z przestrzeni roboczej robota. Wszystkie ruchy ramienia robota w ramach polecenia Siła będą realizowane w trybie Siła. Gdy ramię robota porusza się w trybie Siła, można wybrać jedną lub więcej osi, w której ramię robota jest zgodne. Wzdłuż i wokół osi zgodności ramię robota będzie zachowywać zgodność ze środowiskiem, co oznacza, że automatycznie dostosuje swoją pozycję w celu uzyskania wymaganej siły. Można również sprawić, aby ramię robota samo zastosowało siłę w środowisku, np. do obsługiwanego elementu.

Tryb Siła jest przydatny w przypadku zastosowań, w których rzeczywista pozycja punktu TCP wzdłuż uprzednio zdefiniowanej osi nie jest istotna, ale zamiast tego wymagana jest odpowiednia siła wzdłuż tej osi. Na przykład, jeśli punkt TCP robota ma obracać się wzdłuż zakrzywionej powierzchni albo przy pchaniu lub

ciągnięciu obsługiwanego elementu. Tryb Siła obsługuje również stosowanie określonych momentów wokół wcześniej zdefiniowanych osi. Uwaga: jeśli nie ma żadnych przeszkód na osi, na której ustawiona jest siła inna niż zero, ramię robota będzie próbowało przyspieszyć wzdłuż lub wokół tej osi.

Mimo że oś została wybrana jako zgodna, program robota nadal będzie próbował przemieszczać robota wzdłuż/wokół tej osi. Jednak sterowanie siłą zapewnia, że ramię robota nadal będzie zbliżać się do określonej siły.



## Wybór funkcji

Menu Funkcja umożliwia wybór układu współrzędnych (osi), który będzie używany przez robota, gdy będzie on pracował w trybie Siła. Funkcje w menu to elementy, które zostały zdefiniowane w instalacji, zob. 13.12.

## Typ trybu Siła

Występują cztery różne typy trybu Siła i każdy z nich określa sposób interpretacji wybranej funkcji.

- **Prosty:** Tylko jedna oś będzie zgodna w trybie Siła. Siła wzdłuż tej osi jest regulowana. Wymagana siła zawsze będzie stosowana wzdłuż osi z wybranej funkcji. Jednak w przypadku funkcji linii odbywa się to wzdłuż ich osi y.
- **Rama:** Typ Rama jest przeznaczony do bardziej zaawansowanego użytku. Można tutaj niezależnie wybierać zgodność i siły we wszystkich sześciu stopniach swobody.
- **Punkt:** Gdy wybrany jest typ Punkt, rama zadania ma oś y skierowaną od punktu TCP robota w kierunku punktu charakterystycznego wybranej funkcji. Odległość pomiędzy punktem TCP robota a punktem wybranej funkcji

musi wynosić przynajmniej 10 mm. Należy zwrócić uwagę, że rama zadania zmienia się w czasie wykonywania, ponieważ zmienia się pozycja punktu TCP robota. Oś x i z ramy zadania zależą od oryginalnej orientacji wybranej funkcji.

- **Ruch:** Ruch oznacza, że rama zadania zmienia się wraz z kierunkiem ruchu TCP. Oś x ramy zadania będzie rzutem kierunku ruchu punktu TCP na płaszczyznę rozciągającą się między osią x i osią y wybranej funkcji. Oś y będzie prostopadła do ruchu ramienia robota i będzie w płaszczyźnie x-y wybranej funkcji. Może to być przydatne przy gratowaniu wzdłuż złożonych ścieżek, gdzie siła musi być prostopadła do ruchu TCP. Uwaga, gdy ramię robota się nie porusza: Jeśli tryb Siła zostanie uruchomiony przy nieruchomym ramieniu robota, nie będzie żadnych osi zgodności, dopóki prędkość punktu TCP nie wzrośnie powyżej zera. Jeśli później ramię robota zostanie ponownie unieruchomione ciągle w trybie Siła, rama zadania będzie miała taką samą orientację jak ostatnim razem, gdy prędkość punktu TCP była większa od zera.

W przypadku trzech ostatnich typów rzeczywista rama zadania może być wyświetlona na karcie grafiki (14.29) w czasie wykonywania, gdy robot pracuje w trybie Siła.

---

## Wybór wartości siły

Siła może być ustawiona dla osi zgodnej oraz osi niezgodnej, ale efekty będą inne.

- **Zgodny:** Ramię robota dostosuje swoją pozycję, aby uzyskać wybraną siłę.
- **Niezgodny:** Ramię robota będzie poruszać się zgodnie ze swoją trajektorią ustawioną przez program, uwzględniając zewnętrzną siłę o ustawionej tam wartości.

W przypadku parametrów liniowych siła jest podana w niutonach [N], a w przypadku parametrów obrotowych moment jest podany w niutonometrach [Nm].

---

## Wybór limitów

W przypadku wszystkich osi można ustawić limit, ale ma to różne znaczenie, w zależności od tego, czy oś jest zgodna czy niezgodna.

- **Zgodny:** Limitem jest maksymalna prędkość, jaką punkt TCP może uzyskać wzdłuż lub wokół osi. Jednostki to [mm/s] i [stopnie/s].
- **Niezgodny:** Limitem jest maksymalne odchylenie od trajektorii programu, jakie jest dopuszczalne, zanim nastąpi zatrzymanie ochronne robota. Jednostki to [mm] i [stopnie].

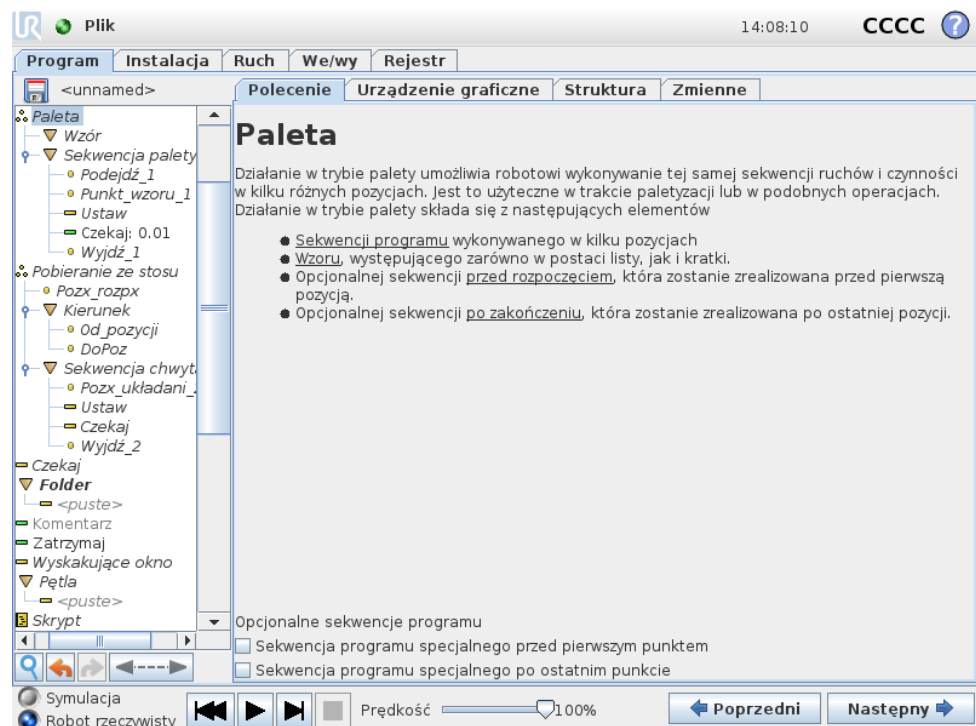
---

## Testuj ustawienia siły

Przycisk wł./wył. z oznaczeniem „Test” przełącza zachowanie przycisku ruchu swobodnego z tyłu sterownika uczenia z normalnego trybu ruchu swobodnego na testowanie polecenia siłowego.

Gdy przycisk Test jest włączony i zostanie naciśnięty przycisk ruchu swobodnego z tyłu sterownika uczenia, robot wykona działanie, jakby program osiągnął to polecenie siłowe. W ten sposób można zweryfikować ustawienia przed uruchomieniem całego programu. Ta możliwość jest szczególnie przydatna do sprawdzania, czy zgodne osie oraz siły zostały wybrane prawidłowo. Wystarczy przytrzymać jedną ręką punkt TCP robota i nacisnąć przycisk ruchu swobodnego drugą ręką. Należy obserwować, w którą stronę robot może lub nie może być przesuwany. Po zamknięciu tego ekranu przycisk Test automatycznie wyłącza się, co oznacza, że przycisk ruchu swobodnego z tyłu sterownika uczenia ponownie znajduje się w zwykłym trybie ruchu swobodnego. Uwaga: Przycisk ruchu swobodnego będzie działał tylko wtedy, gdy zostanie wybrana prawidłowa funkcja dla polecenia Siła.

## 14.25 Polecenie: Paleta



Operacja palety może wykonać szereg ruchów w zbiorze miejsc podanym jako wzorzec, jak opisuje 14.23. W każdym położeniu w ramach wzorca zostanie wykonana sekwencja ruchów względem pozycji wzorca.

### Programowanie operacji Paleta

Należy wykonać następujące kroki:

1. Zdefiniować wzorzec.
2. Utworzyć „sekwencję palety” do pobierania i umieszczania w każdym oddzielnym punkcie. Sekwencja opisuje, co należy zrobić w każdej pozycji wzorca.
3. Za pomocą przełącznika na ekranie polecenia sekwencji należy zdefiniować punkty orientacyjne w sekwencji, które powinny odpowiadać pozycjom wzorca.

## Sekwencja palety/Sekwencja kotwiczenia

W węzle Sekwencja palety ruchy ramienia robota są względne w stosunku do pozycji palety. Zachowanie sekwencji jest takie, że ramię robota znajdzie się w pozycji określonej przez wzorzec w opcji *Pozycja zakotwiczenia/punkt wzorca*. Pozostałe pozycje zostaną przesunięte, aby je dopasować.

Polecenia *Ruch* nie należy używać wewnątrz sekwencji, ponieważ nie będzie ono względne do pozycji zakotwiczenia.

### „Przed uruchomieniem”

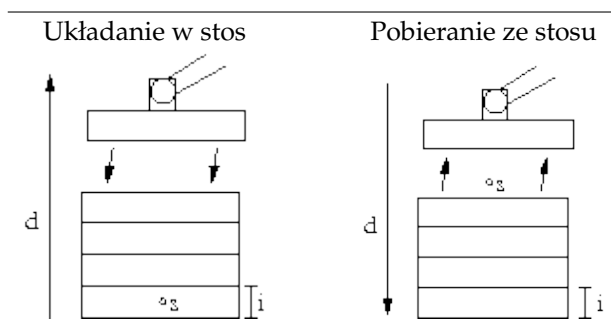
Opcjonalna sekwencja *Przed uruchomieniem* jest wykonywana przed samym rozpoczęciem operacji. Można jej użyć do czekania na sygnały gotowości.

### „Po zakończeniu”

Opcjonalna sekwencja *Po zakończeniu* jest wykonywana po zakończeniu operacji. Może ona służyć do sygnalizacji uruchomienia ruchu przenośnika w celu przygotowania się do następnej palety.

## 14.26 Polecenie: Wyszukaj

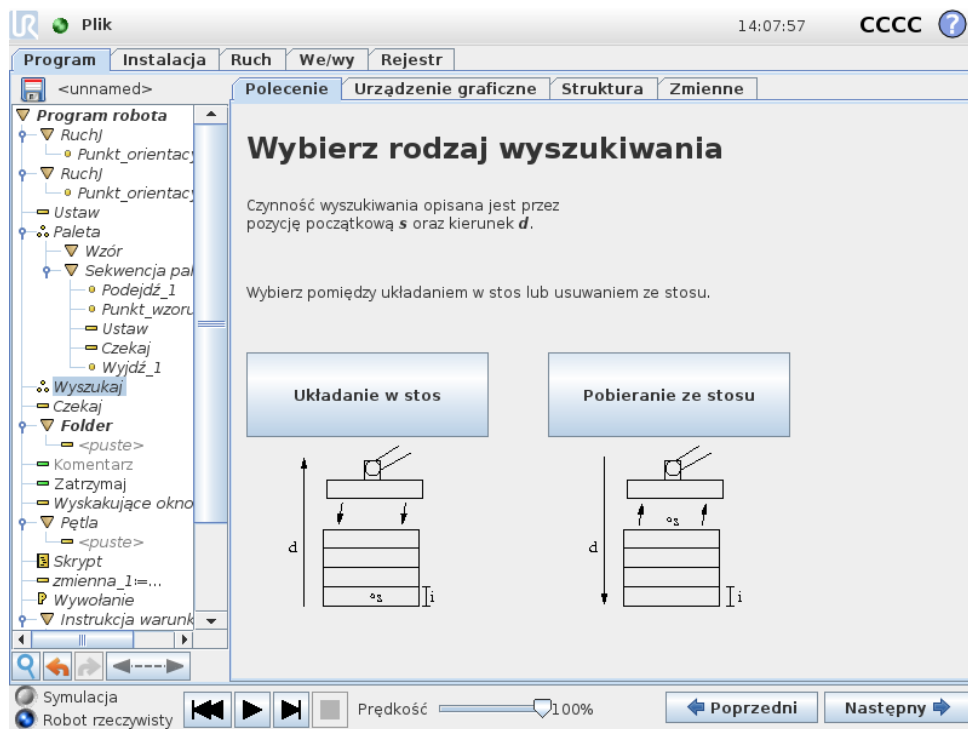
Funkcja wyszukiwania używa czujnika do określenia, czy została osiągnięta poprawna pozycja do uchwycenia lub upuszczenia elementu. Czujnikiem może być przycisk, czujnik ciśnieniowy lub pojemnościowy. Ta funkcja jest przeznaczona do pracy ze stosami elementów o różnej grubości lub w sytuacji, gdy nie jest znane dokładne położenie elementów lub zbyt trudno je zaprogramować.



Podczas programowania operacji wyszukiwania do pracy ze stosem należy zdefiniować punkt początkowy  $s$ , kierunek stosu  $d$  i grubość elementów na stosie  $i$ .

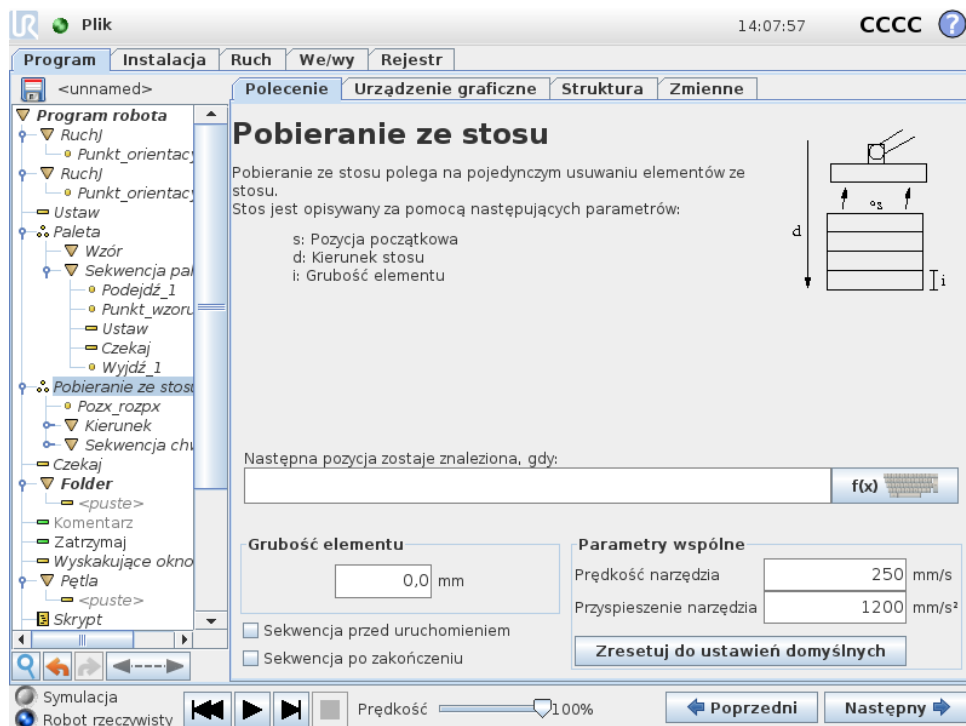
Ponadto należy zdefiniować warunek na wypadek osiągnięcia następnej pozycji w stosie oraz specjalną sekwencję programową, która będzie wykonywana dla każdej z pozycji stosu. Dodatkowo należy podać szybkość i przyspieszenie dla ruchów objętych operacją na stosie.

## Układanie w stos



Podczas układania w stos ramię robota przemieszcza się do punktu początkowego, a następnie porusza się w kierunku *przeciwnym* w celu wyszukania następnej pozycji stosu. Po jego znalezieniu robot zapamiętuje tę pozycję i wykonuje sekwencje specjalną. Następnym razem robot rozpoczyna szukanie od zapamiętanej pozycji powiększonej o grubość elementu w danym kierunku. Układanie w stos jest zakończone, gdy wysokość stosu jest większa niż pewna zdefiniowana liczba lub gdy czujnik wyśle sygnał.

## Pobieranie ze stosu

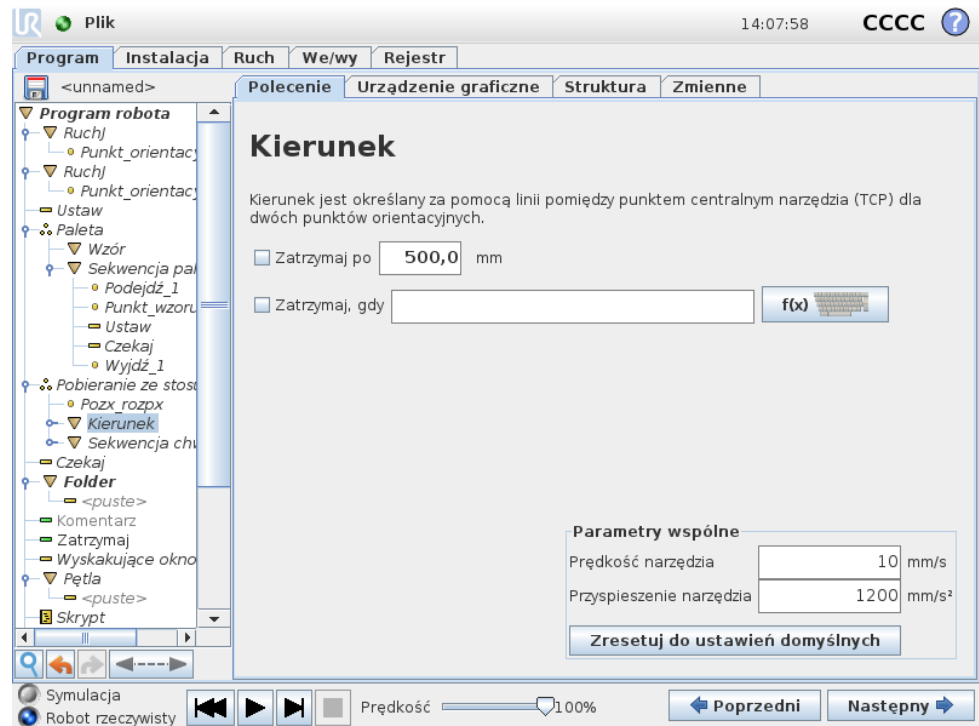


Podczas pobierania ze stosu ramię robota przemieszcza się od punktu początkowego w zadanym kierunku w celu wyszukania następnego elementu. Dotarcie do kolejnego elementu jest określane na podstawie warunku na ekranie. Kiedy warunek zostaje spełniony, robot zapamiętuje pozycję i wykonuje sekwencję specjalną. Następnym razem robot rozpoczyna szukanie od zapamiętanej pozycji powiększonej o grubość elementu w danym kierunku.

### Pozycja początkowa

Pozycja początkowa to pozycja, gdzie rozpoczyna się operacja na stosie. Jeśli pozycja początkowa zostanie pominięta, stos zaczyna się w bieżącej pozycji ramienia robota.

## Kierunek



Kierunek jest określany przez dwie pozycje i jest obliczany jako różnica pozycji między TCP pierwszej pozycją i TCP drugiej pozycji. Uwaga: Kierunek nie uwzględnia orientacji punktów.

### Wyrażenie następnej pozycji układania w stos

Ramię robota porusza się wzdłuż wektora kierunku, ciągle oceniając, czy została osiągnięta następna pozycja stosu. Jeśli wartością wyrażenia będzie Prawda, zostanie wykonana sekwencja specjalna.

### „Przed uruchomieniem”

Opcjonalna sekwencja *Przed uruchomieniem* jest wykonywana przed samym rozpoczęciem operacji. Można jej użyć do czekania na sygnały gotowości.

### „Po zakończeniu”

Opcjonalna sekwencja *Po zakończeniu* jest wykonywana po zakończeniu operacji. Może ona służyć do sygnalizacji uruchomienia ruchu przenośnika w celu przygotowania się do następnego stosu.

### Sekwencja pobierania/umieszczania

Analogicznie do operacji Paleta (14.25) w każdej pozycji stosu jest wykonywana specjalna sekwencja programu.

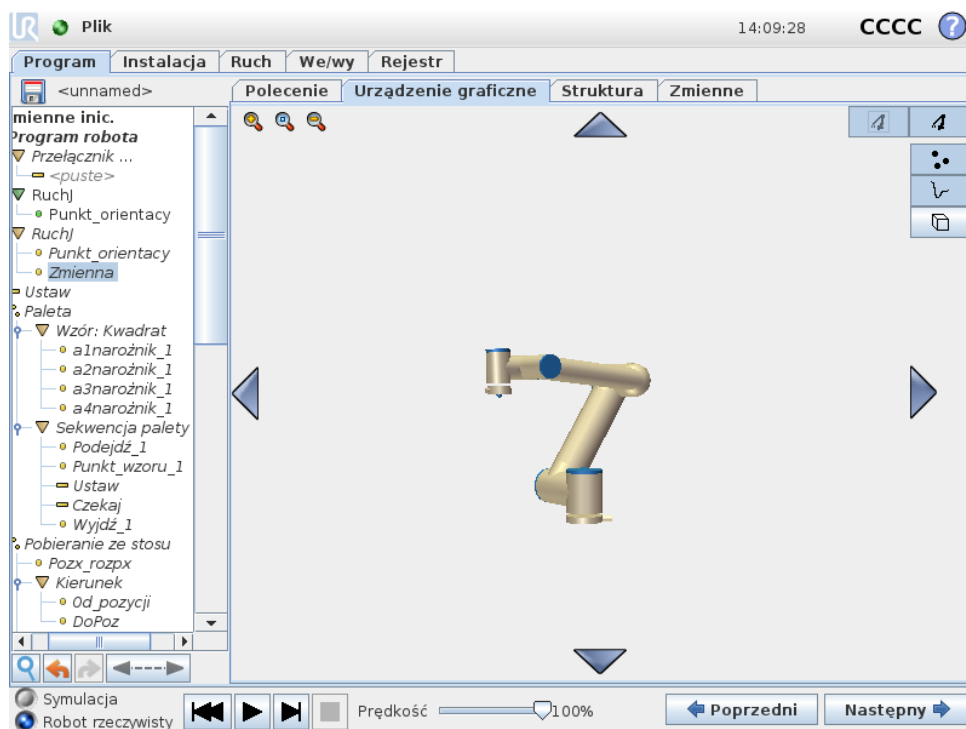
## 14.27 Polecenie: Śledzenie przenośnika

Przy stosowaniu przenośnika można tak skonfigurować robota, aby śledził jego ruch. Dostępny jest przeznaczony do tego węzeł programu Śledzenie przenośnika. Kiedy zdefiniowane w instalacji śledzenie przenośnika jest prawidłowo skonfigurowane, możliwe jest śledzenie przenośnika liniowego lub kołowego. Ten węzeł można dodać z poziomu węzła programu Kreator na karcie Struktura. Kiedy program jest wykonywany w węźle Śledzenie przenośnika, robot dostosowuje swój ruch tak, aby podążać za przenośnikiem. Podczas śledzenia przenośnika są dopuszczalne inne ruchy, lecz są one wykonywane względem ruchu pasa przenośnika.

## 14.28 Polecenie: Zablokuj

Zablokowane wiersze programu są po prostu pomijane podczas wykonywania programu. Zablokowany wiersz można ponownie odblokować później. Jest to szybki sposób wprowadzania zmian w programie bez niszczenia oryginalnej zawartości.

## 14.29 Karta Urządzenie graficzne



Graficzne przedstawienie aktualnego programu robota. Tor punktu centralnego narzędzia (TCP) jest pokazany w widoku 3D, z segmentami ruchu pokazanymi na czarno i segmentami mieszаныmi (przejściami pomiędzy segmentami ruchu) na zielono. Zielone punkty podają pozycje punktu centralnego narzędzia dla każdego z punktów orientacyjnych w programie. Rysunek 3D ramienia robota pokazuje jego aktualną pozycję, a „cień” pokazuje, w jaki sposób osiągnie ono punkt orientacyjny wybrany po lewej stronie ekranu.

Jeśli bieżąca pozycja docelowa punktu TCP robota zbliży się do płaszczyzny bezpieczeństwa lub wyzwalającej albo orientacja narzędzia robota jest w pobliżu limitu granicznego orientacji (zob. 10.12), przedstawiana jest reprezentacja 3D pobliskiego limitu granicznego. Należy pamiętać, że kiedy robot wykonuje program, wizualizacja limitów granicznych jest wyłączona.

Płaszczyzny bezpieczeństwa są przedstawiane w kolorach żółtym i czarnym z małą strzałką normalną do płaszczyzny, która wskazuje tę stronę, po której dozwolone jest pozycjonowanie punktu TCP. Płaszczyzny wyzwalające są przedstawiane w kolorach niebieskim i zielonym z małą strzałką, która wskazuje tę stronę płaszczyzny, po której aktywne są limity trybu *normalnego* (zob. 10.6). Limit graniczny orientacji narzędzia jest wizualizowany przez sferyczny stożek oraz wektor określający bieżącą orientację narzędzia robota. Wnętrze stożka odpowiada polu dopuszczalnemu dla orientacji narzędzia (wektora).

Kiedy docelowy punkt TCP robota nie jest już w pobliżu limitu, przedstawienie 3D nie jest już wyświetlane. Jeśli punkt TCP narusza lub bardzo zbliża się do limitu granicznego, wizualizacja tego limitu zmienia kolor na czerwony.

Widok 3D można powiększać i obracać, aby móc lepiej widzieć ramię robota. Przyciski w prawym górnym rogu ekranu mogą wyłączać różne elementy graficzne w widoku 3D. Dolny przycisk włącza i wyłącza wizualizację pobliskich limitów granicznych.

Pokazane segmenty ruchu zależą od wybranego węzła programu. Jeśli wybrano węzeł *Ruch*, to wyświetlana ścieżka jest ruchem zdefiniowanym przez ten ruch. Jeśli wybrano węzeł *Punkt orientacyjny*, to ekran przedstawia kolejnych ~ 10 kroków ruchu.

## 14.30 Karta struktury



Karta struktury programu umożliwia wstawianie, przenoszenie, kopiowanie i usuwanie różnych rodzajów poleceń.

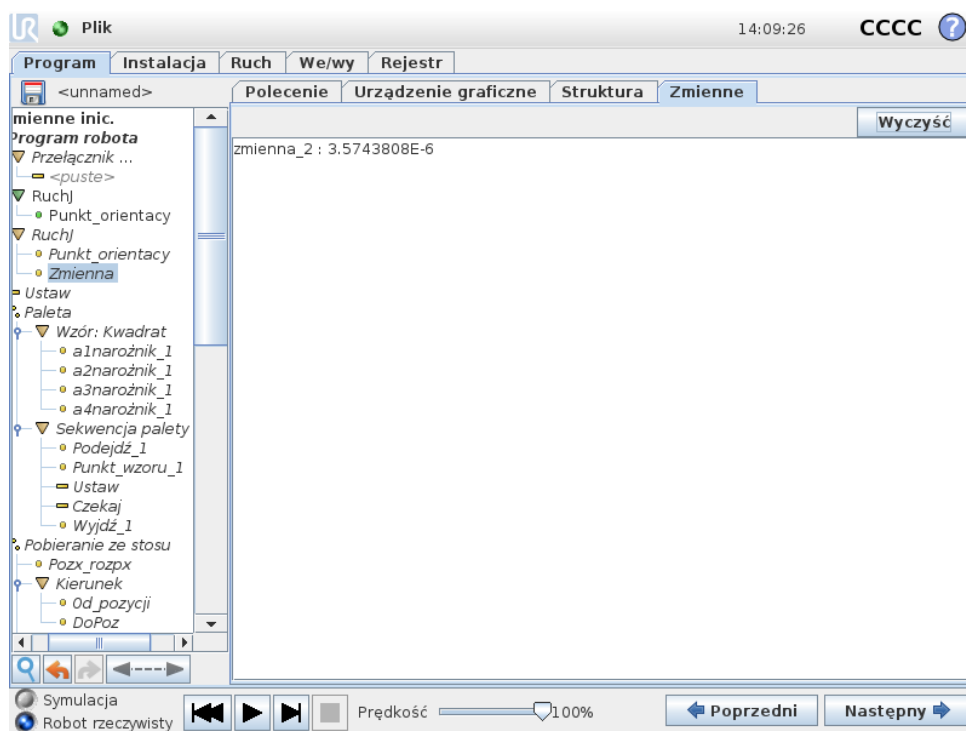
Aby wstawić nowe polecenia, należy wykonać czynności:

- 1) Wybrać istniejące polecenie programu.
- 2) Wybrać, czy nowe polecenie należy wstawić ponad czy pod wybranym poleceniem.
- 3) Nacisnąć przycisk rodzaju polecenia, jakie ma być wstawione. W celu zmiany szczegółów nowego polecenia, przejdź do karty Polecenie.

Polecenia można przesuwać, klonować i usuwać za pomocą przycisków w ramce edycji. Jeśli polecenie ma polecenia podległe (pokazane przez trójkąt obok polecenia), to wszystkie one są również przesuwane, klonowane lub usuwane.

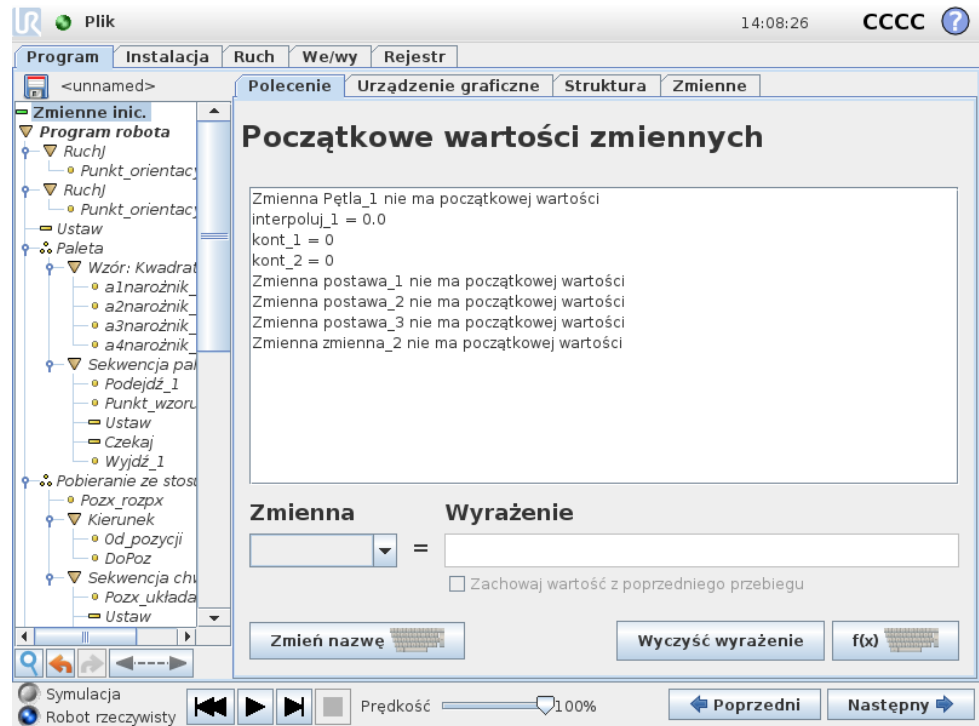
Nie wszystkie polecenia pasują do wszystkich miejsc w programie. Punkty orientacyjne muszą znajdować się pod poleceniem Ruch (niekoniecznie bezpośrednio pod). Polecenia ElseIf oraz Else muszą znajdować się za poleceniem If. Zwykle przenoszenie poleceń ElseIf może prowadzić do bałaganu. Zanim będzie można wykorzystać zmienne, konieczne jest przypisanie im wartości.

## 14.31 Karta zmiennych



Karta zmiennych pokazuje aktualne wartości zmiennych w pracującym programie i utrzymuje listę zmiennych oraz wartości pomiędzy przebiegami programu. Karta pojawia się tylko wtedy, kiedy ma informacje do wyświetlenia. Zmienne są uporządkowane alfabetycznie według nazw. Nazwy zmiennych na tym ekranie są przedstawione z maks. 50 znakami, a wartości zmiennych są przedstawione z maks. 500 znakami.

## 14.32 Polecenie: Inicjalizacja zmiennych



Ten ekran umożliwia ustawianie wartości zmiennej przed rozpoczęciem wykonywania programu (i wszelkich wątków).

Zmienną z listy zmiennych można wybrać, klikając ją lub korzystając z pola wyboru zmiennej. Dla wybranej zmiennej można wprowadzić wyrażenie, które będzie używane do ustawiania wartości zmiennej podczas uruchamiania programu.

W przypadku zaznaczenia pola wyboru „Preferuje zachowanie wartości z ostatniego przebiegu” zmienna zostanie zainicjalizowana do wartości znajdującej się na karcie Zmienne opisanej w p. 14.31. To pozwala na zachowanie w zmiennych ich wartości między kolejnymi wykonaniami programu. Zmienna uzyska wartość z wyrażenia, jeśli program zostanie uruchomiony po raz pierwszy lub jeśli karta wartości zostanie wyczyszczona.

Zmienną można usunąć z programu, ustawiając jej nazwę jako pustą (same spacje).

## 15 Ekran konfiguracji



- **Zainicjuj robota** Przejście do ekranu inicjalizacji, zob. 11.5.
- **Język i jednostki** Konfiguracja języka i jednostek pomiarowych używanych w interfejsie użytkownika, zob. 15.1.
- **Aktualizuj robota** Aktualizacja oprogramowania robota do nowszej wersji, zob. 15.2.
- **Ustaw hasło** Umożliwia zablokowanie dostępu do części programistycznej robota osobom bez znajomości hasła, zob. 15.3.
- **Kalibruj ekran** Kalibrowanie „właściwości dotykowych” ekranu dotykowego, zob. 15.4.
- **Konfiguruj sieć** Otwiera interfejs do konfigurowania połączenia skrzynki sterowniczej z siecią Ethernet, zob. 15.5.
- **Ustaw godzinę** Ustawienie godziny i daty w systemie i konfiguracja formatów wyświetlania zegara, zob. 15.6.
- **Konfiguracja URCap** Przegląd zainstalowanych URCap oraz opcje instalacji i odinstalowywania, patrz 15.7.
- **Powrót** Powrót do ekranu powitalnego.

## 15.1 Język i jednostki

**Skonfiguruj robota**

Zainicjuj robota

Język i jednostki

Aktualizacja robota

Ustaw hasło

Kalibruj ekran

Skonfiguruj sieć

Ustaw godzinę

Konfiguracja URCap

Powrót

**Wybór języka**

Polski

English programming

**Wybór jednostek**

Jednostki metryczne

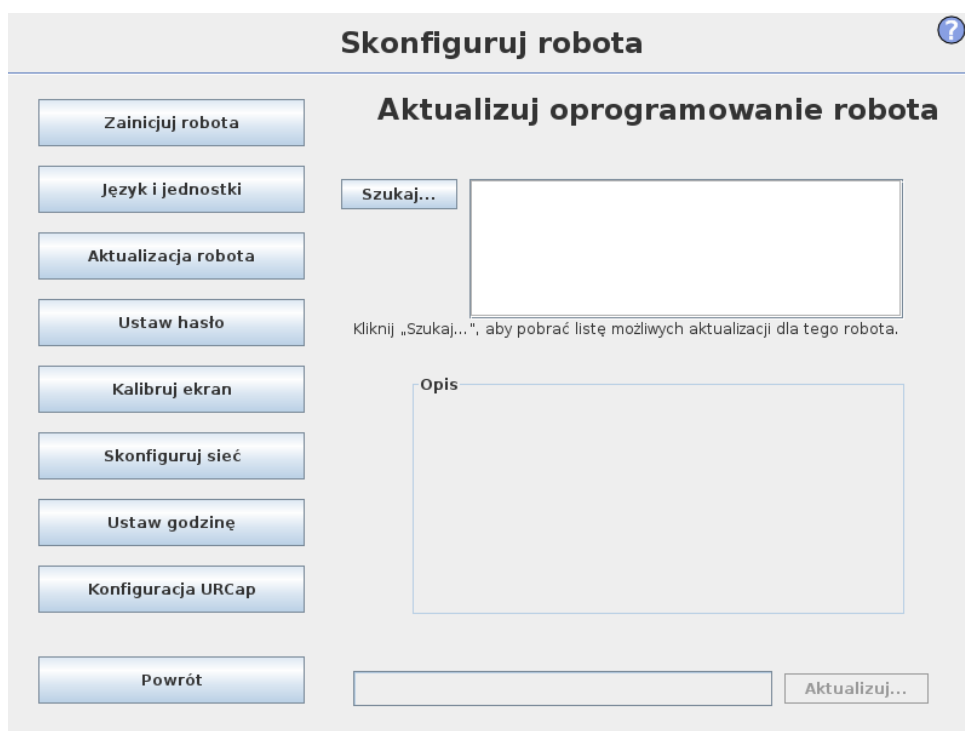
Jednostki amerykańskie

Uruchom ponownie PolyScope, aby zostały wprowadzone nowe ustawienia

U uruchom ponownie

Na tym ekranie można wybrać język i jednostki używane przez PolyScope. Wybrany język będzie używany w napisach widocznych na różnych ekranach PolyScope oraz w osadzonej pomocy. Aby zachować nazwy poleceń w programie robota w języku angielskim, należy zaznaczyć pole „Programowanie angielskie”. Aby zmiany zostały wprowadzone, konieczne jest ponowne uruchomienie PolyScope.

## 15.2 Aktualizacja robota



Aktualizacje oprogramowania mogą być instalowane z pamięci Flash USB. Należy wsunąć nośnik pamięci USB i kliknąć opcję **Szukaj**, aby wyświetlić jego zawartość. Aby wykonać aktualizację, należy wybrać plik, kliknąć opcję **Aktualizuj** i postępować zgodnie z instrukcjami na ekranie.



### OSTRZEŻENIE:

Po każdej aktualizacji oprogramowania należy sprawdzać programy. Aktualizacja może wprowadzić zmiany w ich trajektoriach. Parametry zaktualizowanego oprogramowania można wyświetlić, naciskając przycisk „?” umieszczony w prawym górnym rogu interfejsu GUI. Parametry sprzętowe pozostają niezmienione i można je znaleźć w oryginalnym podręczniku.

## 15.3 Ustawienie hasła

?

### Skonfiguruj robota

Zainicjuj robota

Język i jednostki

Aktualizacja robota

Ustaw hasło

Kalibruj ekran

Skonfiguruj sieć

Ustaw godzinę

Konfiguracja URCap

Powrót

### Zmień hasło systemu

Hasła chronią przed wprowadzaniem zmian w funkcjonowaniu i zachowaniu robota. Zabezpieczone zostaną wszystkie obszary, w których można wprowadzać modyfikacje.

Hasło

Potwierdź hasło

---

### Zmień hasło bezpieczeństwa

Aby ustawić hasło do konfiguracji bezpieczeństwa, wprowadź i potwierdź nowe hasło, a następnie kliknij przycisk. Aby wyczyścić hasło, wprowadź bieżące hasło i kliknij przycisk.

Wprowadź bieżące hasło

Hasło

Potwierdź hasło

Obsługiwane są dwa hasła. Pierwsze jest *opcjonalnym* hasłem systemowym, które zapobiega nieuprawnionym modyfikacjom konfiguracji robota. Po ustawieniu hasła systemowego programy można ładować i uruchamiać bez hasła, ale użytkownik musi je poprawnie wprowadzić, aby tworzyć i zmieniać programy.

Drugie jest *wymaganym* hasłem bezpieczeństwa, które trzeba prawidłowo wprowadzić, aby możliwa była modyfikacja konfiguracji bezpieczeństwa.



**UWAGA:**

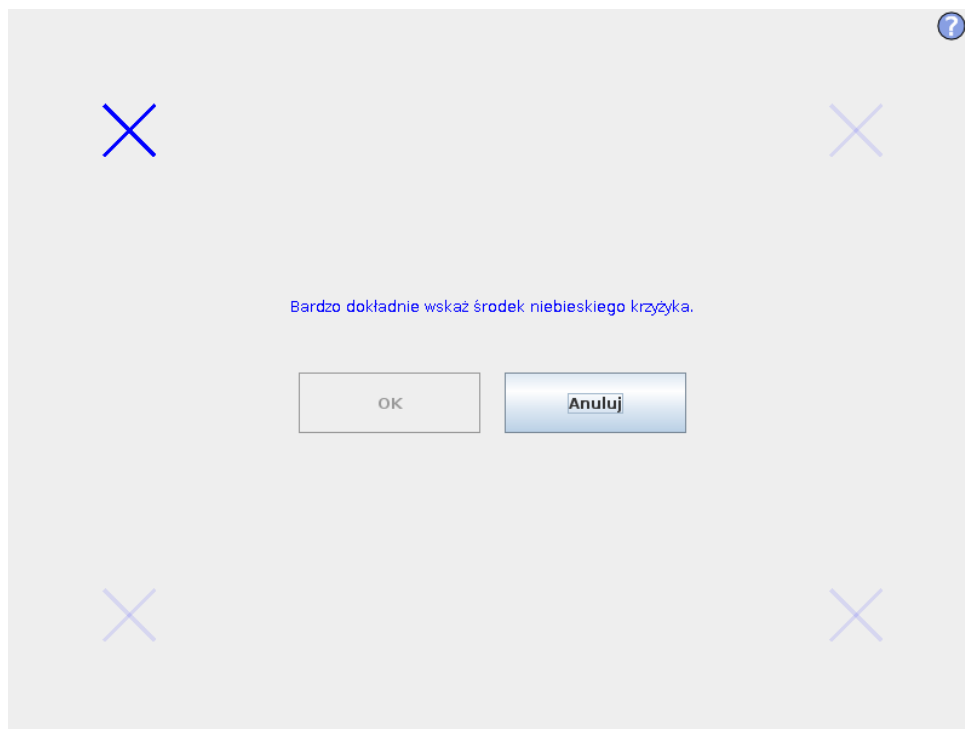
Aby zmienić konfigurację bezpieczeństwa, konieczne jest ustawienie hasła bezpieczeństwa.



**OSTRZEŻENIE:**

Hasło systemowe należy ustawić, aby zapobiegać wprowadzaniu zmian w instalacji robota przez nieupoważnione osoby.

## 15.4 Kalibracja ekranu



Kalibracja ekranu dotykowego. W celu skalibrowania ekranu dotykowego należy postępować zgodnie z instrukcjami wyświetlanymi na ekranie. Preferowane jest wykorzystanie spiczastego, niemetalicznego przedmiotu, takiego jak zamknięty długopis. Ostrożne i staranne działanie pomaga osiągnąć lepsze wyniki.

## 15.5 Skonfiguruj sieć

**Skonfiguruj robota**

**Skonfiguruj sieć**

Wybierz swoją metodę sieci:

- DHCP
- Adres statyczny
- Sieć wyłączona

Szczegółowe ustawienia sieci:

Adres IP:	0.0.0.0
Maska podsieci:	0.0.0.0
Domyślna brama:	0.0.0.0
Preferowany serwer DNS:	0.0.0.0
Alternatywny serwer DNS:	0.0.0.0

Zastosuj      Aktualizuj

Powrót

Panel do konfigurowania sieci Ethernet. Połączenie Ethernet nie jest potrzebne do realizacji podstawowych funkcji robota i jest domyślnie wyłączone.

## 15.6 Ustaw godzinę

**Skonfiguruj robota**

**Ustaw godzinę**

Format godziny:

- 24 godziny
- 12 godzin

Wybierz bieżącą godzinę:

+	+	+
14	:	07
:	:	37
-	-	-

**Ustaw datę**

Wybierz dzisiejszą datę:

25 maj 2016

Format daty:

- 25 maj 2016
- 2016-05-25
- 16-05-25

Uruchom ponownie PolyScope, aby zostały wprowadzone nowe ustawienia

Uruchom ponownie

Powrót

Ustawienie godziny i daty w systemie oraz konfiguracja formatu wyświetlania zegara. Zegar jest wyświetlany w górnej części ekranów *Uruchom program* oraz *Programuj robota*. Dotknięcie zegara spowoduje chwilowe wyświetlenie daty. Aby zmiany zostały wprowadzone, konieczne jest ponowne uruchomienie graficznego interfejsu użytkownika.

## 15.7 Konfiguracja URCap





Górna lista zawiera przegląd wszystkich zainstalowanych *URCap*. Kliknięcie *URCap* powoduje wyświetlenie meta informacji (w tym nazwy *URCap*, wersji, licencji itp.) w obszarze *Informacje o URCap* poniżej listy.

Kliknij przycisk + w dolnej części ekranu, aby zainstalować nowy element *URCap*. Wyświetlone zostanie okno wyboru, gdzie można wybrać plik `.urcap`. Kliknij przycisk *Otwórz*, a *PolyScope* powróci do ekranu ustawień. Wybrany element *URCap* zostanie zainstalowany, a na liście pojawi się po chwili odpowiednia pozycja. Nowo zainstalowane oraz odinstalowane *URCap* wymagają ponownego uruchomienia oprogramowania *PolyScope* i wyświetlony zostanie przycisk *Uruchom ponownie*.

Aby odinstalować dany *URCap*, wystarczy go wybrać na liście, a następnie kliknąć przycisk -. *URCap* zniknie z listy, jednak ponowne uruchomienie oprogramowania jest nadal wymagane.

Ikona obok pozycji na liście informuje o stanie *URCap*. Poniżej opisano różne stany:

-  *URCap: ok*: *URCap* jest zainstalowany i działa prawidłowo.
-  *URCap: błąd*: *URCap* jest zainstalowany, jednak nie można go uruchomić. Skontaktuj się z deweloperem *URCap*.

- 🔄 *URCap: wymagane ponowne uruchomienie:* URCap został zainstalowany i wymagane jest ponowne uruchomienie oprogramowania.