

## 1. Cel i realizacja ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zaplanowanie i utworzenie programu sterującego dla manipulatora KUKA Agilus dla typowego zadania paletyzacji. Zadanie to polega na pobieraniu kolejno elementów z podajnika kolumny (magazynu) i ich układaniu w odpowiednich punktach na stole treningowym. Manipulację pojedynczym elementem można podzielić na kilka etapów:

- podejście chwytakiem do ładunku,
- uchwycenie ładunku,
- transport ładunku do wyznaczonego miejsca przeznaczenia,
- zwolnienie chwytaka i pozostawienie ładunku.

Przed przystąpieniem do realizacji zadania paletyzacji przeprowadzić pomiar układu narzędzia związanego z chwytakiem oraz układu bazowego związanego ze stołem treningowym (zapisać numeryczne dane pomiarowe układu narzędzia i bazy wraz z ich numerami w systemie KRC). Nauczone narzędzie oraz układ bazowy należy wykorzystać w programie w dalszej części ćwiczenia podczas uczenia i obliczania punktów lokalizacji.

Programowanie ruchów robota związane z pobieraniem elementów z podajnika i dojazdem nad stół treningowy przeprowadzić metodą nauczania lokalizacji przez wskazanie (Teach and Repeat) korzystając z formularzy systemu KUKA KRC w trybie użytkownika. Układanie klocków na stole treningowym zrealizować w trybie użytkownika eksperta korzystając z możliwości programowania ruchów w języku KUKA KRL.

Programowanie w języku KRL dla zadania paletyzacji jest szczególnie przydatne do przeprowadzenia obliczeń punktów na palecie względem wybranej lokalizacji odniesienia. Dzięki temu nie jest konieczne wskazywanie wszystkich punktów na palecie a jedynie jednego wybranego punktu odniesienia względem którego będą liczone kolejne. Do takich obliczeń wymagana jest znajomość geometrii ułożenia pól na palecie lub wymiary samych obiektów, co w praktyce często jest znane.

W pierwszym etapie realizacji zadania utworzyć program pobierający detal z kolumny podajnika do pozycji domowej (**zwrócić szczególną uwagę podczas dojazdu do kolumny i właściwe ułożenie szczęk chwytaka!**). Następnie utworzyć program główny, w którym należy wywoływać podprogram pobierania detalu, po czym sekwencję ruchów umożliwiającą odkładanie elementów w kolejnych miejscach na stole treningowym (pamiętać o uczeniu lokalizacji z użyciem odpowiednich, wcześniej zdefiniowanych układów). Dodatkowo wprowadzić sygnalizację etapu wykonywania zadania (pobieranie, odkładanie elementu) poprzez załączanie dostępnych wyjść cyfrowych sterownika, o ile to możliwe skorzystać z wyjść do których dołączono diody LED sygnalizujące stan wyjść.

Utworzony program przetestować w trybie pracy krokowej, następnie w pracy ciągłej ze zredukowaną prędkością (T1) oraz maksymalną (T2), po czym w trybie automatycznym. **Uruchomienie programu z maksymalną prędkością jest dozwolone tylko pod nadzorem prowadzącego!** Przeanalizować ułożony program pod kątem czasu realizacji i optymalności wykonywanych ruchów. Zaproponować i wprowadzić możliwe modyfikacje w programie w celu skrócenia czasu i zakresu wykonywanych ruchów.

W kolejnym etapie przygotować podprogram odkładania elementu do kolumny magazynu. Następnie, korzystając z wcześniej nauczonych i zdefiniowanych lokalizacji, ułożyć program

depaletyzacji z użyciem podprogramu odkładania elementów. Programy przetestować zgodnie z sekwencją podaną powyżej.

## **2. Materiały i przygotowanie do wykonania ćwiczenia**

W ramach przygotowania do realizacji ćwiczenia należy zapoznać się z procedurami kalibracji układów narzędzi i układów bazowych, programowaniem ruchu z poziomu formularzy i w języku KRL oraz obsługą wyjść cyfrowych sterownika robota. Wiadomości niezbędne do wykonania ćwiczenia można znaleźć w następujących dokumentacjach:

- KUKA System Software 8.2, Instrukcja obsługi i programowania użytkownika końcowego, KUKA Roboter GmbH, 2011,
- KUKA System Software 8.2, Operating and Programming Instructions for System Integrators, KUKA Roboter GmbH, 2011,
- KUKA. KUKA College Documentation. Release 1.00, KUKA Roboter GmbH, Augsburg, Niemcy, 2005,
- KUKA. KUKA Seminar workbook. Basic Robot Programming. Release 4.1, KUKA Roboter, Augsburg, Niemcy, 2005,
- Katedra Sterowania i Inżynierii Systemów. Laboratorium Robotyki. Podstawy obsługi i programowania manipulatora KUKA Agilus.

### **1. Cel i realizacja ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest przygotowanie programu sterowania manipulatorem KUKA Agilus do realizacji zadania śledzenia konturów, przydatnego w procesach nakładania kleju czy spawania. Śledzenie (obrabianie) wybranego konturu (elementu) może odbywać się przez narzędzie znajdujące się w końcówce roboczej manipulatora lub przy użyciu nieruchomego narzędzia, gdzie robot manipuluje uchwyconym elementem względem tego narzędzia. Zadania tego typu można podzielić zazwyczaj na trzy etapy:

- uchwycenia narzędzia (detalu),
- manipulacji narzędziem (detalem) wzdłuż zadanego konturu,
- odłożenie narzędzia (detalu).

Przed przystąpieniem do programowania ruchu robota należy przeprowadzić pomiar układu związanego z wybranym narzędziem w postaci pisaka (zapisać numeryczne dane pomiarowe układu narzędzia oraz jego numer w systemie KRC). Po skalibrowaniu wybranego narzędzia, korzystając z formularzy systemu KRC oraz metody nauczania Teach and Repeat, przygotować program zawierający sekwencję ruchów do pobrania narzędzia roboczego. Następnie doprowadzić końcówkę narzędzia do ustalonego początkowego punktu na stole treningowym. Zaprogramować sekwencję ruchu po zadanym konturze z uwzględnieniem warunku utrzymania prostopadłości osi narzędzia w stosunku do powierzchni. Po dojściu do punktu końcowego konturu należy odłożyć narzędzie na miejsce skąd zostało pobrane. Po odłożeniu narzędzia robot ma odczekać 2 s przed osiągnięciem pozycji domowej.

Wprowadzić aktywację wybranego wyjścia cyfrowego na dokładnie np. 0,5 s przez dojściem narzędzia do konturu oraz jego dezaktywację 0,2 s przed opuszczeniem konturu. Ma to na celu symulowanie aktywacji układu dyszy pistoletu z klejem, itp.

Utworzony program przetestować w trybie pracy krokowej, następnie w pracy ciągłej ze zredukowaną prędkością (T1) oraz maksymalną (T2), po czym w trybie automatycznym. **Uruchomienie programu z maksymalną prędkością jest dozwolone tylko pod nadzorem prowadzącego!**

Następnie wprowadzić do programu elementy interakcji z użytkownikiem w postaci sygnalizacji stanu pracy robota (pobieranie narzędzia, śledzenie konturu, odkładanie narzędzia) na wyjściach cyfrowych sterownika, o ile to możliwe skorzystać z wyjść do których dołączono diody LED sygnalizujące stan wyjść. Dodatkowo wprowadzić zezwolenie na uruchomienie poszczególnych etapów programu śledzenia przez sprawdzenie stanu wybranych wejść cyfrowych dostępnych w systemie KRC. Ponownie przetestować program zgodnie z sekwencją podaną powyżej.

### **2. Materiały i przygotowanie do wykonania ćwiczenia**

W ramach przygotowania do realizacji ćwiczenia należy zapoznać się z procedurami kalibracji układów narzędzi i układów bazowych, programowaniem ruchu z poziomu formularzy oraz obsługą wejść i wyjść cyfrowych sterownika robota. Wiadomości niezbędne do wykonania ćwiczenia można znaleźć w następujących dokumentacjach:

- KUKA System Software 8.2, Instrukcja obsługi i programowania użytkownika końcowego, KUKA Roboter GmbH, 2011,
- KUKA System Software 8.2, Operating and Programming Instructions for System Integrators, KUKA Roboter GmbH, 2011,
- KUKA. KUKA College Documentation. Release 1.00, KUKA Roboter GmbH, Augsburg, Niemcy, 2005,
- KUKA. KUKA Seminar workbook. Basic Robot Programming. Release 4.1, KUKA Roboter, Augsburg, Niemcy, 2005,
- Katedra Sterowania i Inżynierii Systemów. Laboratorium Robotyki. Podstawy obsługi i programowania manipulatora KUKA Agilus.

### 1. Cel i realizacja ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zaplanowanie i utworzenie programu sterującego dla manipulatora Stäubli dla wybranego zadania (śledzenia konturu lub paletyzacji) wraz z obsługą wejść oraz wyjść cyfrowych.

Realizację ćwiczenia należy rozpocząć od utworzenia nowej aplikacji w systemie sterownika i wprowadzenia danych narzędzia chwytak/pisak. Następnie, do wybranego zadania śledzenia lub paletyzacji, zaplanować i zebrać punkty metodą nauczania przez wskazanie (Teach and Repeat). W kolejnym kroku napisać program sterujący korzystając z panelu MCP lub oprogramowania SRS. Przygotowaną aplikację uruchomić i przetestować w pracy krokowej z ograniczoną prędkością, a następnie w trybie automatycznym. **Uruchomienie programu z maksymalną prędkością jest dozwolone tylko pod nadzorem prowadzącego!**

W kolejnym etapie rozszerzyć program o obsługę wejść/wyjść cyfrowych. Od stanu wejść można uzależnić sposób wykonywania programu (np. odpowiednie reagowanie na informację z czujników), natomiast na wyjściach aktywować urządzenia zewnętrzne w celi robota czy też sygnalizować stan pracy manipulatora. Jednym z podstawowych zastosowań wyjść cyfrowych jest zmiana stanu chwytaka, przy czym typowo wykorzystuje się w tym celu dedykowane wyjścia do sterowania narzędzi montowanych na manipulatorze.

W przypadku manipulatora Stäubli i języka VAL 3, do obsługi wejść/wyjść cyfrowych służy typ zmiennych `dio`. Korzystanie z wejść/wyjść wymaga utworzenia w aplikacji zmiennych globalnych w grupie zmiennych `dio` oraz powiązanie ich z fizycznymi adresami wejść/wyjść modułów zainstalowanych w sterowniku. Do połączenia logicznego służy opcja `Link`. Podstawowym modułem we/wy cyfrowych w sterowniku jest moduł `BasicIO`. Kolejnym krokiem jest utworzenie w programie zmiennych lokalnych typu `dio` oraz połączenie ich ze zmiennymi globalnymi w aplikacji (instrukcja `dioLink`). Po wykonaniu tych czynności można korzystać z wejść/wyjść stosując wartości logiczne `true` oraz `false`. Przy korzystaniu z wejść i wyjść pomocne mogą być funkcje `dioSet`, `dioGet` oraz `ioStatus` (patrz dokumentacja).

### 2. Materiały i przygotowanie do wykonania ćwiczenia

W ramach przygotowania do realizacji ćwiczenia należy przypomnieć podstawy obsługi manipulatora, programowania w języku VAL 3 oraz zapoznać się z obsługą wejść i wyjść cyfrowych sterownika robota. Wiadomości niezbędne do wykonania ćwiczenia można znaleźć w następujących dokumentacjach:

- Katedra Sterowania i Inżynierii Systemów. Laboratorium Robotyki. Podstawy obsługi i programowania manipulatora Stäubli TX60L,
- Stäubli VAL 3 Reference Manual, Stäubli 2010,
- Stäubli Robotics Suite, Users manual, Stäubli 2010.

## 1. Cel i realizacja ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie możliwości kontroli przebiegu programu w systemie robota Fanuc z wykorzystaniem instrukcji rozgałęzień, wywoływania podprogramów, rejestrów oraz obsługi wejść i wyjść cyfrowych.

Realizację ćwiczenia należy rozpocząć od pomiaru (zdefiniowania) narzędzia w postaci chwytaka korzystając z kostki kalibracyjnej. W kolejnym kroku przygotować co najmniej dwa programy realizujące zadania manipulacyjne (jednym z nich może być program paletyzacji). Wzorując się na programach otwierania/zamykania chwytaka przygotować własny program typu "Macro" realizujący podobne zadanie. Następnie, utworzyć program główny w którym zostaną wywołane przygotowane wcześniej programy (instrukcja CALL) oraz makroinstrukcje. Przetestować program główny w pracy krokowej i ciągłej z ograniczoną prędkością. **Uruchomienie programu z maksymalną prędkością jest dozwolone tylko pod nadzorem prowadzącego!**

W dalszej części ćwiczenia użyć rejestry typu R[i] oraz instrukcje warunkowe IF, SELECT do kontroli wyboru danego podprogramu w zależności od wartości rejestrów. Zmodyfikować również sposób wywoływania podprogramów tak, aby możliwe było przekazywania parametrów przez stałą oraz rejestry typu R[i] lub AR[i]. Od wartości parametrów uzależnić liczbę powtórzeń danego podprogramu (użyć pętli FOR).

Na koniec wprowadzić do programów obsługę wejść/wyjść cyfrowych. Używanie we/wy wymaga powiązania logicznych numerów w przestrzeni adresowej z fizycznymi we/wy zainstalowanych w systemie modułów. W systemie robota Fanuc w ogólności dostępne są cyfrowe we/wy ogólnego przeznaczenia DI[i]/DO[i], we/wy ramienia robota RI[i]/RO[i] oraz analogowe AI[i]/AO[i]. Możliwe jest również grupowe używanie wejść i wyjść. Przygotowane programy zmodyfikować tak, aby na wybranych wyjściach sygnalizować pracę danego podprogramu. Dodatkowo uzależnić możliwość wykonania podprogramu od stanu wybranych wejść cyfrowych.

## 2. Materiały i przygotowanie do wykonania ćwiczenia

W ramach przygotowania do realizacji ćwiczenia należy przypomnieć podstawy obsługi i programowania manipulatora oraz zapoznać się z instrukcjami kontroli przebiegu programu, korzystaniem z rejestrów jak również używaniem wejść i wyjść cyfrowych sterownika robota. Wiadomości niezbędne do wykonania ćwiczenia można znaleźć w następujących dokumentacjach:

- Katedra Sterowania i Inżynierii Systemów. Laboratorium Robotyki. Podstawy obsługi i programowania manipulatora LR Mate 200iD\7L,
- Fanuc Robotics. FANUC Robot series, R-30iB / R-30iB Mate Controller Operator's Manual (Basic Operation).

### 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie z podstawowymi możliwościami i programowaniem przemysłowego systemu wizyjnego OMRON Xpectia FZ2.

### 2. Realizacja ćwiczenia

W trakcie ćwiczenia, oprócz systemu wizyjnego, należy wykorzystać dostępne na stanowisku tarcze z przygotowanymi obiektami w postaci kodów kreskowych, ciągów cyfr, liter czy kolorowych figur. W pierwszej kolejności po uruchomieniu systemu należy przeprowadzić konfigurację parametrów kamery oraz oświetlacza dla wybranej sceny w bloku "*Camera Input*". Prawidłowa konfiguracja kamery powinna zapewnić poprawną rejestrację obrazu obiektów o odpowiedniej do dalszego przetwarzania wielkości, jasności, ostrości oraz bez refleksów światła. Następnie wykonać wybrane przez prowadzącego zadania z poniższego zestawu (lub podane dodatkowe):

- Realizacja filtracji obrazu - blok "*Filtering*",
- Wyszukiwanie obiektów - blok "*Search*",
- Identyfikacja obiektów - blok "*Classification*",
- Rozpoznawanie znaków - bloki "*Model Dictionary*" oraz "*Character Inspection*",
- Wykrywanie obiektów o zadanych kolorach - blok "*Color Data*",
- Wykrywanie położenia krawędzi obiektu - bloki "*Edge Position*" i "*Edge Pitch*",
- Zliczanie obiektów - blok "*Labeling*",
- Wyświetlanie wyników - blok "*Result Display*".

### 2. Materiały i przygotowanie do wykonania ćwiczenia

W ramach przygotowania do realizacji ćwiczenia zapoznać się z podstawami obsługi i programowania systemów serii Xpectia. Wiadomości niezbędne do wykonania ćwiczenia można znaleźć w następujących dokumentacjach:

- OMRON FZ2/FZD Series Vision sensor User's Manual,
- Przemysłowy system wizyjny OMRON Xpectia FZ3, opis ćwiczenia, SWwRlab7.