ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

*«*САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»

Институт машиностроения, материалов и транспорта

Высшая школа автоматизации и робототехники

**Курсовой проект**

по дисциплине «Объектно-ориентированное программирование»

**«Программирование промышленного манипулятора KUKA»**

Пояснительная записка

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Выполнил  студент гр. 3331506/10401 | *(подпись)* | Андреев А. И.  Гатауллина Н. Р.  Рыбьяков Д. А. |
| Работу принял | *(подпись)* | Ананьевский М.С. |

Санкт-Петербург

2024 г.

# Оглавление

[Оглавление 2](#_Toc166507704)

[Техническое задание 3](#_Toc166507705)

[1. Введение 4](#_Toc166507706)

[2. Ход работы 5](#_Toc166507707)

[2.1. Знакомство с роботом 5](#_Toc166507708)

[2.1.1. Общая информация 5](#_Toc166507709)

[2.1.2. Приведение робота в работоспособное состояние 6](#_Toc166507710)

[2.2. Управление роботом в ручном режиме 7](#_Toc166507711)

[2.3 Подключение к роботу 8](#_Toc166507712)

[2.4. Программирование робота 8](#_Toc166507713)

[2.4.1. Структура 8](#_Toc166507714)

[2.4.2. Переменные и типы данных 9](#_Toc166507715)

[2.4.3. Условные операторы 10](#_Toc166507716)

[2.4.4. Циклы 10](#_Toc166507717)

[3. Итоговая реализация 11](#_Toc166507718)

[Заключение 14](#_Toc166507719)

[Список литературы 15](#_Toc166507720)

[Приложение 16](#_Toc166507721)

# Техническое задание

Изучить теоретические сведения о роботе KUKA, протестировать базовые настройки, произвести юстировку, разработать и написать программу для робота KUKA KR 6 R900 sixx.

# 1. Введение

Компания KUKA является одним из ведущих производителей промышленных роботов. У них нет жесткого деления на категории, роботы из разных классов могут одинаково хорошо использоваться в решении различных задачи. Они придерживаются следующей философии: робот должен подбираться под задачу, а не наоборот. Их промышленные роботы обычно делятся на 7 категорий по диапазонам рабочих нагрузок:

* Малые роботы (7–14 кг) (компактные и очень быстрые роботы, которые предназначены для работы с миниатюрными деталями в набольших производственных ячейках 600х600 мм)
* Низкий класс грузоподъемности (5–16 кг) (они оптимизированы для применения в условиях непрерывного производства, подходят для сварки, нанесения клеев и герметиков, имеют даже на большой скорости работы высокую точность позиционирования)
* Средний класс грузоподъемности (30–60 кг) (предназначены для работы роботов в экстремальных условиях литейного производства, также подходят для молярных, сварочных и погрузочно-разгрузочных работ)
* Высокий класс грузоподъемности (80–300 кг) (имеют модульную систему и большое разнообразие модулей, благодаря чему подходят для любой производственной среды)
* Сверхмощные роботы (до 1300 кг) (могут точно и быстро работать с грузами достигающими 1300 кг, могут обрабатывать тяжелые грузы на расстоянии до 6 метров)
* Паллетайзеры (роботы предназначены для укладки грузов на поддоны в точном порядке и с высокой скоростью)
* Коллаборативные роботы (7–14 кг) (эти роботы способны мгновенно реагировать на препятствия и останавливаться, могут безопасно взаимодействовать с человеком, а также имеют функцию обучения с помощью обратной связи)

В рамках выполнения курсового проекта используется робот KUKA KR 6 R900 sixx с системой управления KRC4.

# 2. Ход работы

## 2.1. Знакомство с роботом

### 2.1.1. Общая информация

В комплектацию робота входит:

1. Робот
2. Система правления роботом
3. Переносное программирующее устройство
4. Соединительные кабели

Изображение выглядит как машина, игрушка

Автоматически созданное описание

*Рисунок 1. Составляющие части робота.*

На выходном фланце робота в качестве захвата используется захват SCHUNK MEG 40 EC способный брать небольшие объекты простой формы. Он представлен на рисунке 2.

Изображение выглядит как машина, дрель, в помещении, инструмент

Автоматически созданное описание

*Рисунок 2. Захват SCHUNK MEG 40 EC.*

Изображение выглядит как инструмент, машина, в помещении, дрель

Автоматически созданное описание

*Рисунок 3. Промышленный манипулятор KUKA.*

### 2.1.2. Приведение робота в работоспособное состояние

Для включения системы управления робота необходимо переключить тумблер, находящийся на задней стороне короба системы управления показанный на рисунке 4.

Изображение выглядит как машина, Электронная техника, электроника, Электрическая проводка

Автоматически созданное описание

*Рисунок 4. Задняя сторона системы управления*

После этого необходимо на пульте управления KUKA smartPAD выбрать один из трех режимов работы робота.

Режим Т1 – ручной снижение скорости. Используется для тестовой эксплуатации, программирования и обучения. Имеет пониженные скорости.

Режим Т2 – ручной высокая скорость. Используется для тестовой эксплуатации. Скорость соответствует запрограммированной.

Режим AUT – автоматический режим. Используется для нормальной эксплуатации.

## 2.2. Управление роботом в ручном режиме

Робот имеет возможность управляться в режиме реального времени с помощью KUKA smartPAD представленного на рисунках 5 и 6.

Изображение выглядит как гаджет, Электронное устройство

Автоматически созданное описание

*Рисунок 5. Передняя сторона пульта управления KUKA smartPAD.*

Изображение выглядит как аксессуар, Багаж и сумки, мешок, рюкзак

Автоматически созданное описание

*Рисунок 6. Задняя сторона пульта управления KUKA smartPAD.*

После включения системы управления необходимо отжать кнопку 3 с передней панели пульта и выбрать режим Т1. Для управления роботом необходимо удерживать в среднем положении кнопки 1, 3 или 4 с задней панели пульта и с помощью блока кнопок 5 с передней панели пульта регулировать положение робота. Также робот может управляться с помощью пространственной 6D-мыши под номером 4 на передней панели пульта.

В ручном режиме легче всего управлять каждой из его степеней свободы. Всего степеней подвижности 6 (без учета степеней подвижности устанавливаемого захвата), все кинематические пары в манипуляторе являются вращательными. Также роботом можно управлять в различных системах координат, описываемых положением относительно осей X, Y, Z и углом поворота относительно этих осей A, B, C. Системы координат могут быть связаны с базой робота, с инструментом робота, а также они могут быть настроены так как удобно пользователю.

Также в ручном режиме, как и в программном можно менять системы координат, в которых производится управление. Основных системы координат 3: WORLD, BASE, TOOL. BASE это система координат связанная с местом крепления робота. WORLD переназначаемая которую можно поставить в любое место для упрощения написания программы. TOOL связана с инструментом. Каждая из этих систем координат может быть изменена в программе и в дальнейшем использована.

## 2.3 Подключение к роботу

В первую очередь необходимо подключить компьютер к KLI порту контроллера KUKA с помощью кабеля Ethernet. Далее необходимо установить IP-адрес компьютера в регион IP-адреса робота. Чтобы узнать IP-адрес робота необходимо нажать на значок робота на SmartPad, перейти в раздел Start-up, затем в Network Configuration. IP - адрес робота – 172.31.1.147, поэтому мы установили адрес 172.31.1.146, чтобы он находился в том же регионе, но не совпадал с адресом робота.

Помимо этого, для корректной работы с контроллером KUKA, необходимо установить язык системы, такой же как язык системы SmartPad, в нашем случае английский. WorkVisual позволяет скачивать существующие в роботе проекты редактировать, удалять и создавать новые и затем загружать их обратно в память робота. Для того, чтобы можно было принять проекты выгружаемые из WorkVisual необходимо установить на SmartPad уровень доступа Expert. Переходим в раздел Users, устанавливаем режим Expert, используя стандартный пароль KUKA.

## 2.4. Программирование робота

### 2.4.1. Структура

Программирование всех роботов KUKA осуществляется с помощью языка программирования высокого уровня KRL (KUKA Robot Language) разработанным компанией KUKA.

Любая программа на языке KRL состоит из двух текстовых файлов c расширениями \*.src и \*.dat, где \* - одно и то же имя. В файле \*.src (файл кода) находится код программы, а в файле \*.dat (файл данных) расположены описания переменных, точек, массивов и т. д. для сокращения размера файла \*.src.

Файл \*.src состоит из «главной» и «дополнительных» функций. «Главная» функция должна называться так же, как и сам (\*.src) файл, в котором она находится.

Функции в KRL состоят из трех основных разделов которые строго должны идти друг за другом.

Раздел объявления служит для объявления переменных, массивов, точек, структур и т. д. Раздел инициализации нужен для инициализации переменных, массивов и т. д., объявленных в разделе объявления. Раздел инструкций является основным разделом, в котором находится основной код программы. Объявление функции начинается с ключевого слова «DEF» и заканчивается словом «END».

### 2.4.2. Переменные и типы данных

Для объявления переменной необходимо сначала прописать DECL (выделяет место в памяти под переменную), затем тип данных, а потом имя переменной.

DECL INT VAR\_1

На рисунке 7 представлены простые типы данных языка KRL.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

*Рисунок 7 – простые типы данных языка KRL*

Также в KRL существуют структурные типы данных, в которых очень удобно обозначать позицию робота. На рисунке представлены основные структурные типы заранее определенные в KRL.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, желтый

Автоматически созданное описание

*Рисунок 8 – основные структурные типы*

### 2.4.3. Условные операторы

Условный оператор IF

IF условие THEN

Инструкции, если условие равно TRUE

ELSE

Инструкции, если условие равно FALSE

ENDIF

Условный оператор SWITCH

SWITCH имя переменной

CASE значение переменной

Инструкции, если переменная приняла значение выше

CASE

Инструкции, если переменная приняла значение выше

DEFAULT

Инструкции в ином случае

ENDSWITCH

### 2.4.4. Циклы

Цикл WHILE

WHILE условие

инструкции

ENDWHILE

Цикл FOR

FOR счетчик = начало TO конец STEP шаг

инструкции

ENDFOR

# 3. Итоговая реализация

В ходе изучения программирования роботов KUKA была реализована программа на языке KRL для робота KUKA KR 6 R900 sixx.

В первой использовалась среда программирования WorkVisual разработанная специально для работы с роботами KUKA. В ходе выполнения программы робот построит и разберет трехэтажную плоскую пирамиду. Полный код программы представлен в приложении, а здесь основные моменты.

Сначала идет раздел объявления, в котором были объявлены все переменные, которые используются далее.

DECL INT COUNTER

DECL INT CUBE

DECL INT CUBE\_DISTANCE

DECL FRAME CUBE\_POS

DECL FRAME VERT\_MOVE

DECL FRAME START\_PYRAMID

DECL FRAME NEW\_HOME

Далее идет раздел инициализации, в котором были присвоены некоторые из переменных. Мы привели робота в рабочее положение (NEW\_HOME) из которого будем начинать и установили эту точку как систему координат BASE. Также задали точки, из которых будем начинать строить пирамиду и брать кубики.

CUBE = 30

CUBE\_DISTANCE = 10

CUBE\_POS = {X 0, Y 0, Z 0, A 0, B 0, C 0}

START\_PYRAMID = {X 0, Y 300, Z 0, A 0, B 0, C 0}

NEW\_HOME = {X 94.9, Y 862.6, Z 43.9, A 146, B 0, C 0}

Потом проводятся некоторые настройки робота чтобы дальнейшая программа выполнялась корректно.

GRAB\_OPEN()

$BASE = $WORLD

$BASE = NEW\_HOME

После этого идут два цикла которые собирают и разбирают пирамиду, после них основная функция заканчивается.

FOR COUNTER = 1 TO 6 STEP 1

CUBE\_POS.X = CUBE\_POS.X - CUBE - CUBE\_DISTANCE

VERT\_MOVE = CUBE\_POS

VERT\_MOVE.Z = VERT\_MOVE.Z + 60

PTP VERT\_MOVE

PTP CUBE\_POS

GRAB\_CLOSE()

PTP VERT\_MOVE

VERT\_MOVE = START\_PYRAMID

VERT\_MOVE.Z = VERT\_MOVE.Z + 60

PTP VERT\_MOVE

PTP START\_PYRAMID

GRAB\_OPEN()

PTP VERT\_MOVE

SWITCH COUNTER

CASE 1,2

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X + 35

CASE 3

START\_PYRAMID.Z = START\_PYRAMID.Z + 30

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X - 17.5

CASE 4

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X - 35

CASE 5

START\_PYRAMID.Z = START\_PYRAMID.Z + 30

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X + 17.5

DEFAULT

GRAB\_OPEN()

ENDSWITCH

ENDFOR

FOR COUNTER = 1 TO 6 STEP 1

VERT\_MOVE = START\_PYRAMID

VERT\_MOVE.Z = VERT\_MOVE.Z + 60

PTP VERT\_MOVE

PTP START\_PYRAMID

GRAB\_CLOSE()

PTP VERT\_MOVE

VERT\_MOVE = CUBE\_POS

VERT\_MOVE.Z = VERT\_MOVE.Z + 60

PTP VERT\_MOVE

PTP CUBE\_POS

GRAB\_OPEN()

PTP VERT\_MOVE

CUBE\_POS.X = CUBE\_POS.X + CUBE + CUBE\_DISTANCE

SWITCH COUNTER

CASE 1

START\_PYRAMID.Z = START\_PYRAMID.Z - 30

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X - 17.5

CASE 2

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X + 35

CASE 3

START\_PYRAMID.Z = START\_PYRAMID.Z - 30

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X + 17.5

CASE 4,5

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X - 35

DEFAULT

GRAB\_OPEN()

PTP NEW\_HOME

ENDSWITCH

ENDFOR

Далее две функции которые отвечаю за открывание и закрывание захвата.

DEF GRAB\_CLOSE ()

$OUT[3]=TRUE

WAIT SEC 1

$OUT[3]=FALSE

END

DEF GRAB\_OPEN ()

$OUT[4]=TRUE

WAIT SEC 1

$OUT[4]=FALSE

END

# Заключение

В ходе выполнения курсовой работы была изучена среда программирования промышленных манипуляторов KUKA WorkVisual, а также язык программирования KRL. Была написана программа сбора и разбора плоской трехэтажной пирамиды.

# Список литературы

1. https://wikis.utexas.edu/display/SOAdigitech/KUKA+Programming+KRL+ Examples

2. https://drstienecker.com/tech-332/11-the-kuka-robot-programminglanguage/

3. https://swsu.ru/sveden/files/PROGRAMMIROVANIE\_PROMYSHLENNO GO\_ROBOTA\_KUKA\_LAB.pdf

4. https://www.youtube.com/watch?v=GtxShP\_Wtec&t=171s&ab\_channel=Fu tureRobotics

# Приложение

DEF Andreev ( )

;FOLD DECL

DECL INT COUNTER

DECL INT CUBE

DECL INT CUBE\_DISTANCE

DECL FRAME CUBE\_POS

DECL FRAME VERT\_MOVE

DECL FRAME START\_PYRAMID

DECL FRAME NEW\_HOME

;ENDFOLD

;FOLD INI

;FOLD BASISTECH INI

GLOBAL INTERRUPT DECL 3 WHEN $STOPMESS==TRUE DO IR\_STOPM ( )

INTERRUPT ON 3

BAS (#INITMOV,0 )

;ENDFOLD (BASISTECH INI)

;FOLD USER INI

CUBE = 30

CUBE\_DISTANCE = 10

CUBE\_POS = {X 0, Y 0, Z 0, A 0, B 0, C 0}

START\_PYRAMID = {X 0, Y 300, Z 0, A 0, B 0, C 0}

NEW\_HOME = {X 94.9, Y 862.6, Z 43.9, A 146, B 0, C 0}

;ENDFOLD (USER INI)

;ENDFOLD (INI)

;FOLD PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT;%{PE}%MKUKATPBASIS,%CMOVE,%VPTP,%P 1:PTP, 2:HOME, 3:, 5:100, 7:DEFAULT

$BWDSTART = FALSE

PDAT\_ACT=PDEFAULT

FDAT\_ACT=FHOME

BAS (#PTP\_PARAMS,100 )

$H\_POS=XHOME

PTP XHOME

;ENDFOLD

;FOLD MAIN

GRAB\_OPEN()

$BASE = $WORLD

$BASE = NEW\_HOME

FOR COUNTER = 1 TO 6 STEP 1

CUBE\_POS.X = CUBE\_POS.X - CUBE - CUBE\_DISTANCE

VERT\_MOVE = CUBE\_POS

VERT\_MOVE.Z = VERT\_MOVE.Z + 60

PTP VERT\_MOVE

PTP CUBE\_POS

GRAB\_CLOSE()

PTP VERT\_MOVE

VERT\_MOVE = START\_PYRAMID

VERT\_MOVE.Z = VERT\_MOVE.Z + 60

PTP VERT\_MOVE

PTP START\_PYRAMID

GRAB\_OPEN()

PTP VERT\_MOVE

SWITCH COUNTER

CASE 1,2

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X + 35

CASE 3

START\_PYRAMID.Z = START\_PYRAMID.Z + 30

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X - 17.5

CASE 4

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X - 35

CASE 5

START\_PYRAMID.Z = START\_PYRAMID.Z + 30

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X + 17.5

DEFAULT

GRAB\_OPEN()

ENDSWITCH

ENDFOR

FOR COUNTER = 1 TO 6 STEP 1

VERT\_MOVE = START\_PYRAMID

VERT\_MOVE.Z = VERT\_MOVE.Z + 60

PTP VERT\_MOVE

PTP START\_PYRAMID

GRAB\_CLOSE()

PTP VERT\_MOVE

VERT\_MOVE = CUBE\_POS

VERT\_MOVE.Z = VERT\_MOVE.Z + 60

PTP VERT\_MOVE

PTP CUBE\_POS

GRAB\_OPEN()

PTP VERT\_MOVE

CUBE\_POS.X = CUBE\_POS.X + CUBE + CUBE\_DISTANCE

SWITCH COUNTER

CASE 1

START\_PYRAMID.Z = START\_PYRAMID.Z - 30

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X - 17.5

CASE 2

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X + 35

CASE 3

START\_PYRAMID.Z = START\_PYRAMID.Z - 30

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X + 17.5

CASE 4,5

START\_PYRAMID.X = START\_PYRAMID.X - 35

DEFAULT

GRAB\_OPEN()

PTP NEW\_HOME

ENDSWITCH

ENDFOR

;ENDFOLD

;FOLD PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT;%{PE}%MKUKATPBASIS,%CMOVE,%VPTP,%P 1:PTP, 2:HOME, 3:, 5:100, 7:DEFAULT

$BWDSTART = FALSE

PDAT\_ACT=PDEFAULT

FDAT\_ACT=FHOME

BAS (#PTP\_PARAMS,100 )

$H\_POS=XHOME

PTP XHOME

;ENDFOLD

END

DEF GRAB\_CLOSE ()

$OUT[3]=TRUE

WAIT SEC 1

$OUT[3]=FALSE

END

DEF GRAB\_OPEN ()

$OUT[4]=TRUE

WAIT SEC 1

$OUT[4]=FALSE

END