Co-operative Study Report

Automation of carton erecting and packaging machine using Techman TM14 robots: design and implementation

Premier Automation Center .co. , Ltd

Don Watana

Electrical Engineering

Department of School of International & Interdisciplinary Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N. W. 23.12.2022

Cooperative title: Automation of carton erecting and packaging machine using Techman TM14 robots: design and implementation

Student intern name: Don Watana

Faculty: Engineering

Department: Electrical Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Dr. Napasool Wongvanich

Mentor name: Napat Paisanit

Company: Premier Automation Center. co. , Ltd

Abstract

Premier Automation Center .co. , Ltd is focused on presenting an automation system to customers. So the after-sales service is focused on the knowledge that customers receive for choosing suitable and efficient products. So this project was developed for multitasking in the manufacturing process. This project present how a collaborative robot and complete its multiple tasks in a manufacturing line. This project is inspired by the demand for reducing the employment rate in the industry. The processes which are demonstrated in this project are box erection and packing processes because these processes can be combined by a collaborative robot.

Keyword: Automation, Robot, Collaborative Robot, Erection, Packing,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Acknowledgments

Box Erector and Packing System are completed with the support from Asst. Prof. Dr. Napasool Wongvanich for consulting and recommending during the cooperative study period. Also appreciate the support from Premier Automation Center .co. , Ltd for developing the budget, equipment, and workspace to complete this project.

Gratefully thank Mr. Napat Paisanit for mentoring, educating me, and improving my attitude during the internship and cooperative study.

Finally, Appreciate every support and worry about the progression of this project from my friends and family.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Content

CHAPTER 1: INTRODUCTION 1

1.1 Background and significance 1
1.2 Research Objectives 1
1.3 Scope of Research 1
1.3.1 ..... *1*
1.3.2 ..... *2*
1.3.3 ..... *2*
1.4 Method of conducting research 2
1.4.1 Topic Inventing *2*
1.4.2 Project Planning *2*
1.4.3 Hardware Designing *2*
1.4.4 Assembling *2*
1.4.5 Sequence Designing *3*
1.4.6 Results *3*
1.5 Expected Benefits 3
1.5.1 ..... *3*
1.5.2 ..... *3*
1.5.3 ..... *3*
1.5.4 ..... *3*
1.5.5 ..... *3*

CHAPTER 2: CONCEPTS, THEORIES, AND RELATED RESEARCH 5

2.1 Related Theories 5
2.1.1 Color Classification *5*
2.1.2 Pattern Matching *5*
2.1.3 TMmanager: High-Factory Management Software *5*
2.1.4 Built-In Vision System *6*
2.1.5 Image Enhancement Module *7*
2.1.6 Barcode Identification Module *7*
2.1.7 Item Detection Module *7*
2.1.8 Process-Oriented UI *8*
2.1.9 TM Landmark *8*
2.1.10 Image Matching *9*
2.1.11 Collaborative Robot *9*
2.1.12 Automated Optical Inspection(AOI) *10*
2.1.13 Robot Callibration *10*
2.1.14 MODBUS *11*
2.1.15 ***HMI(Human-Machine Interface)*** *15*
2.1.16 Relays *17*
2.1.17 Double-Acting Cylinder *18*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.18 Framework *20*
2.2 Developing Software 20
2.2.1 Android Studio *20*
2.2.2 Flutter *21*
2.2.3 Solidworks *22*
2.2.4 Draw.io *22*
2.2.5 TM Flow *22*
2.2.6 Kotlin Language *22*
2.2.7 RoboDK *24*
2.2.8 Google Sheet *24*
CHAPTER 3: RESEARCH METHODS **26**
3.1 Topic Inventing 26
3.1.1 Unsolved Solution *26*
3.1.2 Possibilities *26*
3.1.3 Scope *26*
3.2 Project Planning 27
3.2.1 Prepare Project Information *28*
3.2.2 Project Scope *33*
3.2.3 Hardware Define *37*
3.2.4 Software Define *42*
3.3 Assembling 47
3.3.1 Circuit Wiring *47*
3.3.2 Pneumatic *50*
3.3.3 Conveyor *51*
3.3.4 TM14 ..... *53*
3.3.5 Curve *54*
3.3.6 Case Station *57*
3.3.7 Taping Station *58*
3.3.8 Motor *59*
3.3.9 Sensors *61*
3.4 System Simulation 61
3.4.1 Installation Layout *62*
3.4.2 Robot Joint Limitation *62*
3.4.3 Collision Checking *63*
3.5 Sequence Designing 63
3.5.1 Sequence Method *63*
3.5.2 TM Landmark Detecting *64*
3.5.3 Case Picking *66*
3.5.4 Case Erecting *68*
3.5.5 Product Packing *71*
CHAPTER 4: RESEARCH RESULTS **74**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 Case Shape and Tape Quality 74
4.1.1 17x25x18 cm *74*
4.1.2 20x30x20 cm *75*
4.1.3 22x35x25 cm *75*
4.2 Completed Package 76
4.2.1 17x25x18 cm *76*
4.2.2 20x30x20 cm *77*
4.2.3 22x35x25 cm *77*
4.3 Process Cycle Time 78
4.3.1 17x25x18 cm *78*
4.3.2 20x30x20 cm *78*
4.3.3 22x35x25 cm *79*

CHAPTER 5: SUMMARY 80

5.1 Summary 80
5.1.1 Vision *80*
5.1.2 Theory *80*
5.1.3 Engineering Skills *80*
5.1.4 Social *80*
5.1.5 Persuading *81*
5.1.6 Outfield Experience *81*
5.2 Problems and Suggestions 81
5.2.1 ..... *82*

REFERENCE SECTION 83

APPENDIX 84

AUTHOR'S BIOGRAPHY 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

List of Illustration

Figure 1: TMmanager 6
Figure 2:TM VIsion 6
Figure 3: Image Enhancement 7
Figure 4: Barcode Identification Module 7
Figure 5: Item Detection 8
Figure 6: UI 8
Figure 7: TM Landmark 9
Figure 8:Modbus RTU Communication Structure 11
Figure 9: Modbus TCP Communication Structure 14
Figure 10: Modbus TCP message structure 15
Figure 11: Modbus TCP Structure 15
Figure 12: HMI 17
Figure 13 18
Figure 14: Behavior of Double-Acting Cylinder 19
Figure 15: TM14 Workspace 28
Figure 16: TM14 Workspace(Pictorial view) 29
Figure 17: Working Area(A) 29
Figure 18: Working Area(B) 30
Figure 19: Relationship between Payload and the Center of Gravity Offset in TM14/TM14M/TM14X 31
Figure 20: Vacuum Pad 32
Figure 21: Vacuum Pad Dimension 33
Figure 22:Small Size Case 34
Figure 23: Medium Size Case 35
Figure 24: Large Size Case 35
Figure 25: Product for small-size loading 36
Figure 26:Sunbites for medium-size loading 36
Figure 27:Lay for large-size loading 37
Figure 28: Profile assembling 38
Figure 29: 30x30 Profile 38
Figure 30: 30x60 Profile 39
Figure 31:30x120 Profile 39
Figure 32: 60x60 Profile 40
Figure 33: 80x80 Profile 40
Figure 34: Metal Sheets 41
Figure 35: Metal Sheets 2 41
Figure 36: Metal Sheet Curve and Vacuum Pad structure 42
Figure 37: Drafted Curve 43
Figure 38: Drafted Conveyor 43
Figure 39: RoboDK robot control panel 45
Figure 40: Imported object from Sketchup 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 41: RoboDK Panel 46
Figure 42: Controller box wiring 47
Figure 43: Controller box assembling 48
Figure 44: Sensor wiring 49
Figure 45: Pneumatic System 50
Figure 46: Conveyor installation 51
Figure 47: Conveyor's Roller 52
Figure 48: TM14 vacuum pad installation 53
Figure 49: Curve's Roller Installation 54
Figure 50: Curve assembling 55
Figure 51: Curve's height adjustment 56
Figure 52: Case Station 57
Figure 53: Case Station 2 57
Figure 54: Taping Station Assembling 58
Figure 55: Taping Station Assembling 2 59
Figure 56: Conveyor's Sensor Assembling 61
Figure 57: RoboDK 3D layout 62
Figure 58: RoboDK robot limitation 62
Figure 59: RoboDK collision checking function 63
Figure 60:Sequence of Idea 64
Figure 61: TMlandmark base 65
Figure 62: TM Landmark detecting sequence 65
Figure 63: Case size, availability, and rotation detection 66
Figure 64: Case size detecting and availability checking sequence 67
Figure 65: Case-picking position 67
Figure 66: Curve sequence 68
Figure 67: Case erecting point 1 69
Figure 68: Case erecting position 2 69
Figure 69: Case erecting position 3 70
Figure 70: Case erecting programming 70
Figure 71: Packing sequence 71
Figure 72:Packing sequence 71
Figure 73: Packing sequence 2 72
Figure 74: Packing sequence 3 72
Figure 75: Product packing position 1 73
Figure 76: Product packing programming 73
Figure 77: Tape quality 17x25x18 cm 74
Figure 78: Tape quality 20x30x20 cm 75
Figure 79: Tape quality 22x35x25 cm 75
Figure 80: Complete Loaded Package 17x25x18 cm 76
Figure 81: Complete Loaded Package 20x30x20 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 82: Completed Loaded Package 22x25x25 77
Figure 83: Small size cycle time 78
Figure 84: Medium size cycle time 78
Figure 85: Large size cycle time 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 1: Introduction

1.1 Background and significance

Many customers request technical advice for replacing humans with robots in manufacturing areas. So the company's recommendation depends on the customer's purpose. Industrial robots can complete its task in a short time because they can move at high speed but it takes some space because the industrial robot must be surrounded by safety fences. But if the customers want robots to execute complicated jobs collaborative robots(Cobot) may suit these jobs. So this project presented the potential of Cobot including vision classification, color identification, programming, and TM landmark identification.

From the above demands, the Techman robot can satisfy these customers because Techman Cobot has many useful functions.

1.2 Research Objectives

The objective of this project is to complete both case erection and packing systems by using the combination of Cobot functions of a Techman Cobot.

1.3 Scope of Research

1.3.1

Design and develop the project under the resources and materials that are already in the company budget.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2

Designing is due to the company's requirement because the process presented must show the maximum potential of TM Cobot.

1.3.3

The cooperative education process is undertaken on 8 August 2022 and ends the cooperative education on 30 November 2022.

1.4 Method of conducting research

1.4.1 Topic Inventing

The topic inventing phase is the phase that all members of the team discuss which project is interesting and how it should start.

1.4.2 Project Planning

In this phase, the team members are planning the jobs that should be done each month during this 4-month period and discussing the possibility to complete this project within a short time.

1.4.3 Hardware Designing

In this phase, The team designs the working station by using Aluminum profiles which are already existed in the company. All the structures are designed by Solidworks software.

1.4.4 Assembling

The assembling phase is the phase that all hardware is assembled the construct the whole working station.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.5 Sequence Designing

The system is not ready to run after the assembling because the sequences are still empty so this phase is about programming the sequence of this system.

1.4.6 Results

This phase is the phase in which the whole process is executed and records the result in which its error should be reduced.

1.5 Expected Benefits

1.5.1

Reducing employment costs in the industry because only one robot can do more than one task.

1.5.2

Monitoring and Controlling the whole process through Smartphone, HMI, and Laptop.

1.5.3

Reducing errors due to humans.

1.5.4

Completing two processes in a short time.

1.5.5

Safety is the first priority in the industry so the collaborative robot is safe for working with a human because it has the force limiting function which stops the Cobot when a collision occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 2: Concepts, Theories, and Related Research

2.1 Related Theories

2.1.1 Color Classification

AI Color Classification is an essential method for this project because it is usable for the robot to detect cases used for checking box availability. The robot learns colors through user training. Users have to teach each color and define its name. After the user taught each color to the robot it will classify other colors as failed.

2.1.2 Pattern Matching

Pattern matching is another useful function for optical inspection. The method works with TM vision because the robot detects the chosen pattern defined by the user through the robot's camera.

2.1.3 TMmanager: High-Factory Management Software

With the help of the robust SCADA software program TMmanager, you can easily use all manufacturing data and manage your smart factory. It is an intelligent management system that gathers, monitors, and analyzes data in real time. It operates on the Windows operating system and supports numerous common industrial protocols and databases as an all-in-one factory management software. You can instantly examine and remotely monitor all production data thanks to our user-friendly interface. Additionally, the software dashboard is made to produce charts, analyze reports, and give operators and managers access to graphical data. More significantly, it may

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

send alert messages to the appropriate staff so they can comprehend the situation in real time and take the proper action.

Figure 1: TMmanager

2.1.4 Built-In Vision System

The ability of collaborative robots to "see" and translate visual data into command prompts, or robot vision, is one of the qualities that sets them apart from standard industrial robotics. The built-in vision system known as TM VisionTM offers the user user-friendly programming features like vision recognition, location, picture enhancement, barcode identification, and more.

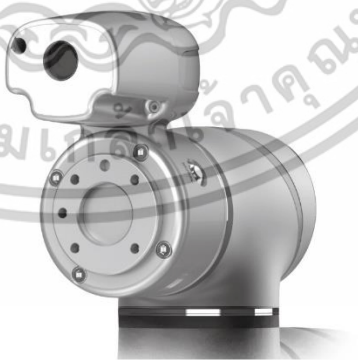


Figure 2:TM VIsion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 Image Enhancement Module

Supports contrast enhancement, image smoothing & thresholding, morphology, color plane extraction, and image flipping.

Figure 3: Image Enhancement

2.1.6 Barcode Identification Module

Supports, barcode/QR, Code/2D, DataMatrix reading, color classification, and string matching. Users can also use an external system to perform classification and send the result back to TMvision.

Figure 4: Barcode Identification Module

2.1.7 Item Detection Module

Supports shape-based / image-based pattern matching, position alignment, and irregular item detection to identify a certain object within the visual field. Users can also use an external image processing system to perform object detection and send the result back to TMvision.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5: Item Detection

2.1.8 Process-Oriented UI

TMvision is a process-oriented user interface. It is easy to follow the software instructions and stack up the function process step-by-step, then your visual task will be ready to deploy in no time.

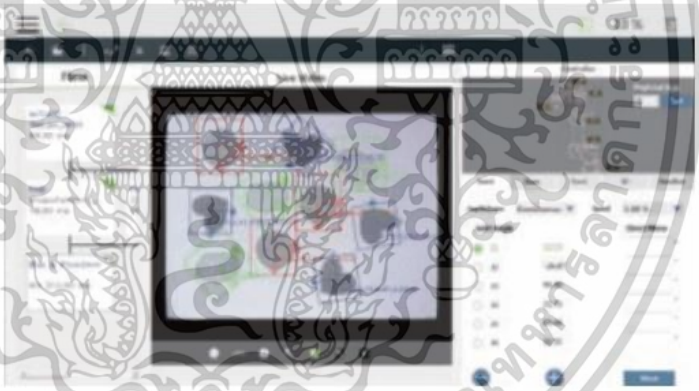


Figure 6: UI

2.1.9 TM Landmark

This unique function allows TM Robot to scan the landmark and update the coordinate of all objects in the workspace without re-adjustment. TM Landmark is much quicker by breaking the traditional limitation of not being able to move the robot around.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

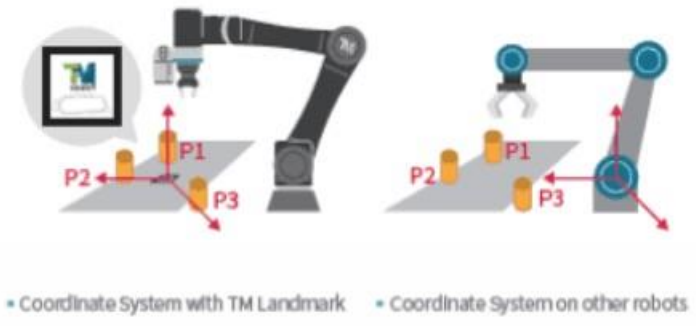


Figure 7: TM Landmark

2.1.10 Image Matching

Image matching is the method of comparison between two pictures that are the original picture and the real-time picture. So the user can snap the original picture to be compared with and the user can define a minimum score which uses to classify “pass” or “fail” status.

2.1.11 Collaborative Robot

Collaborative Robots are industrial robots shaped into mechanical arms used for picking or inserting parts that are small and have the high accuracy needed. Cobots have unique functions for detecting objects for the high-accuracy task without errors. Cobots differ from industrial robots in weight, size, speed, and flexibility. The advantages of cobots are the flexibility of installation because they have lighter weight and required smaller space for installation due to no safety fence requirement because cobots have safety functions that make humans comfortable working with cobots. Cobot’s safety function is created by the torque limit which can be adjusted for the specific task.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

However, cobot's intelligence still cannot replace industrial robots because cobots cannot move as fast as an industrial robots. So for some tasks that human interferences are not in need industrial robots will be suitable for those tasks. So cobots are used as human assistants because it is safe to work with humans due to the torque limit of safety function.

The TM Robot is a high-performance production tool that is highly compatible and flexible for the combination of man and machine compared with traditional industrial robots that require more people to maintain the environment in the workplace. The friendly TM Robot is capable of working safely without hassle. It is shown that companies can control technology to do work that can be done faster and better. There is no need for millions of capital or mass production. Cobots have been developed it has come so many that it is now accessible and affordable for small business enterprises.

2.1.12 Automated Optical Inspection(AOI)

AOI is the method that machine use for applying specific tasks for the visual classification of robots. The AOI method of TM Cobot has multiple functions which are Pattern Matching, Image Matching, QR code detection, Barcode detection, and Color Classification.

2.1.13 Robot Callibration

Robot calibration is the process of identifying the real geometrical parameters in the kinematic structure of an industrial robot, such as the relative position of joint links in the robot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.14 MODBUS

MODBUS communication protocol is the standard serial communication protocol widely used in industrial automation systems for connecting equipment such as Programmable Logic Control(PLC), Sensors, Actuator, Remote Terminal Units (RTU), and computer system which controls and monitors equipment (SCADA).

MODBUS protocol is classified into 2 system which is MODBUS RTU and MODBUS TCP

2.1.14.1 MODBUS RTU

MODBUS RTU is the serial-based protocol with master/slave architecture in which the slave is not responded to until the master request.

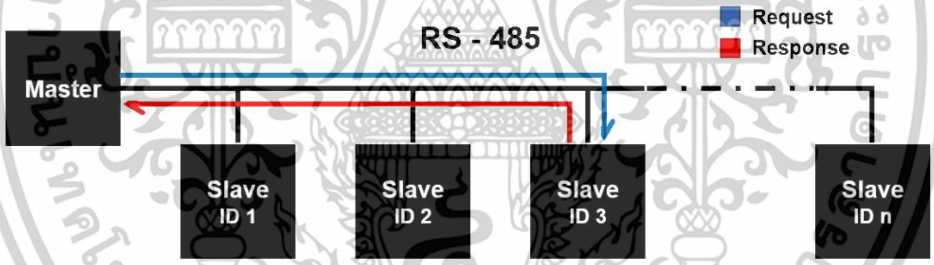


Figure 8:Modbus RTU Communication Structure

MODBUS RTU generally uses a physical layer of either RS-232 or RS-485 which the data of MODBUS protocol is stored in 4 types.

- Output coils
- Input contacts
- Input registers
- Holding registers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Each address of Output coils and Input contacts stores only 1 bit either “0” or “1” the same as the close and open value of the switch in the industry while Input registers and Holding registers can store data up to 16 bit like an analog signal from sensors.

MODBUS RTU Function Code

Function Code (DEC)	Action	Data Type	Object Type
01	Read	Single bit	Output coils
05	Write Single	Single bit	Output Coils
15	Write Multiple	Single bit	Output coils
02	Read	Single bit	Input Contacts
04	Read	Word(16 bit)	Input Registers
03	Read	Word(16 bit)	Holding Registers
06	Write Single	Word(16 bit)	Holding Registers
16	Write Multiple	Word(16 bit)	Holding Registers

Table 1: Modbus RTU Function Code

2.1.14.1.1 MODBUS RTU Address has 16 bits or 65535 address

- Output coils: Address starts at 000001
- Input contacts: Address starts at 100001
- Input registers: Address starts at 300001
- Holding registers: Address starts at 400001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODBUS RTU Address

Register Number (DEC)	Register Address (HEX)	Extended Register Number (DEC)	Extended Register Address (HEX)	Type	Object Type
00001-09999	0000-270E	000001-065535	0000-FFFF	Read-Write	Output Coils
10001-19999	0000-270E	100001-165535	0000-FFFF	Read-Only	Input Contacts
30001-39999	0000-270E	300001-365535	0000-FFFF	Read-Only	Input Registers
40001-49999	0000-270E	400001-465535	0000-FFFF	Read-Write	Holding Registers

Table 2: Modbus RTU Address

MODBUS RTU Commands(Master Only)

Read Command	
Request Message	start register address(2 bytes) + no. of registers(2 bytes)
Response Message	byte count(1 byte) + data(no. of registers*2 bytes)

Table 3: Modbus RTU Command(Read)

Write Command	
Request Message	start register address(2 bytes) + no. of registers(2 bytes) + byte count(1 byte) + data(no. of registers*2 bytes)
Response Message	start register address(2 bytes) + no. of registers(2 bytes)

Table 4: Modbus RTU Command(Write)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.14.2 MODBUS TCP

MODBUS TCP is the protocol that covers MODBUS RTU for Ethernet-based protocol by TCP/IP port 502 instead of the serial-based protocol which makes devices communicate through Local Area Network(LAN) or Internet Network also includes Wireless which has a Router or Access point as conductors.

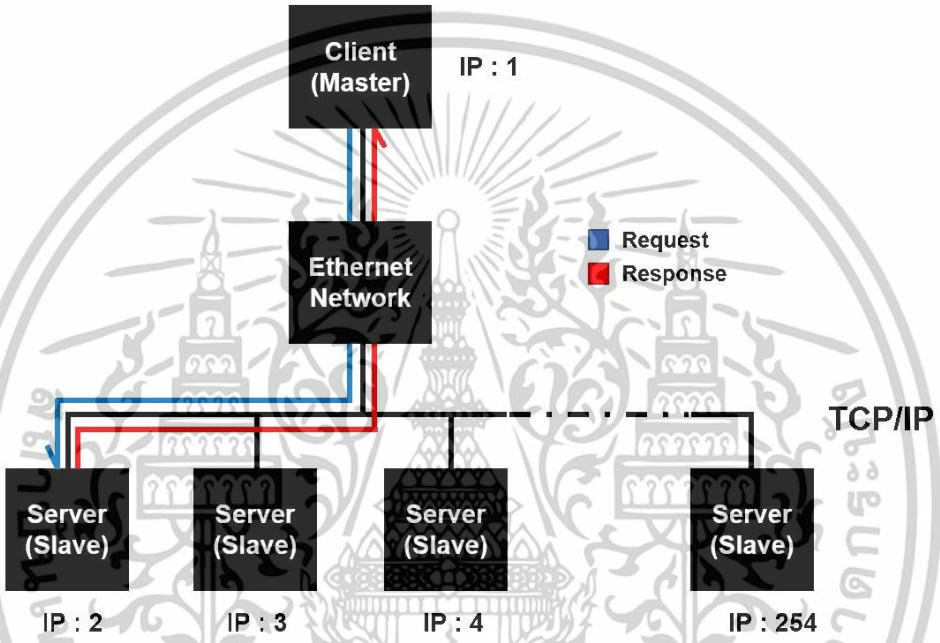


Figure 9: Modbus TCP Communication Structure

The MODBUS TCP message structure starts with MODBUS Application Protocol(MBAP) Header which includes Transaction ID, Protocol ID, Length, and Unit ID which are added from MODBUS RTU structure but Function Code and Data still remain the same except CRC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

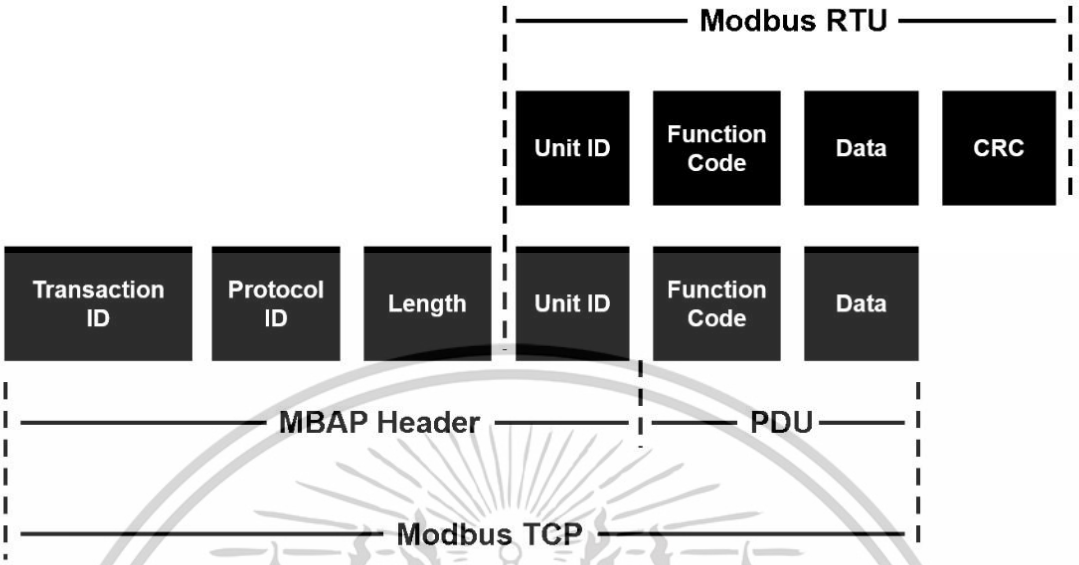


Figure 10: Modbus TCP message structure

Area Name		Area Size	Description
MBAP header (MODBUS® application header)	Transaction ID	2 bytes	Used by the master for matching of the response message from the slave.
	Protocol ID	2 bytes	Indicates the protocol of the PDU (protocol data unit). Stores 0 in the case of MODBUS® /TCP.
	Message length	2 bytes	Stores the message size in byte unit. The message length after this field is stored. (See the above figure.)
	Module ID	1 byte	Used to specify the slave connected to the other line, e.g. MODBUS® serial protocol.
PDU (Protocol data unit)	Function code	1 byte	The master specifies the processing to be performed for the slave.
	Data	1 to 252 bytes	[When master sends request message to slave] Stores the requested processing. [When slave sends response message to master] Stores the result of processing execution.

Figure 11: Modbus TCP Structure

2.1.15 **HMI(Human-Machine Interface)**

Human-Machine Interface is an essential technology for communicating between humans and machines for monitoring and controlling tasks.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Generally, HMI stands for monitor or dashboard for indices data and variables graphically controlled by keyboard or touch screen monitor.

HMI technology is used in almost all industries. to interact with machines and optimize industrial processes Examples of industries that use HMIs include food and beverage manufacturing plants. technology company oil and gas drilling companies recycling plants, transportation, electricity, water supply, and much more.

Since HMIs are used in a wide variety of industries, Related personnel such as system integrators, operators And engineers must have expertise in using HMI to control machines. Vehicles inside factories or buildings.

The functionality of an HMI varies depending on the complexity of the machine or the system in use. It also depends on the planned implementation. For example, a single-function HMI may be used to inspect machine parts or use multiple functions for many purposes, such as monitoring the operation of the plant and the entire control system.

When a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system communicates with Programmable Logic Controllers (PLCs) and Input/Output sensors to obtain information about the machine's operation. The information is displayed on the HMI, which may be in the form of graphs, charts, or other images. which makes it easy to read and understand All machine performance data within a plant can be checked in one place. thereby increasing visibility in operations as well as enabling operators to take care of and quickly manage problem alerts. In addition, operators can use the HMI to control equipment and machines for increasing productivity or adapting to changing situations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

based on the information displayed on the HMI, making relevant changes directly from the screen, thereby speeding up the workflow. and easier

Moreover, In today's era where the Internet of Things (IoT) plays an important role in industrial plants, HMIs are becoming more and more useful. because it can be used to view information about controlling various devices connected to the Internet within the factory from anywhere

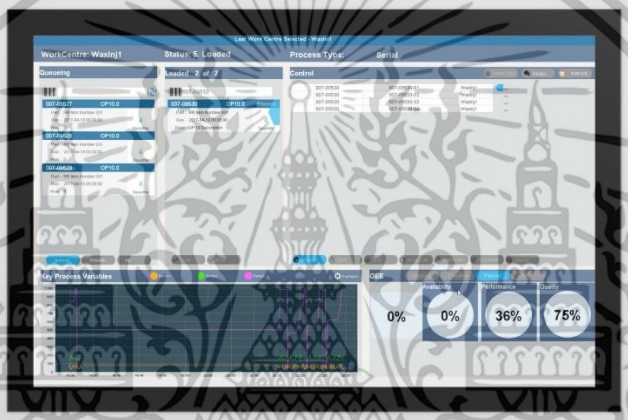


Figure 12: HMI

2.1.16 Relays

Relays are electronic equipment widely used in automation circuits for turning on and off electronic equipment by the electromagnetism method. Relay structures are coil, and contact. When a relay is energized the contacts attach to each other which makes the circuit become a closed circuit but it separated from each other when it is not energized and remains an open circuit. Relays are used to control circuits of electronics and machines which help them work efficiently and avoid abnormal events.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

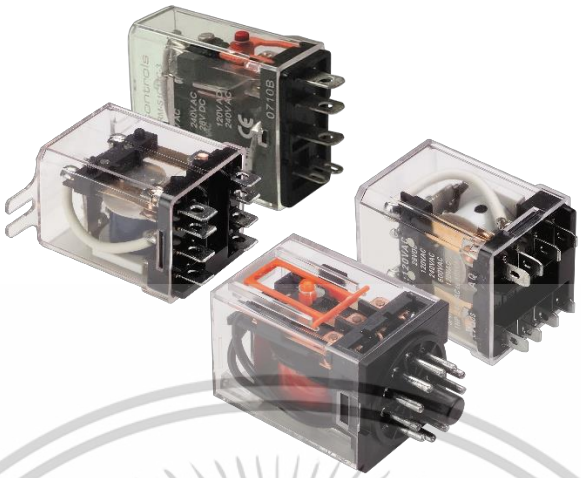


Figure 13

2.1.17 Double-Acting Cylinder

Double-acting cylinders are a practical application when your machine needs to make more than one movement and you're seeking for a gadget that can move loads in both directions. Double-acting air cylinders may stretch and retract without the aid of a spring, in contrast to single-acting air cylinders. Double-acting cylinders have two ports where pressurized air can enter and exit rather than just one.

The piston is moved forward by air entering through one port, and the piston is pulled back into the cylinder by pressurized air entering through the other port. Given their capacity to expand and retract within a shorter time period, making them more efficient and precise, double-acting cylinders are the most used pneumatic actuators.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The industrial and robotics industries are the main users of double-acting pneumatic cylinders. They carry out jobs including lifting and moving goods off conveyor belts and opening and closing doors. In addition, there are uses for space missions, earthmoving machinery, and medical applications.

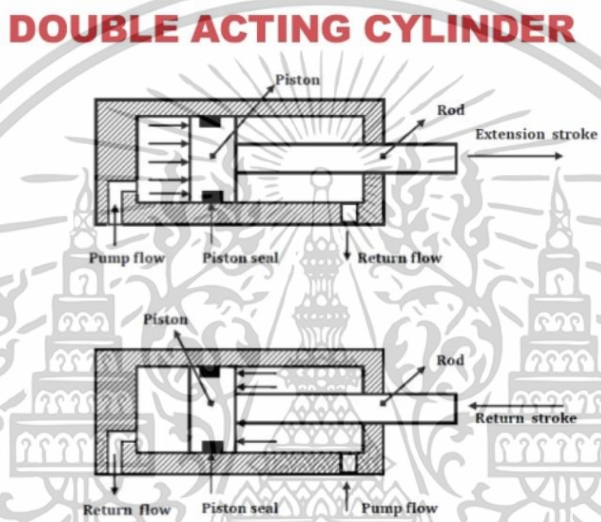


Figure 14: Behavior of Double-Acting Cylinder

- **Advantages**

  -The ability to move with more control because pressurized air is bidirectional.

  -Faster, stronger, and use less energy.

  -Increase design variety by varying the bore and stroke sizes.

  -Compared to single pneumatic cylinders, many double-acting pneumatic cylinders are ISO compliant.

- **Disadvantages**

  -More costly than single pneumatic cylinders.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-larger housing is necessary; if utilized as a feed cylinder, it must be connected to another machine system.

-Air consumption may be estimated at

2.1.18 Framework

The framework is the structure created for developing a program which suitable for large-scale software. Many developers spend much time developing applications for structure programming more than additional functions. So the reuse of code is popular in web applications and its reusable components are called “Frameworks”. The quality framework must be comfortable for editing.

- Reducing developing time
- Framework has command sets that are suitable for further development
- Helping developers specify their project
- Flexible command sets

2.2 Developing Software

2.2.1 Android Studio

Android Studio is the Integrated Development Environment that is created for developing Android applications. It is also the latest IDE from Google. In this project, Android Studio is used as a platform for developing the user interface for controlling Cobot from mobile devices.

- A flexible Gradle-based build system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- A fast and feature-rich emulator
- A unified environment where you can develop for all Android devices
- Apply Changes to push code and resource changes to your running app without restarting your app
- Code templates and GitHub integration to help you build common app features and import sample code
- Extensive testing tools and frameworks
- Lint tools to catch performance, usability, version compatibility, and other problems
- C++ and NDK support
- Built-in support for Google Cloud Platform, making it easy to integrate Google Cloud Messaging and App Engine

2.2.2 Flutter

Flutter is the Cross-Platform Framework that is used for Native Mobile Applications developed by Google Inc. and developed using Dart language which is similar to C# and Java language. Another advantage of Flutter is its flexibility for UI(User Interface) customization which is separated from UX(User Experience). And the “Hot reload” function makes it easier for developers because the edited code can display in real-time while running the application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 Solidworks

The fundamentals part of the project is robot programming and structure designing which all the structures are designed with Solidworks software. Solidworks is software that is suitable for designing engineering tools and mechanics which is easier for ordering a customized product.

2.2.4 Draw.io

Draw.io is a website or URL that you can use without installing any program. and also be able to store data on the Cloud, making it possible to use Work anywhere you have internet without worrying about storage media. Draw.io is available at no cost to an individual level. This software is very useful for planning our progression in each month of our team.

2.2.5 TM Flow

TM Flow software is developed for creating projects for a Techman Cobot. All functions are included in the library. TM Flow makes Cobot easier for programming because the UI of TM Flow is flowchart style. TM Flow helps engineers easier for finding the roots of issues because it can export log files for analysis.

2.2.6 Kotlin Language

Kotlin is a cross-platform, statically typed, general-purpose programming language with type inference. Kotlin is designed to interoperate fully with Java, and the JVM version of Kotlin's standard library

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

depends on the Java Class Library, but type inference allows its syntax to be more concise. Using Kotlin for Android development, you can benefit from:

- Less code combined with greater readability. Spend less time writing your code and working to understand the code of others.
- Mature language and environment. Since its creation in 2011, Kotlin has developed continuously, not only as a language but as a whole ecosystem with robust tooling. Now it's seamlessly integrated in Android Studio and is actively used by many companies for developing Android applications.
- Kotlin support in Android Jetpack and other libraries. KTX extensions add Kotlin language features, such as coroutines, extension functions, lambdas, and named parameters, to existing Android libraries.
- Interoperability with Java. You can use Kotlin along with the Java programming language in your applications without needing to migrate all your code to Kotlin.
- Code safety. Less code and better readability lead to fewer errors. The Kotlin compiler detects these remaining errors, making the code safe.
- Easy learning. Kotlin is very easy to learn, especially for Java developers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Big community. Kotlin has great support and many contributions from the community, which is growing all over the world. According to Google, over 60% of the top 1000 apps on the Play Store use Kotlin.

2.2.7 RoboDK

RoboDK is the simulation software in which developers can estimate the possibility of the project because RoboDK has huge amount of robot models which can be uploaded and decided which model is suitable for which project.

2.2.8 Google Sheet

Google Sheets is a software that can create the calculation method in tables which is online and free to use. Users can create equations for each table and its file can be shared to other users.

Abilities of Google Sheet

- Create a calculating table
- Create equation
- Automatically editing alignment
- Many designs
- Open with browsers no download needed
- Autosave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Share and real-time notification
- Converting Excel file to Sheets file
- Converting sheets files to Excel, CSV, PDF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 3: Research Methods

3.1 Topic Inventing

This phase is the kick-start phase of this project because everyone in the team discusses the desired project topic. The discussions are mainly about project possibility and customer attraction because the team must create a topic that increases the attractiveness of the Techman robot by adapting the existing function to solve the complicated solution.

3.1.1 Unsolved Solution

Before beginning to design the project the team must discuss with the manager about the required application in the industry. Present day, many companies invest in industrial robots because of their speed and cost. More than one robot requires complicated tasks due to the limited functions of industrial robots. Some tasks required a camera for detecting objects so TM cobots combine these functions in one model.

3.1.2 Possibilities

Project possibility depends on the deadline period and budget because the complicated system needs time and determination to be successful.

3.1.3 Scope

The final step before deciding on the project topic is about defining the scope of this project. The scope is the limit of each module.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Project Planning

The team finalized the project tropic and started planning the process that should be completed each month. Every member has their own specific job which is separated into three parts include Hardware designing, programming, and HMI designing. However, everyone must understand the job of the others because in case someone's absent the others should be substituted in that job.

KMITL Project Planning

Project Name	Automation of carton erecting and packaging machine using Techman TM14 robots: design and implementation
Team Member	Kamonporn Khumsuwan
	Arnagorn Homtuanlom
	Don Watana
Premier Consultant	Naret Tiengtrong
	Napat Paisanit
Teacher Consultant	Asst. Prof. Dr. Napasool Wongvanich
	Asst. Prof. Dr. Narin Tammarugwattana
Time	AUG-NOV 22

No.	Phase	Details of Schedule	Student Internship / Solution Team	August-22					September-22				October-22				November-22				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5
1	Project Topic	Prepare project information	KK ,AH ,DW																		
		Project scope	KK ,AH ,DW																		
		Project review and Solution Team agreement	SG ,NT ,NP																		
2	Define Phase	Hardware define	KK ,AH ,DW																		
		Software define	KK ,AH ,DW																		
		Define phase review	NT ,NP																		
3	Execution Phase	Project Design	AH ,DW																		
		Project Simulator	DW ,AH																		
		Project progress	SG ,NT ,NP																		
		Operator software Learning	KK ,AH																		
		TM Robot Learning	DW ,KK																		
		Communication Learning	KK ,AH ,DW																		
		Assembly & Wiring & Programming	KK ,AH ,DW																		
		Execution Phase review	SG ,NT ,NP																		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	Results Phase	Test & Get results	KK ,AH ,DW																			
		Results Phase review	NT ,NP																			
5	Project Presentation	Final Present & Report	SG ,NT ,NP																			

Table 5: Project Planning Table

3.2.1 Prepare Project Information

Gathering information about working space, cobot payloads, vacuum pad, and double-acting cylinder.

3.2.1.1 Working Space

The working space of this system depends on the working spherical range of cobots and other modules' placement should be installed in this range.

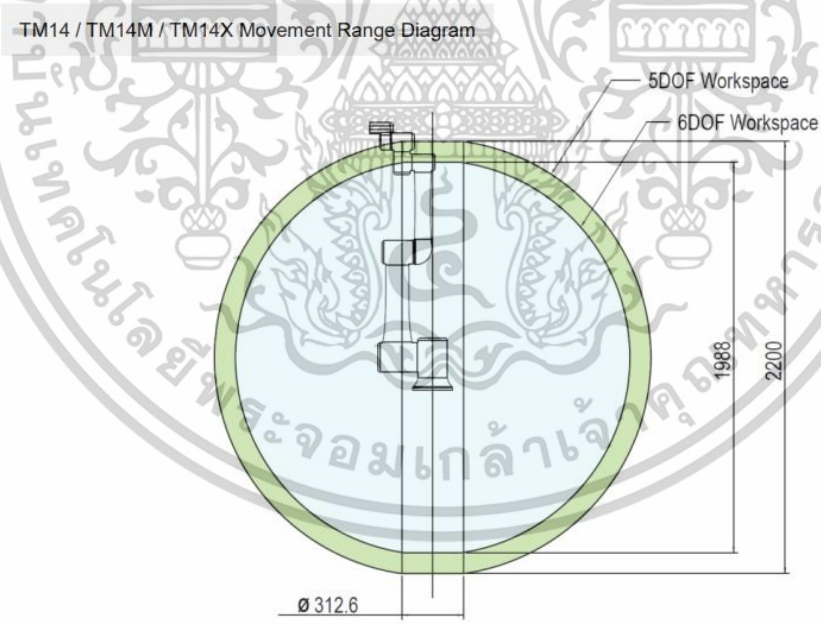
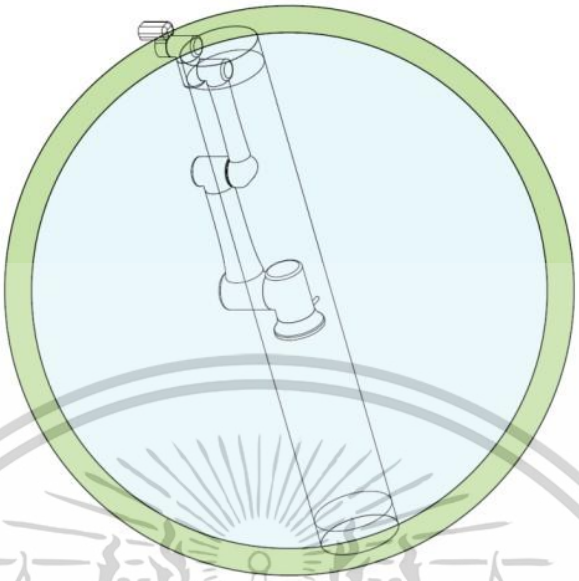


Figure 16: Side view of TM14 / TM14M / TM14X Movement Range Diagram
*All measures are in mm.

Figure 15: TM14 Workspace

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pictorial view

Figure 17: Pictorial view of TM14 / TM14M / TM14X Movement Range Diagram

Figure 16: TM14 Workspace(Pictorial view)

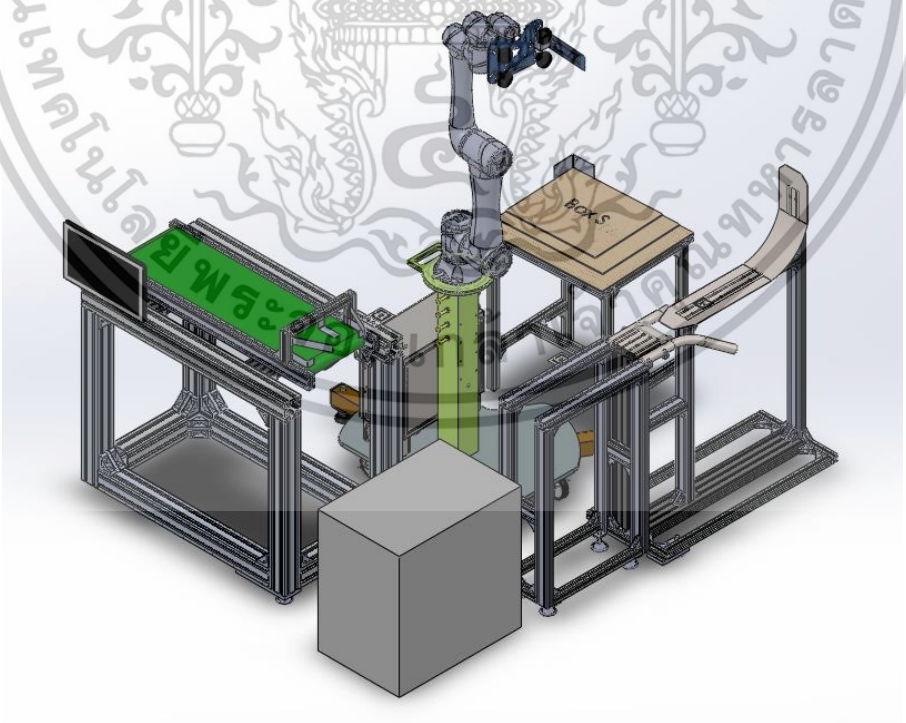


Figure 17: Working Area(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

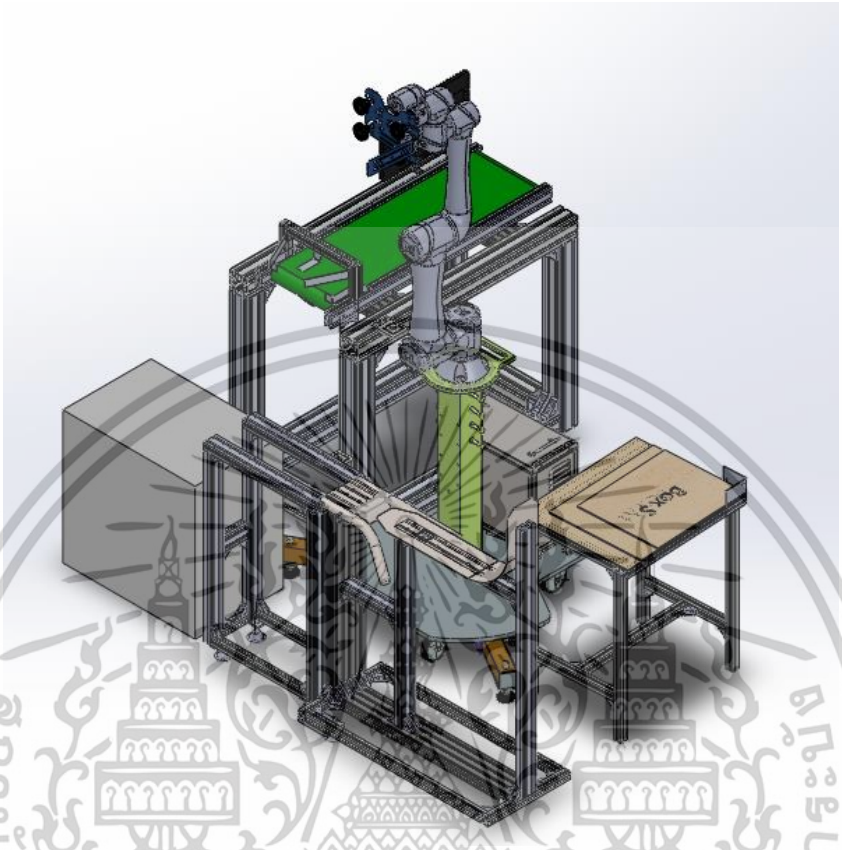


Figure 18: Working Area(B)

3.2.1.2 TM14 Payloads

The maximum allowed payload of the robot arm is related to its center of gravity offset, which is defined as the distance from the center point of the tool flange to the payload's center of gravity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

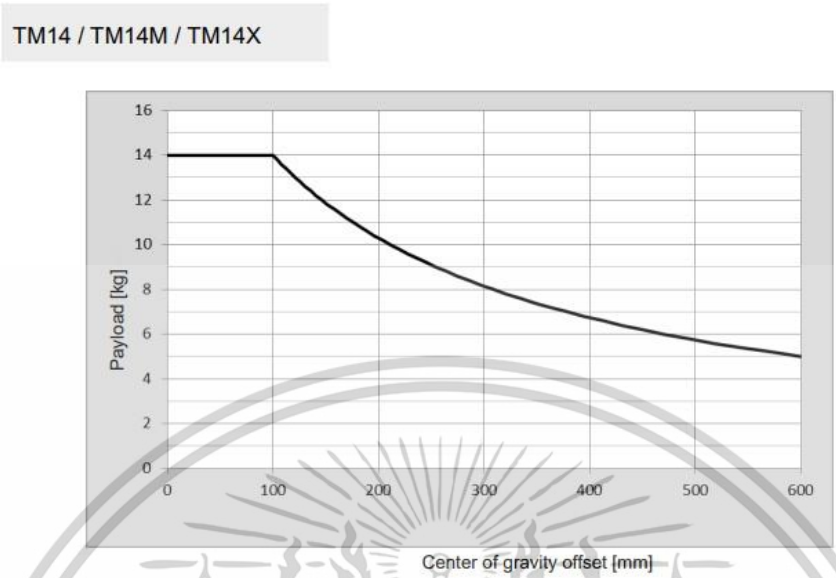


Figure 19: Relationship between Payload and the Center of Gravity Offset in TM14/TM14M/TM14X

3.2.1.3 Vacuum Pad

Convum: PBTK50-N

-Cup size 50 mm

-Fix Fitting

-NBR Material

-Nitrile rubber (NBR), commonly known as nitrile-butadiene rubber, is a synthetic rubber that resists oil and is made from a copolymer of butadiene and acrylonitrile. Fuel hoses, gaskets, rollers, and other goods requiring oil resistance are its primary uses.

In order to create NBR, acrylonitrile (CH2=CHCN) and butadiene (CH2=CH-CH=CH2) must first be emulsified in water before their single-unit molecules can be

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

joined together to form larger, multi-unit molecules under the influence of free-radical initiators. Between 15 and 50 percent of the finished copolymer contains acrylonitrile. The rubber gets stronger, more resistant to swelling by hydrocarbon oils, and less permeable to gases as its acrylonitrile content rises. However, due to the greater glass transition temperature of polyacrylonitrile, the rubber loses flexibility at lower temperatures (i.e., the temperature below which the molecules are locked into a rigid, glassy state).

In automobile seals, gaskets, and other components that come into contact with hot oils, nitrile rubber is typically utilized where excellent oil resistance is required. Other apparent applications include ink-spreading rolls for printing and oil-product pipes. NBR is used in textile production as well, where it enhances the waterproofing and finish of woven and nonwoven materials.

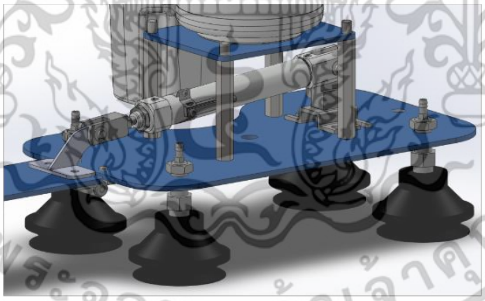


Figure 20: Vacuum Pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

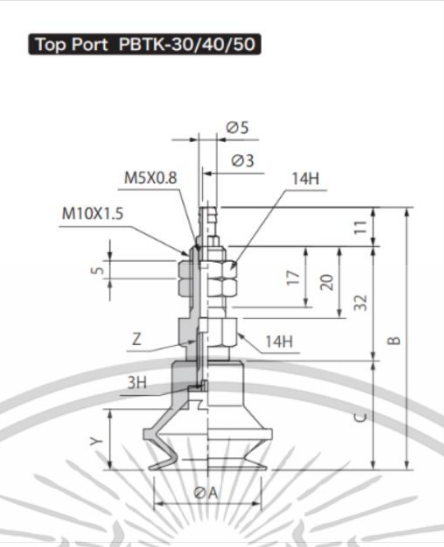


Figure 21: Vacuum Pad Dimension

-26 ~ 120 degree celcius

3.2.1.4 Double-Acting Cylinder

CKD

-SCPD3L-Double Acting/ Single rod with switch

-SCPD3-L-CB-16-80-T0H-R-YB1(0)

-Bore Size 16 mm

-Stroke Length 80 mm

3.2.2 Project Scope

The project depends on the limitation of hardware and software.

3.2.2.1 Vacuum force

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vacuum Pressure(kPa)	Vacuum Force(kgf)
-40	8
-50	10
-60	12
-70	14
-80	16
-90	18

Table 6: Vacuum force of 50 mm vacuum pad diameter

3.2.2.2 Case Size Range

-17x25x18 cm

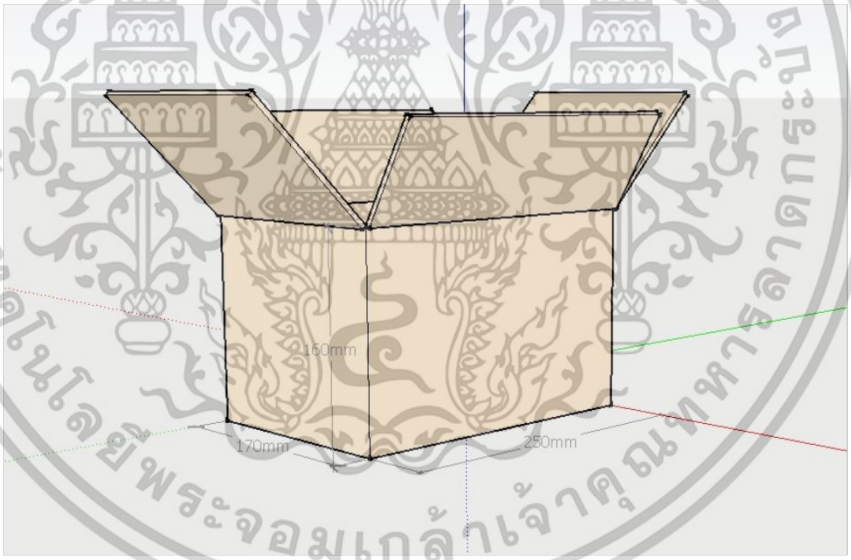


Figure 22:Small Size Case

-20x30x20 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

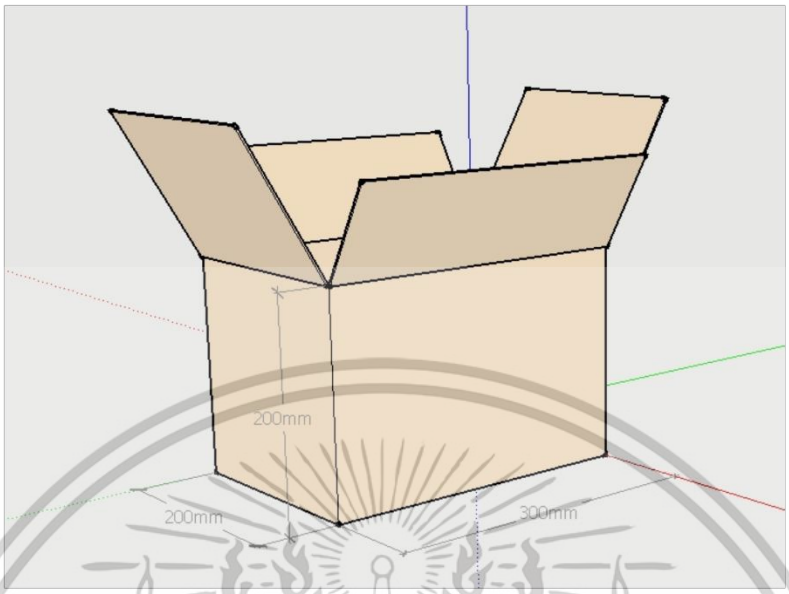


Figure 23: Medium Size Case

-22x35x25 cm

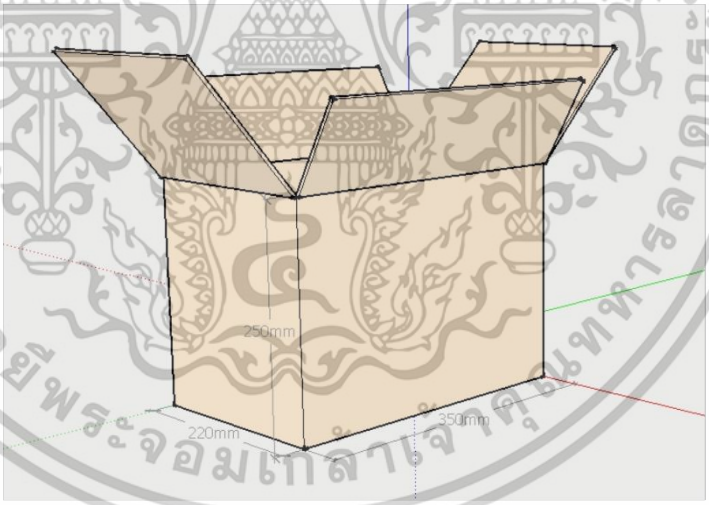


Figure 24: Large Size Case

3.2.2.3 Loaded Product

-OJO (Small Size)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 25: Product for small-size loading

-Sunbites(Medium Size)

Figure 26:Sunbites for medium-size loading

-Lay(Large Size Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 27:Lay for large-size loading

3.2.3 Hardware Define

In this project the structure of each module is made from aluminum profiles and iron sheets which are designed by using Solidworks software.

3.2.3.1 Aluminum Profile

Aluminum profiles are used as the foundation of each module and sizes depend on the purpose of each module.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 28: Profile assembling

-30x30 mm

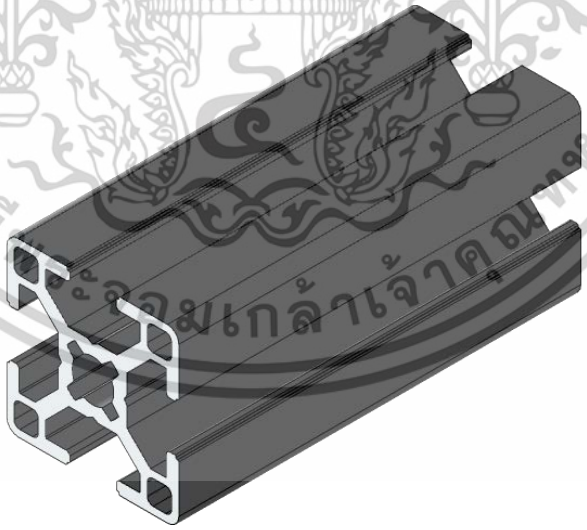


Figure 29: 30x30 Profile

-30x60 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

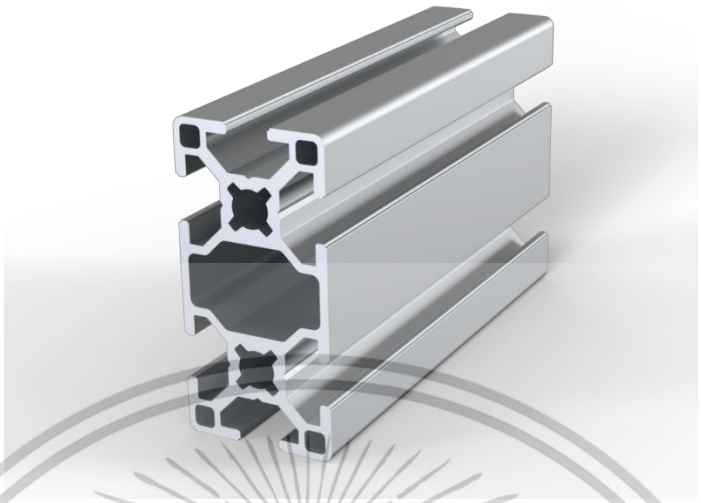


Figure 30: 30x60 Profile

-30x120 mm

Figure 31:30x120 Profile

-60x60 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 32: 60x60 Profile

-80x80 mm

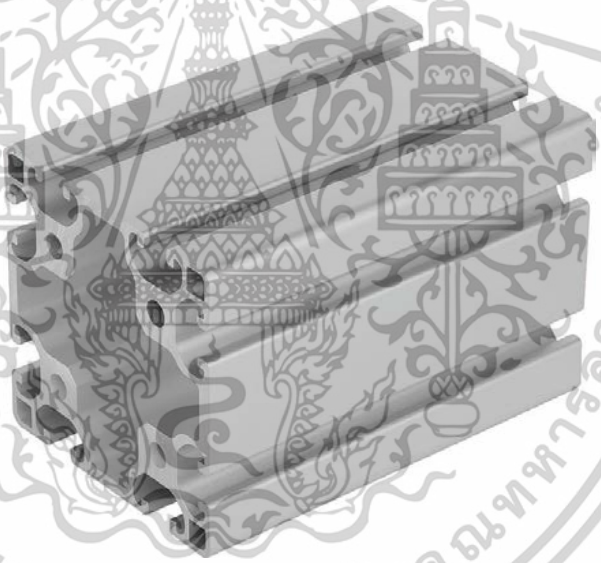


Figure 33: 80x80 Profile

3.2.3.2 Metal Sheets

Metal Sheet is used as a curve sheet for erecting the case and vacuum pad structure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 34: Metal Sheets

Figure 35: Metal Sheets 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 36: Metal Sheet Curve and Vacuum Pad structure

From figure 36, The curve station model is assembled from the metal sheets from figure 34 and 35.

3.2.4 Software Define

3.2.4.1 Sketchup

All module structures are designed by Sketchup software. The purpose of designing through this software is the limited area for installation because all structures require space to avoid cobot collisions that may cause damage. But the sizes and dimensions may not accurate to the real model because this software is used for drafting.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

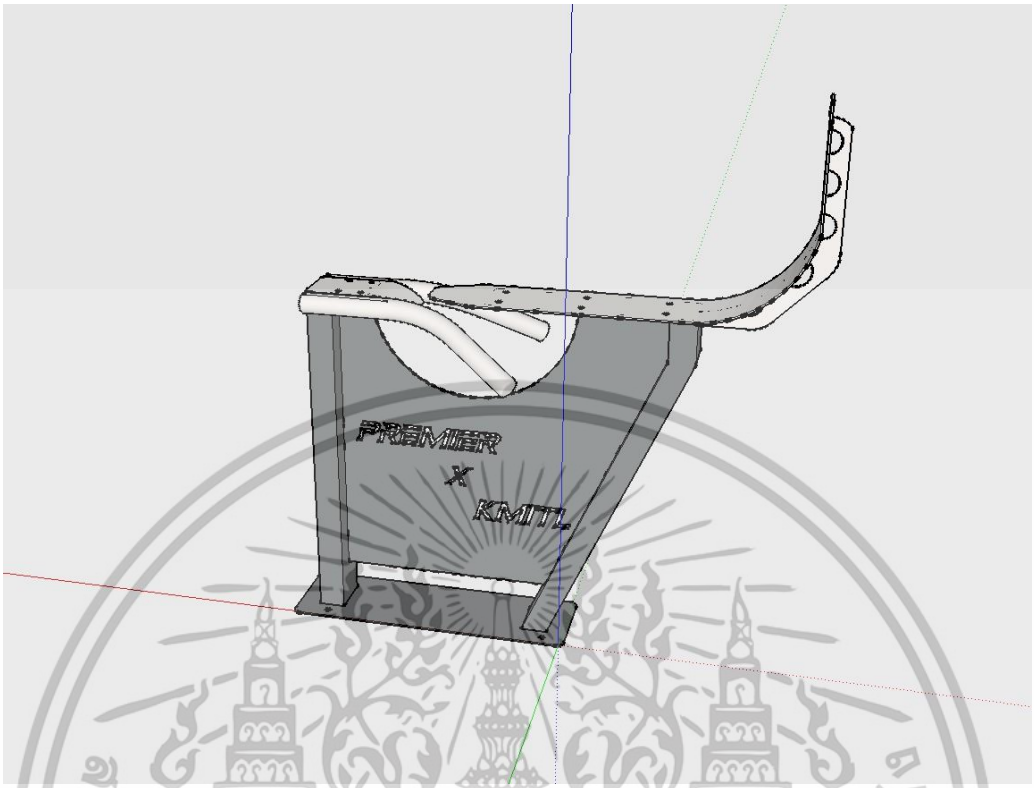


Figure 37: Drafted Curve

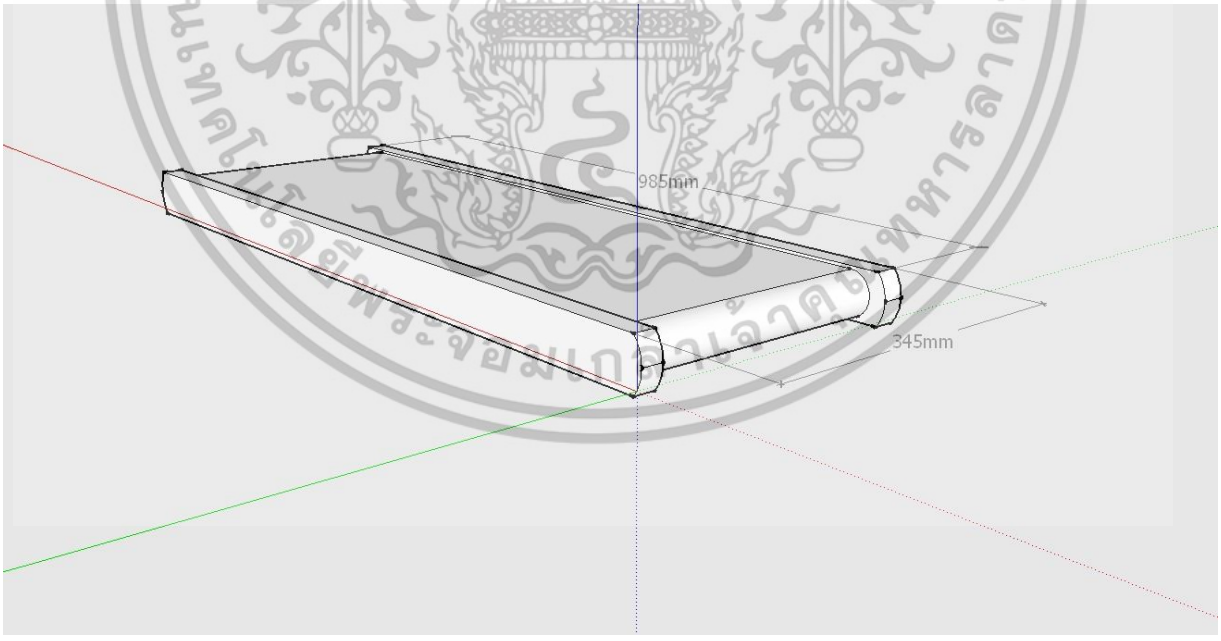


Figure 38: Drafted Conveyor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The drafted model from figure 37 and 38 are created for simulation program of RoboDK.

3.2.4.2 RoboDK

This software is essential for monitoring the movement of the cobot because it presents the robot arm range and joint angle range.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

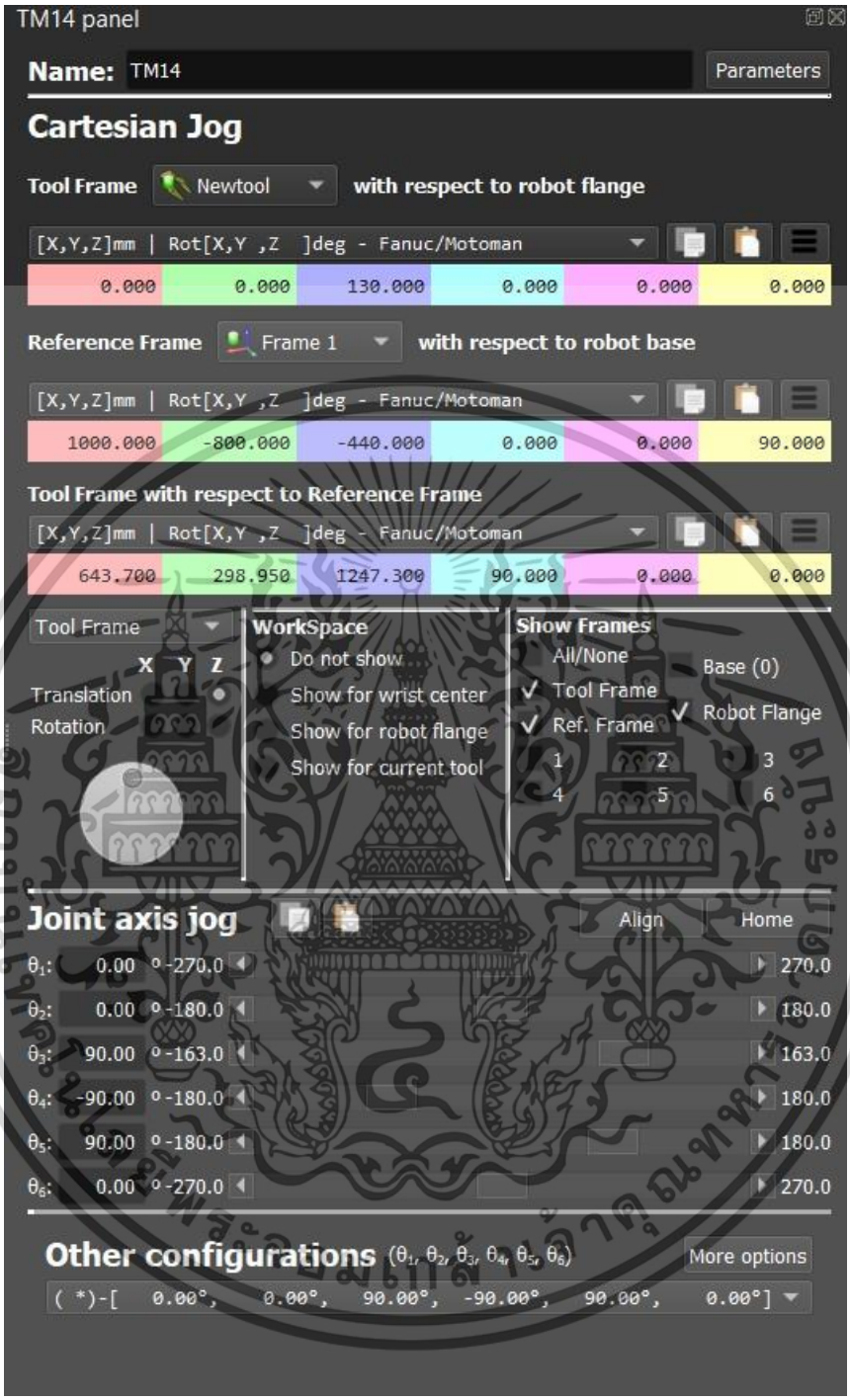


Figure 39: RoboDK robot control panel

The designed materials can be imported to RoboDK to use as objects or tools for the simulation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

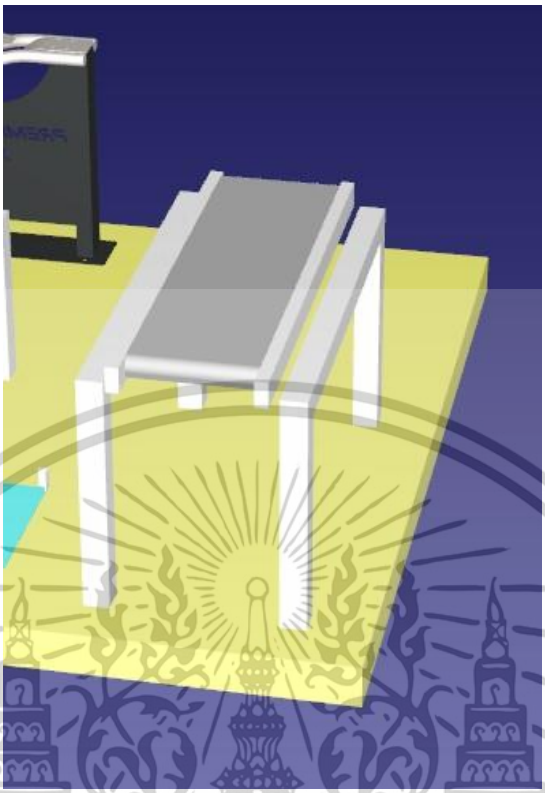


Figure 40: Imported object from Sketchup

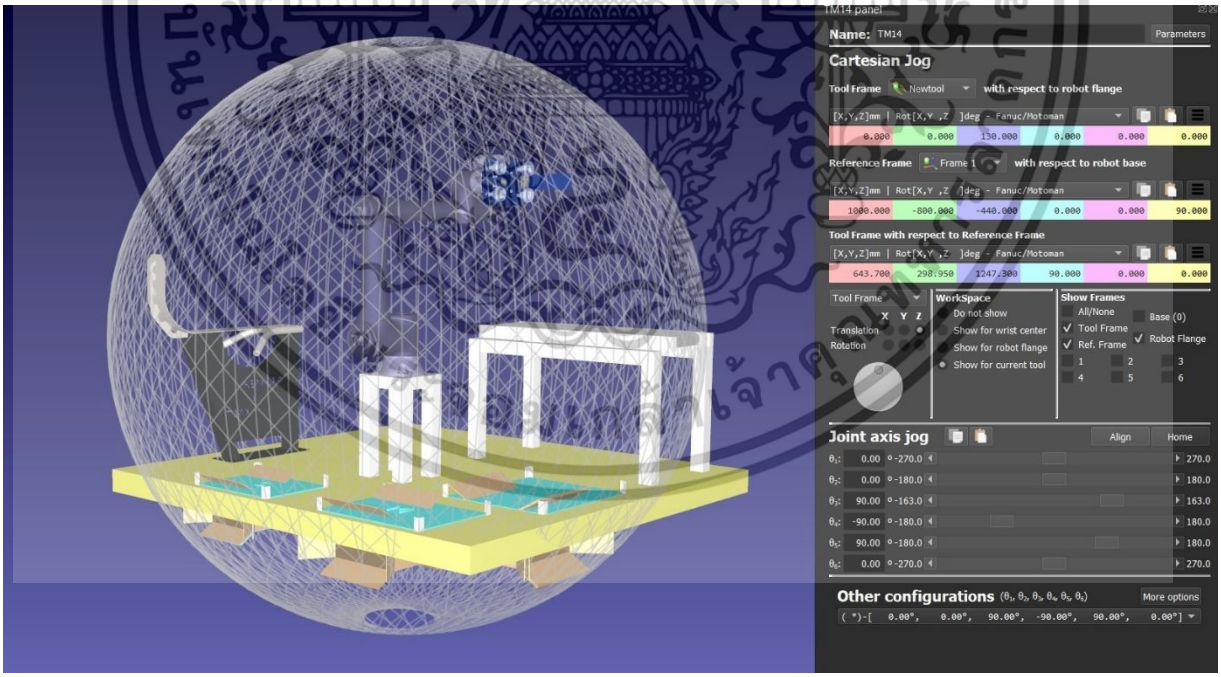


Figure 41: RoboDK Panel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

From figure 41, The sphere shape area represents the limitation workspace of TM14.

3.3 Assembling

The team assembles everything together including Circuit Wiring, Conveyor, TM14, Curve, Case Station, Pneumatic, and sensors.

3.3.1 Circuit Wiring

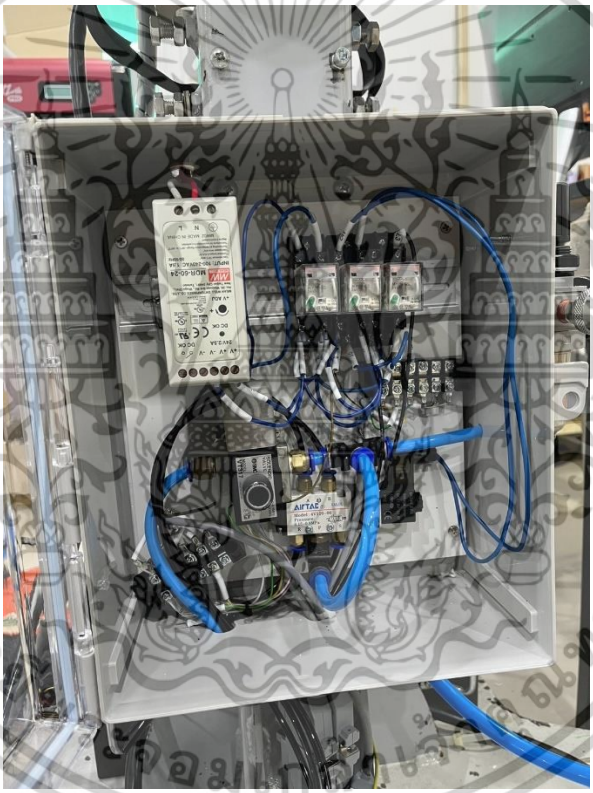


Figure 42: Controller box wiring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

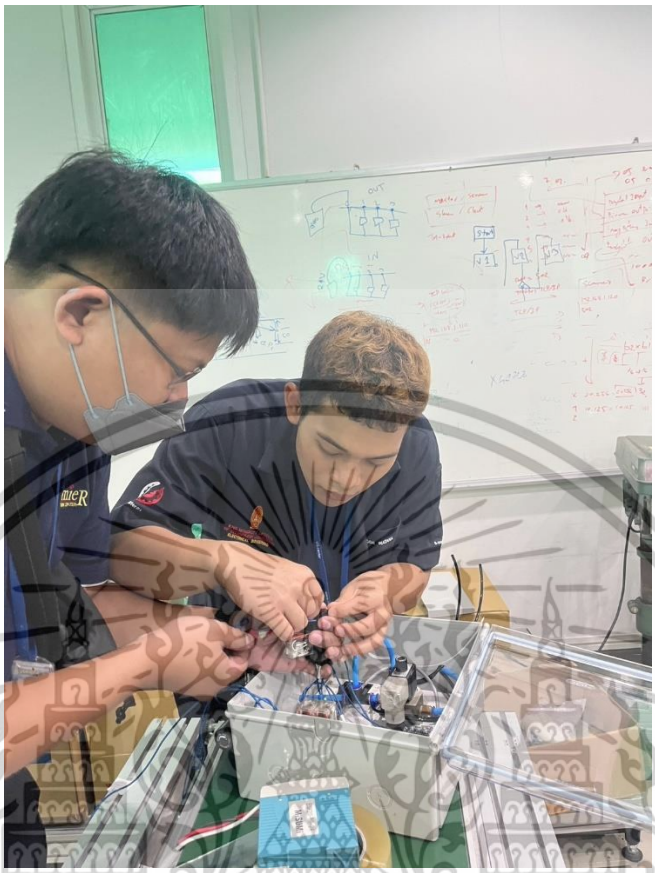


Figure 43: Controller box assembling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

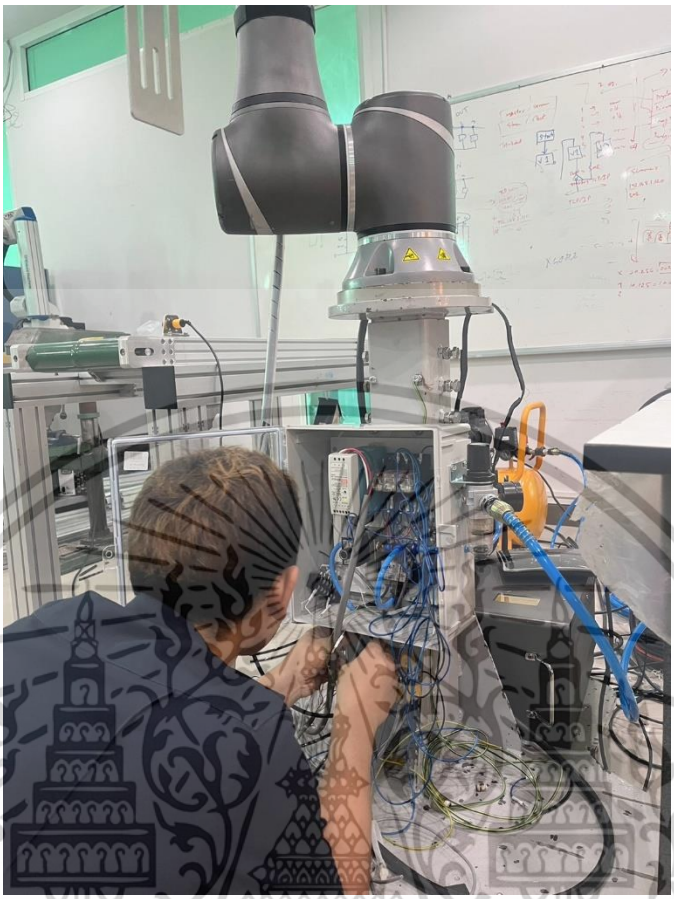


Figure 44: Sensor wiring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 Pneumatic

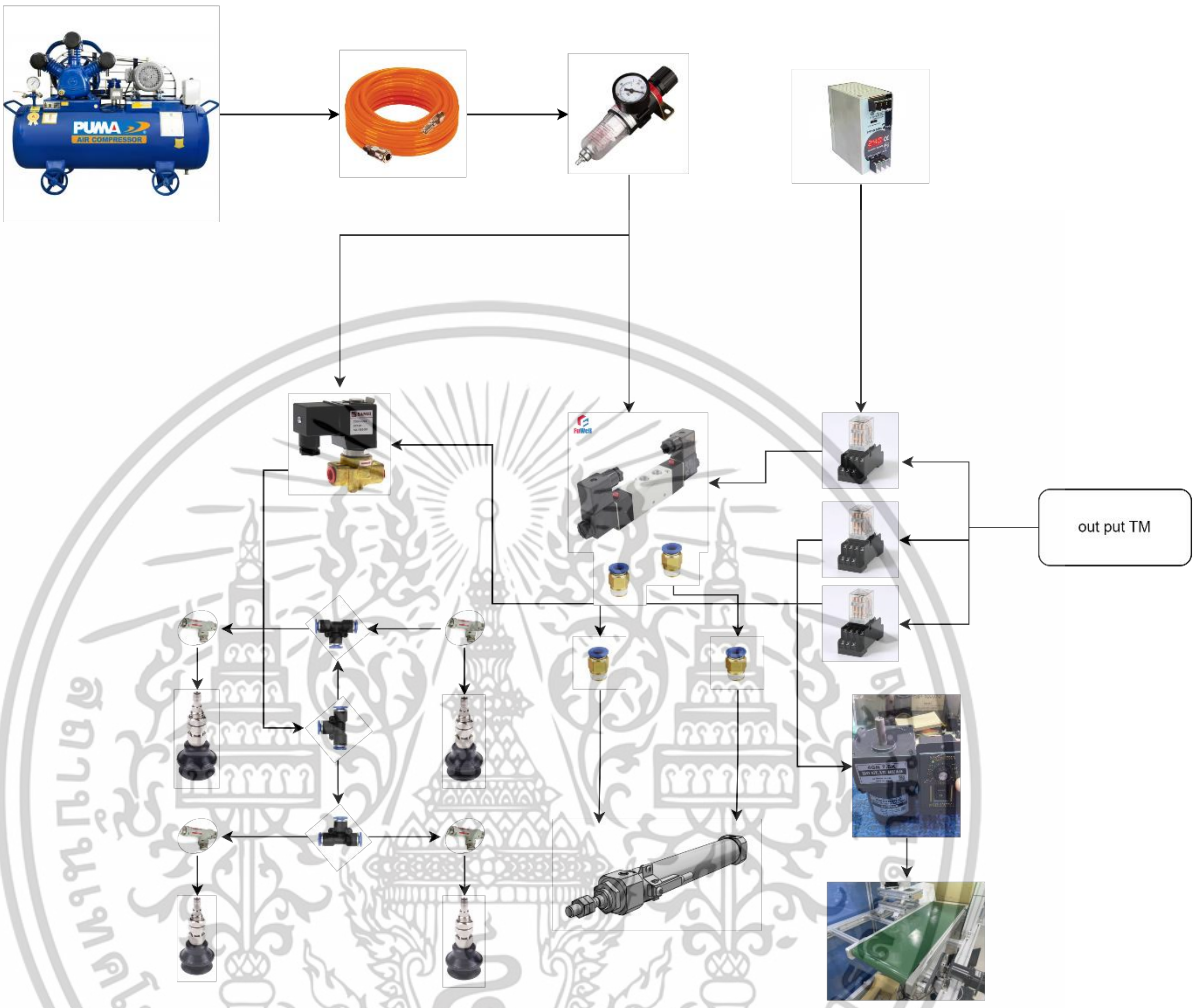


Figure 45: Pneumatic System

Figure 45 represents the pneumatic system for control box. Solenoid valves and conveyer are controlled by relays which are energized and de-energized by TM14 output. TM14 outputs states are depend on The sequence design by TMFlow software.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 Conveyor

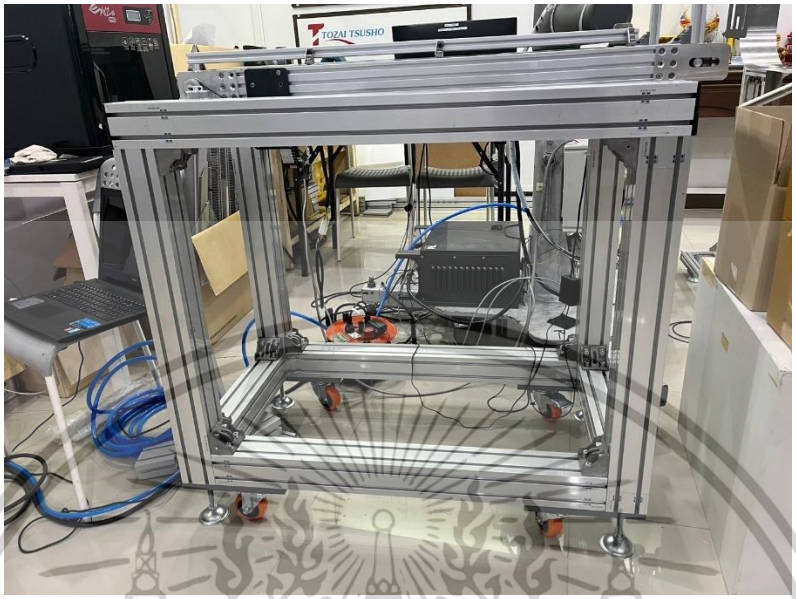


Figure 46: Conveyor installation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 47: Conveyor's Roller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 TM14

Figure 48: TM14 vacuum pad installation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 Curve

Figure 49: Curve's Roller Installation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 50: Curve assembling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 51: Curve's height adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 Case Station

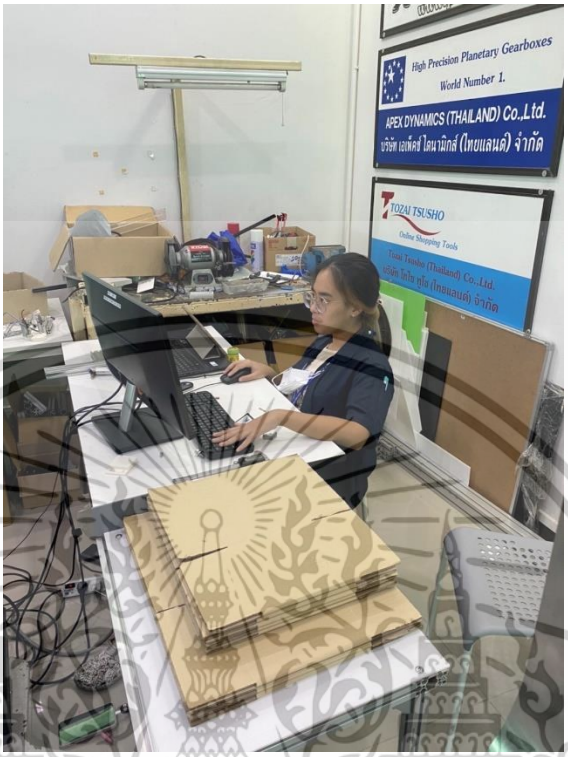


Figure 52: Case Station

Figure 53: Case Station 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 Taping Station

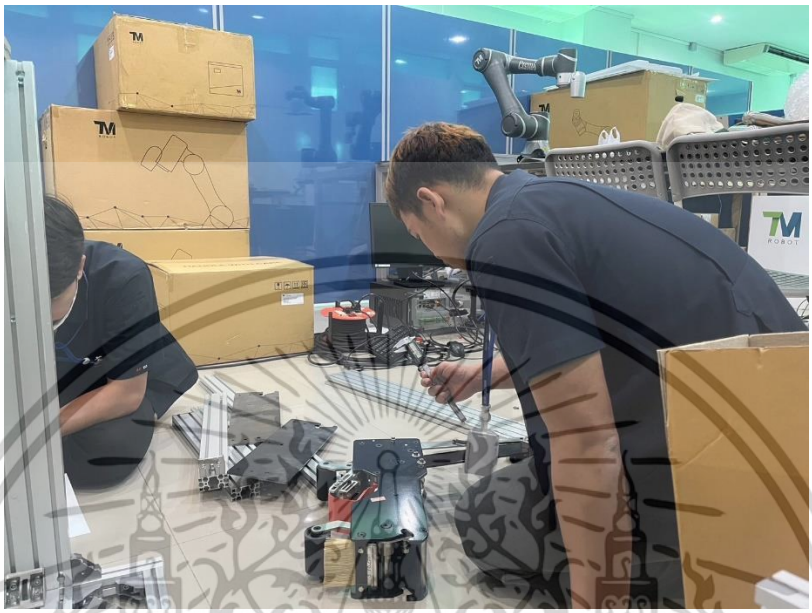


Figure 54: Taping Station Assembling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

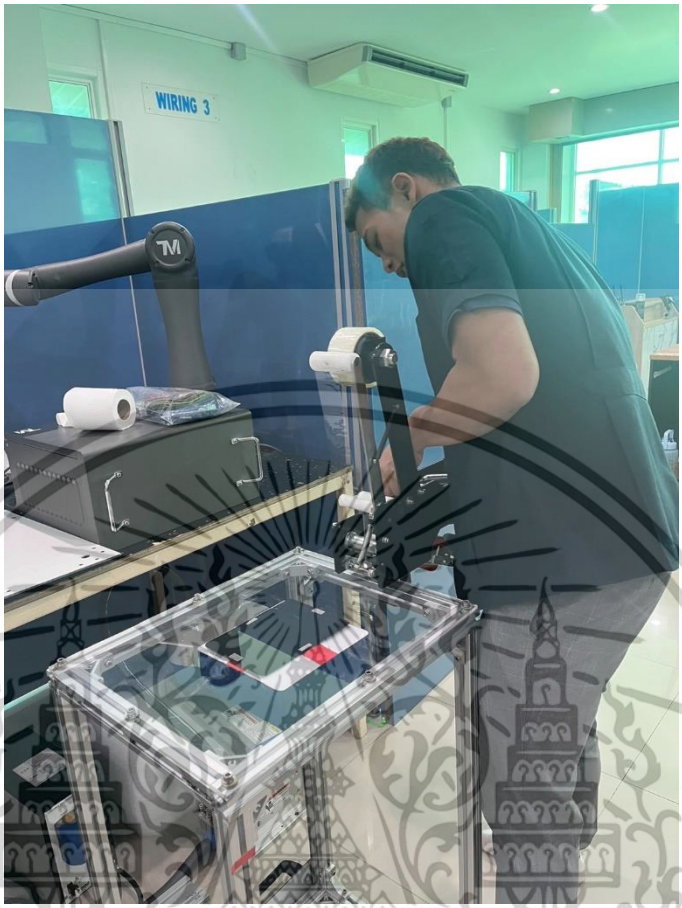


Figure 55: Taping Station Assembling 2

3.3.8 Motor

Motor plays an important role in packing system because the speed of the conveyor is related on the speed of the motor. So the speed of motor is effects the posture of the robot because the end effector of the robot align in the perfect position for waiting for the products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 56: Speed Control Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 Sensors

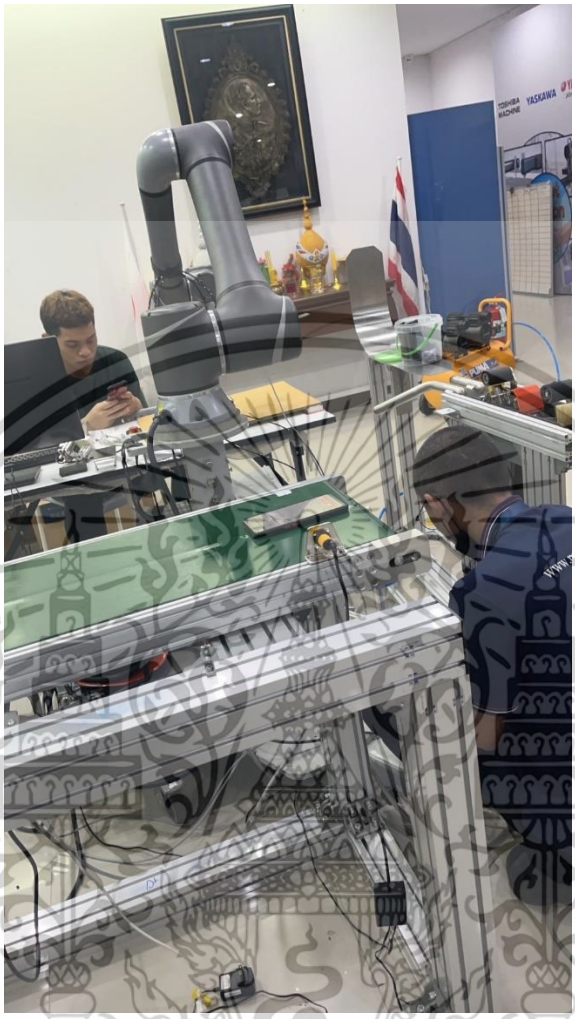


Figure 57: Conveyor's Sensor Assembling

3.4 System Simulation

In this phase the team already got all materials and hardware to start the project. So the RoboDK software plays the most important role in monitoring the system without causing any damage because this software uses the 3D model for simulation. This software helps us to define the area for installing all hardware and calculates the robot joint angle to reach the specific point in the process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 Installation Layout

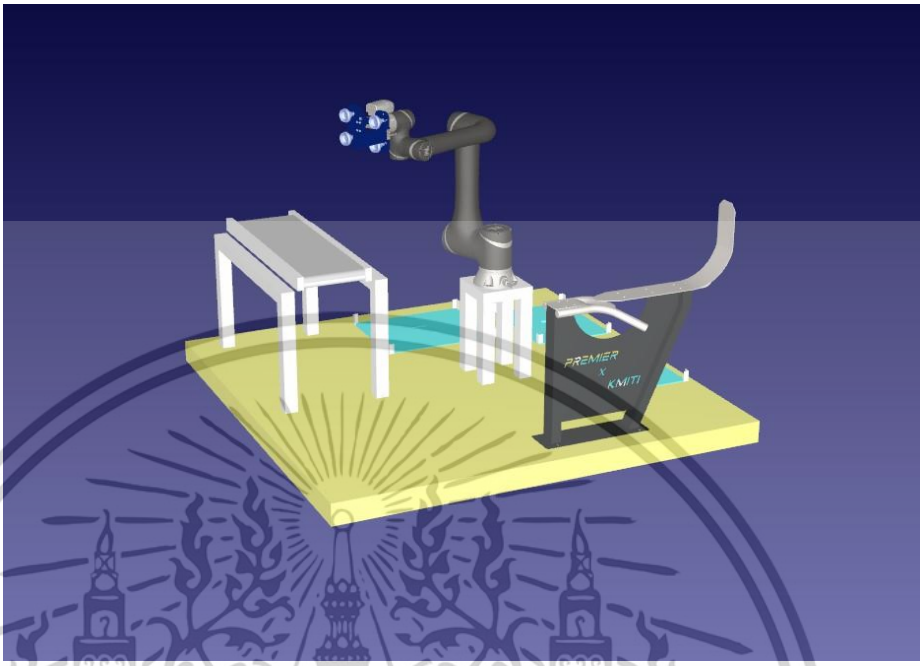


Figure 58: RoboDK 3D layout

3.4.2 Robot Joint Limitation

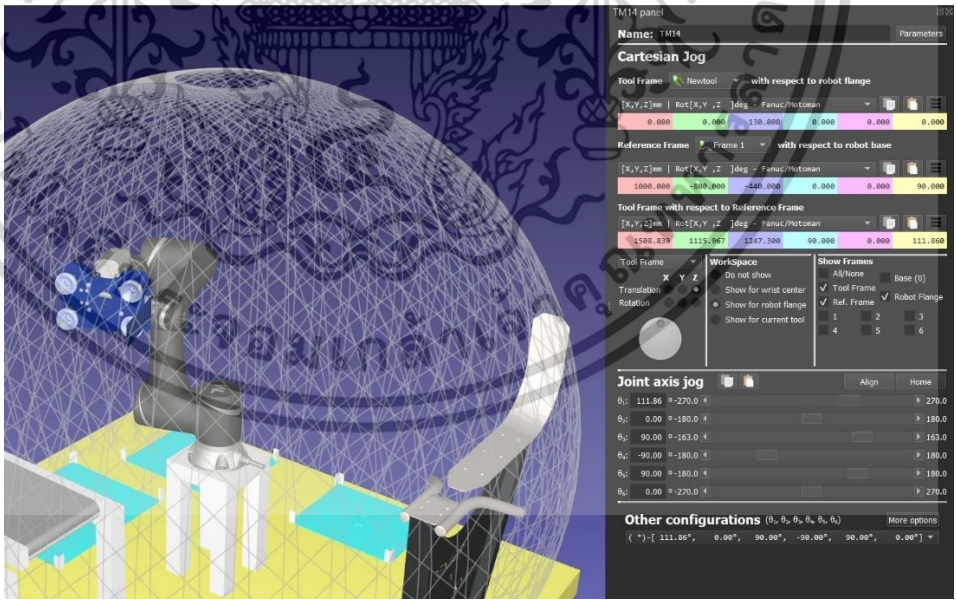


Figure 59: RoboDK robot limitation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 Collision Checking

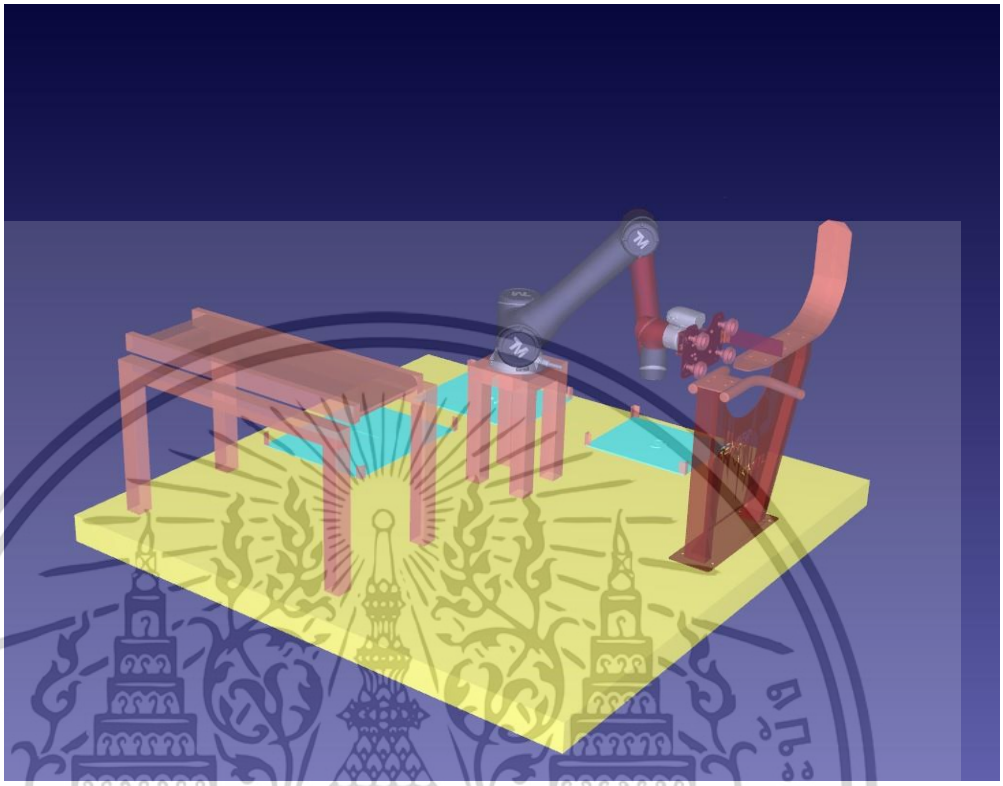


Figure 60: RoboDK collision checking function

3.5 Sequence Designing

The sequence of this program is separated into 3 sub-program so the customer can choose which program to run and the customer can rearrange the sequence of sub-programs.

3.5.1 Sequence Method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

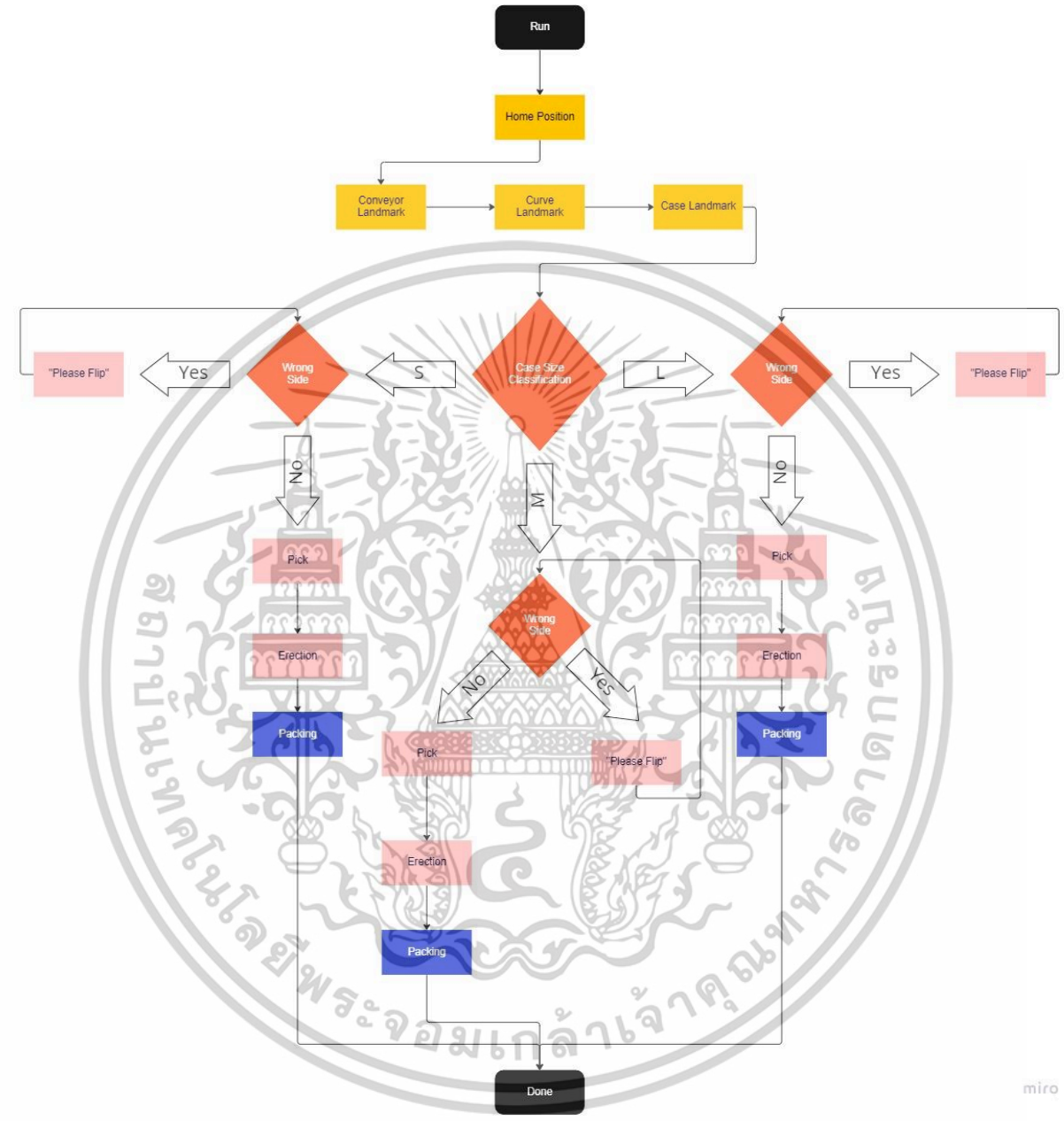


Figure 61:Sequence of Idea

3.5.2 TM Landmark Detecting

This sub-program has to run the first ad the main program because the cobot has to get the TMLandmark position attached to each module as every point the cobot moves is based on TMLandmark reference frame to avoid the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

movement of each station and helps the cobot to reach the the the inclined surface.

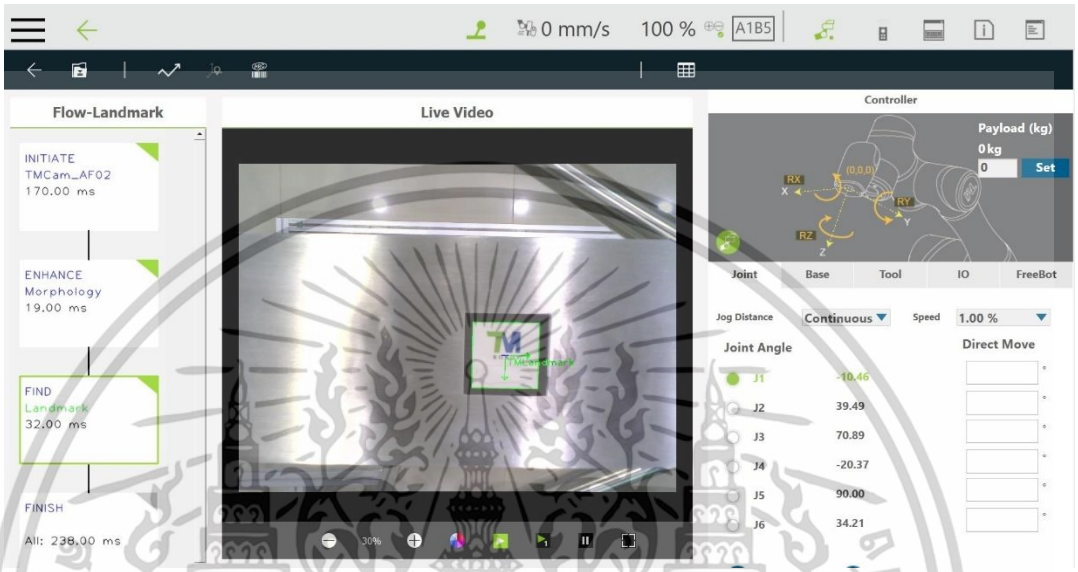


Figure 62: TMlandmark base

From figure 62, The center of TM landmark is the origin of the reference frame. The distance destination points which use TM Landmark as base are measured from TM landmark center.

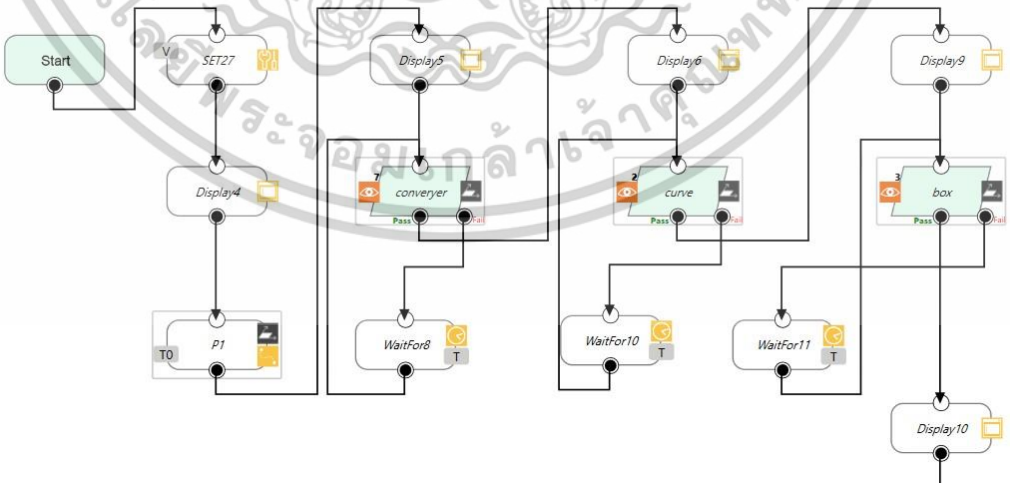


Figure 63: TM Landmark detecting sequence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 63 represents the step which TM14 moving to the destinations to detecting the TM Landmark.

3.5.3 Case Picking

This sub-program is the most complicated sequence of all because the cobot has to classify the size of the random cases and the cobot has to detect whether that case is placed in the wrong position or not to avoid human mistakes and check the availability of the box to avoid damage that may occur to the environment.

Figure 64: Case size, availability, and rotation detection

From figure 64, The TM14 vision detect contrast pattern which is defined by user for classifying the size of the case because the position of this pattern are differ in different size.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

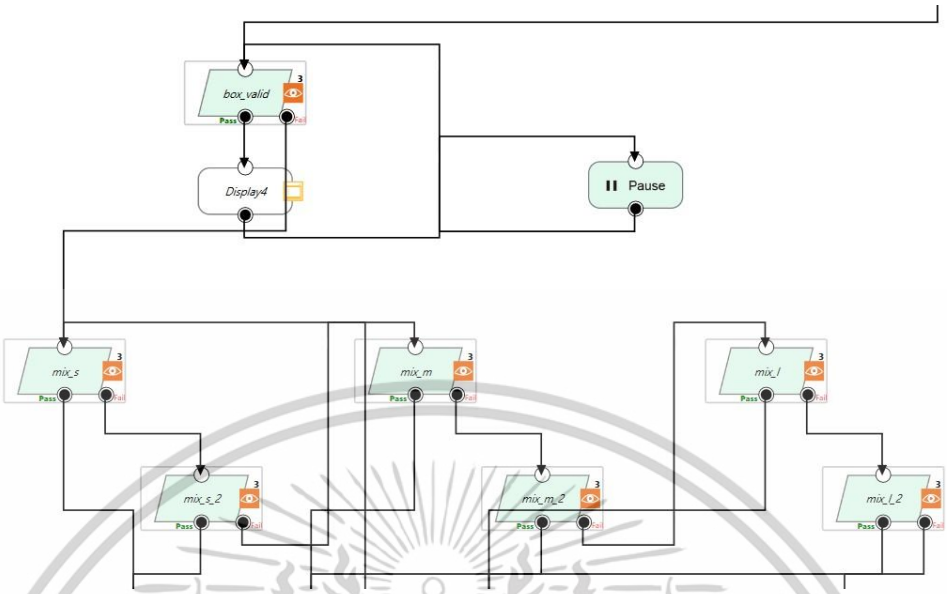


Figure 65: Case size detecting and availability checking sequence

From figure 65, The vision classification program finds shape pattern from the smallest size and eliminates the choices if it's fail.

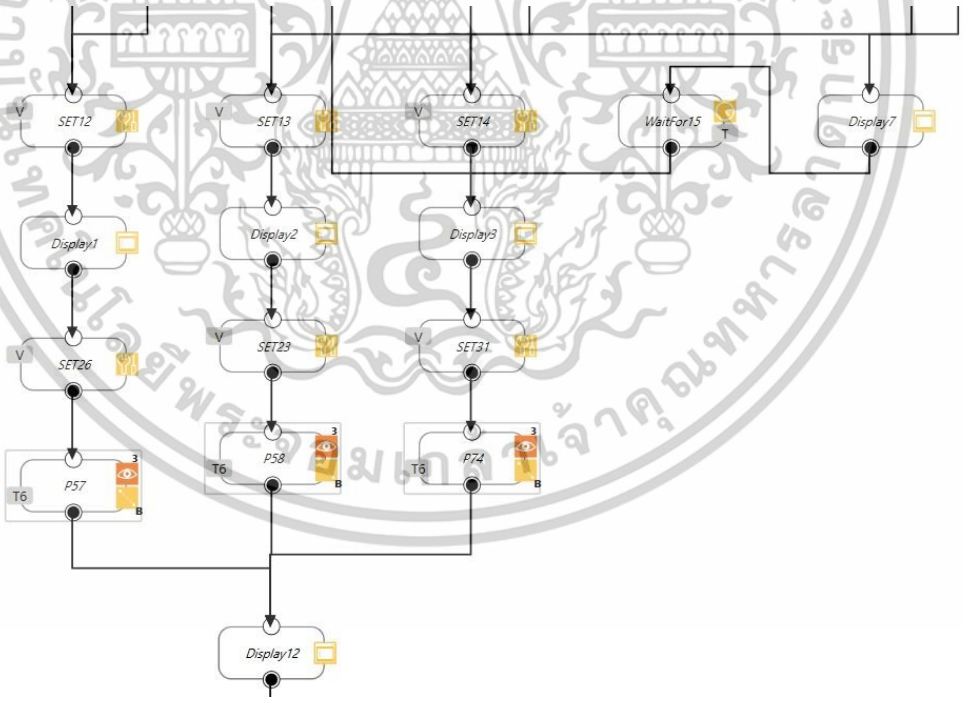


Figure 66: Case-picking position

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 Case Erecting

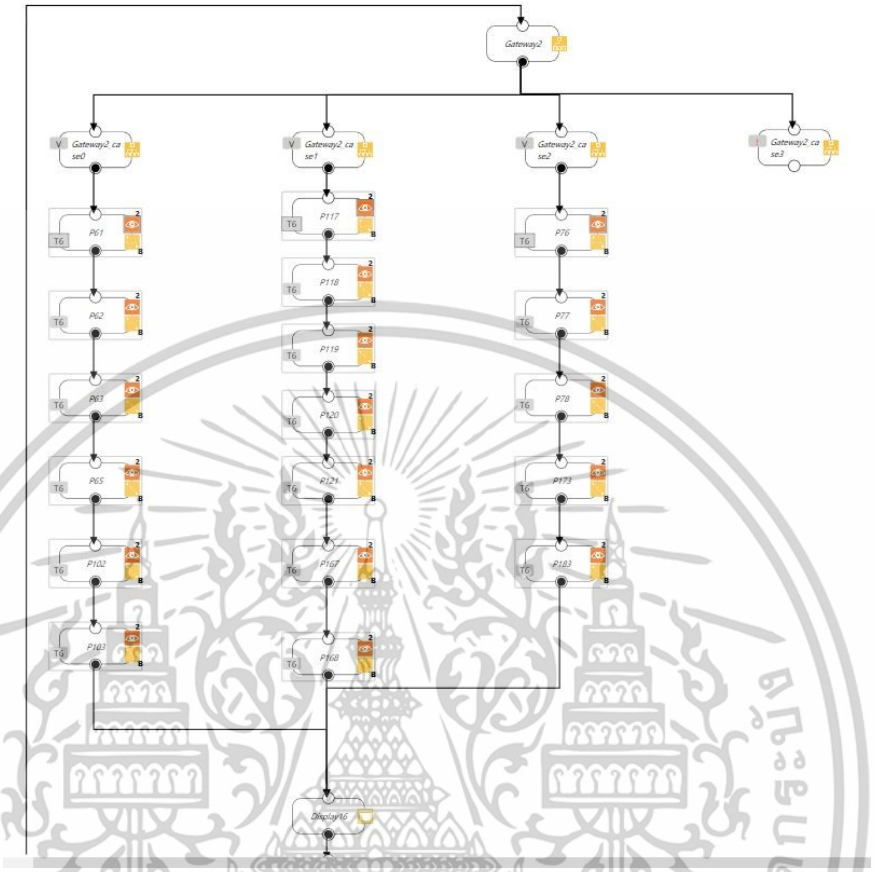


Figure 67: Curve sequence

From figure 67, The Cobot postures for case erecting are varie in size.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

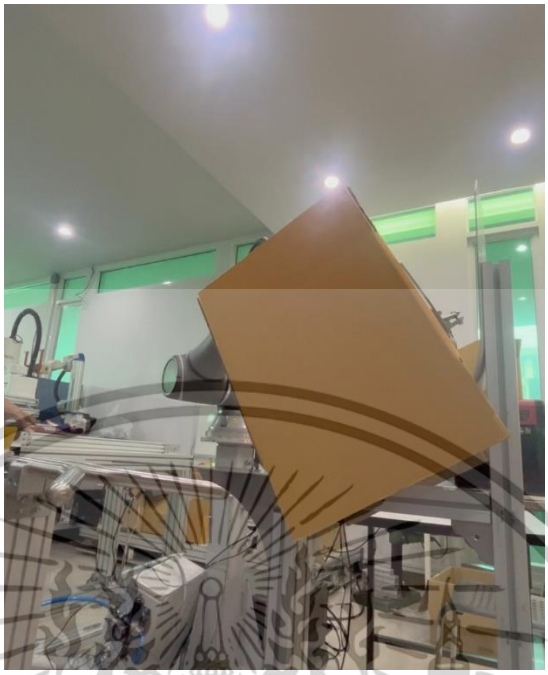


Figure 68: Case erecting point 1

Figure 69: Case erecting position 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 70: Case erecting position 3

Figure 71: Case erecting programming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 Product Packing

After the case erecting process is done the sequence continues moving toward the conveyor for packing products released from the conveyor.

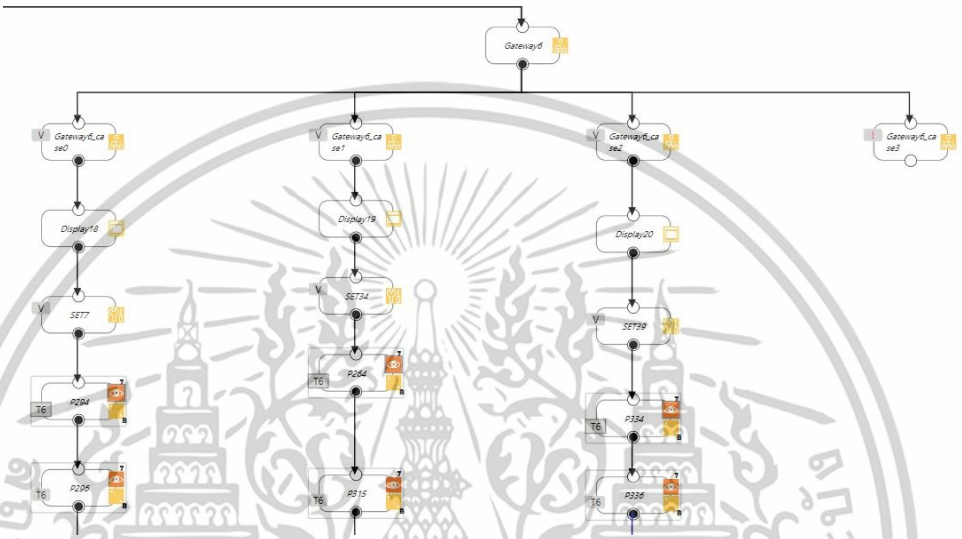


Figure 72: Packing sequence

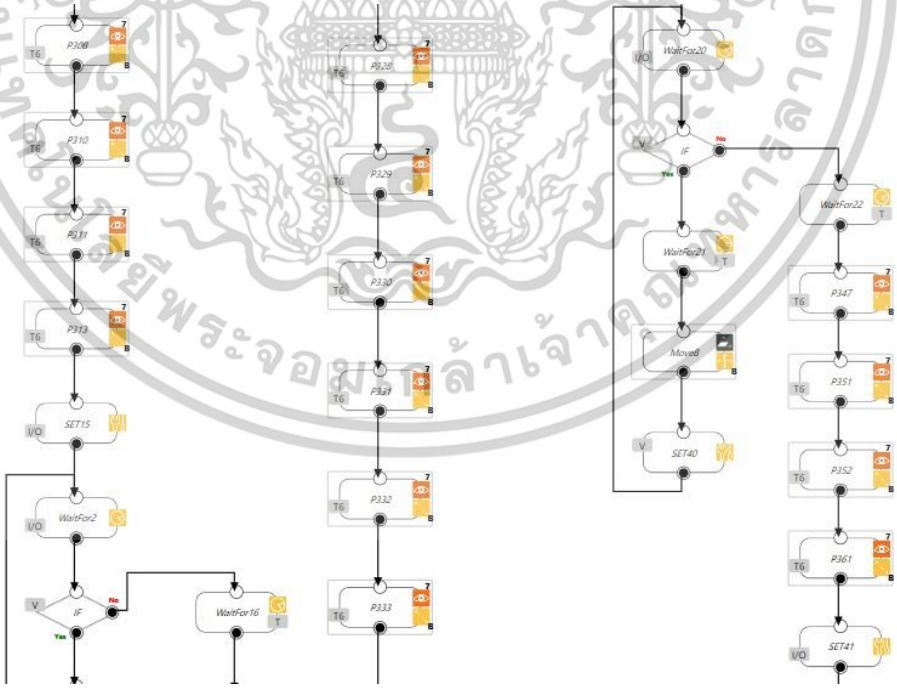


Figure 73:Packing sequence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

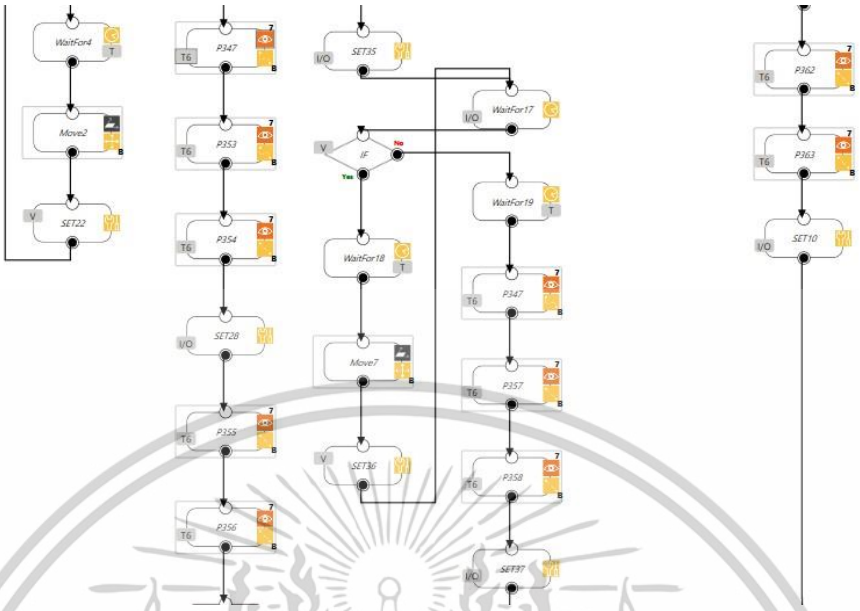


Figure 74: Packing sequence 2

From figure 73 and 74, The sensor of the conveyor sends the signal to TM14 controller. After TM14 received an input signal from sensor the Cobot moves down to receive the next product.

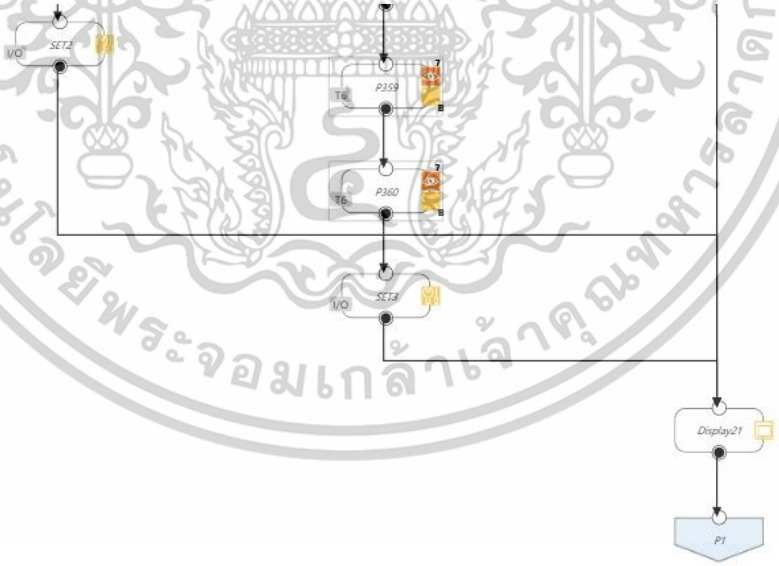


Figure 75: Packing sequence 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

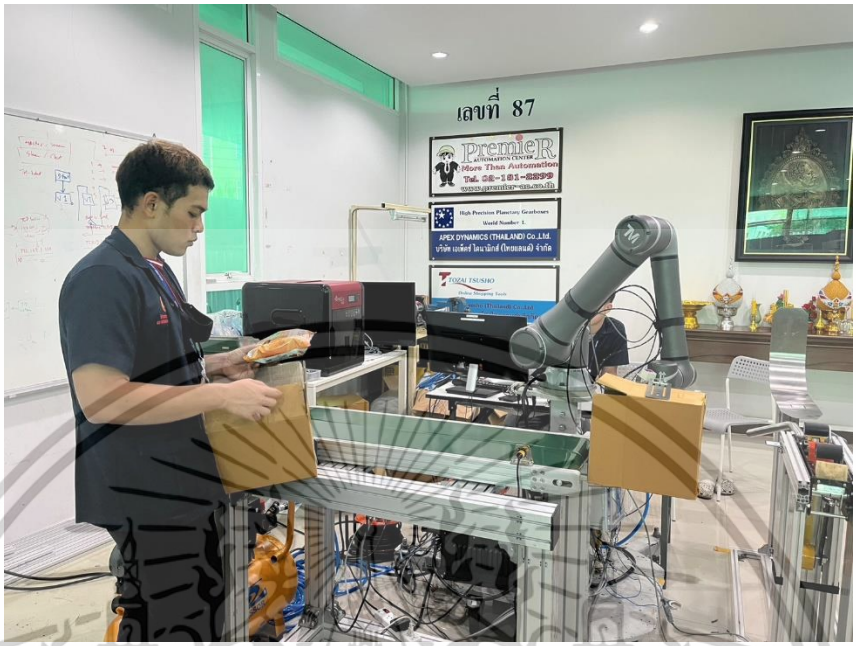


Figure 76: Product packing position 1

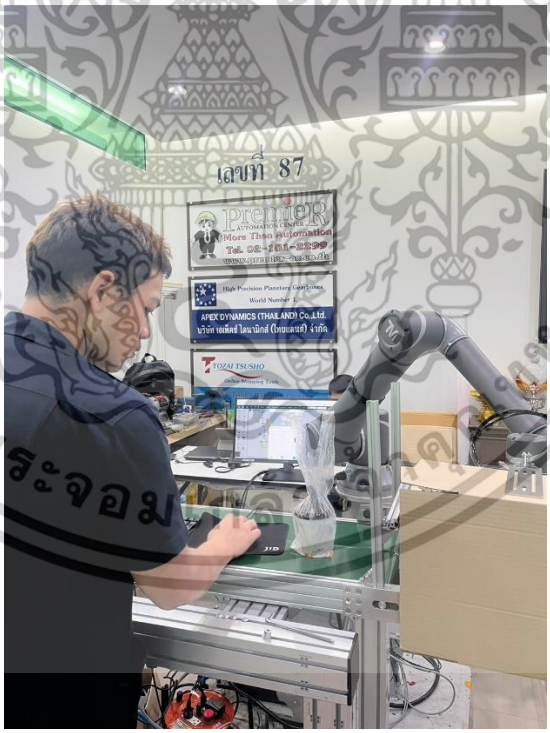


Figure 77: Product packing programming

Figure 76 and 78 represent the process of finding the suitable posture for receiving the products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 4: Research Results

4.1 Case Shape and Tape Quality

The important factor in erecting the case shape is the perfection of the outcome which should be as good as an outcome from humans because for showing attraction to customers TM cobot must show its potential to replace humans in industrial works.

4.1.1 17x25x18 cm

Figure 78: Tape quality 17x25x18 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 20x30x20 cm

Figure 79: Tape quality 20x30x20 cm

4.1.3 22x35x25 cm

Figure 80: Tape quality 22x35x25 cm

From the results of 4.1 The costumers are satisfy with the quality of the shaped cases because the curve metal sheet makes the edge of the case align equally and the overlap is not occur.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Completed Package

A package is classified as a completed product from product arrangement and the accuracy of the cobot end of effector position. Most industrial robots and cobots are used for pick and place applications but that process can be replaced with the process because it can reduce the robot's movement which makes the robot's lifespan shorten.

4.2.1 17x25x18 cm

Figure 81: Complete Loaded Package 17x25x18 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 20x30x20 cm

Figure 82: Complete Loaded Package 20x30x20

4.2.3 22x35x25 cm

Figure 83: Completed Loaded Package 22x25x25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Process Cycle Time

Reducing cycle time is essential for this process because it is shown the robot able to complete these processes in a short cycle time which is measured from the starting point of the picking process to the ending point of the curving process.

4.3.1 17x25x18 cm

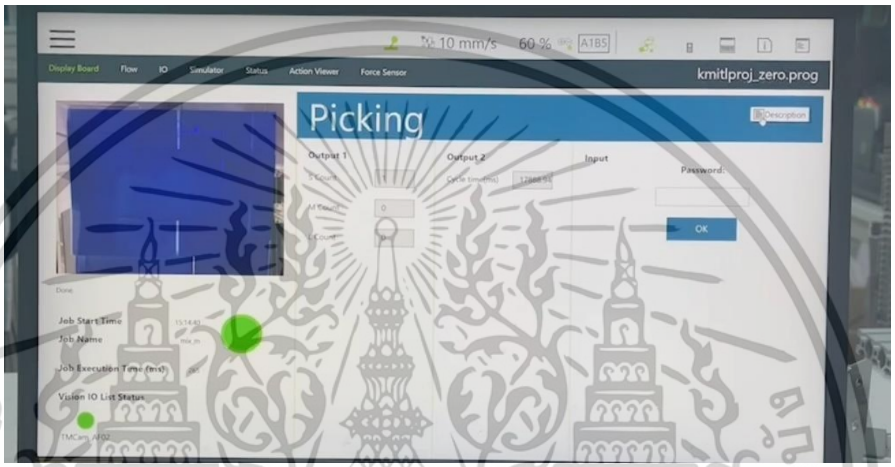


Figure 84: Small size cycle time

4.3.2 20x30x20 cm

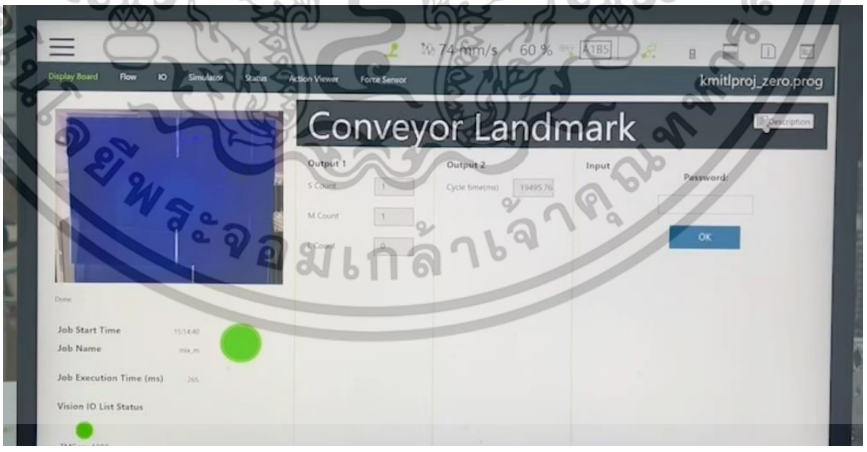


Figure 85: Medium size cycle time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 22x35x25 cm

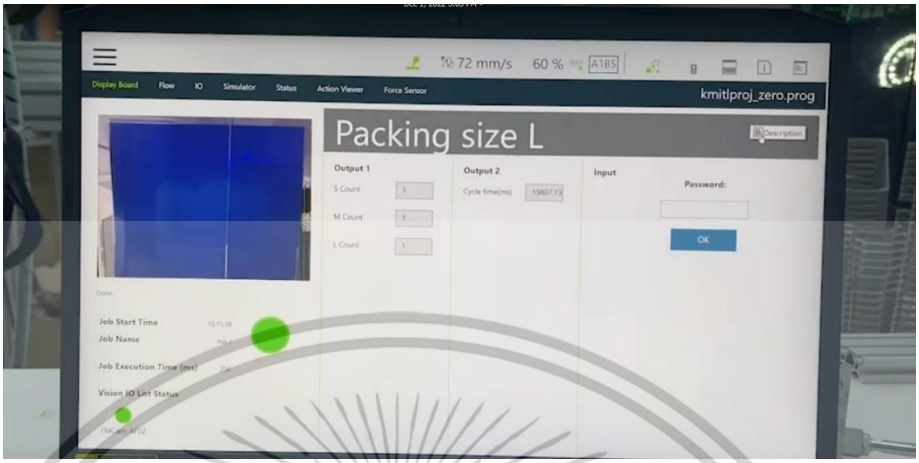


Figure 86: Large size cycle time

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 5: Summary

5.1 Summary

Operations in Premier Automation Center Co., Ltd being a Product & Technical Support Engineer has resulted many benefits as follows:

5.1.1 Vision

5.1.1.1 Improving real life and engineering vison from seniors.

5.1.2 Theory

5.1.2.1 Learned more about communication protocol which is essentials for automation works because machines need communication protocol for operating.

5.1.2.2 Practicing python and robot programming from basic to advance level.

5.1.2.3 Practicing electric circuit wiring for a robot control box.

5.1.2.4 Learn about the basics pneumatic system.

5.1.2.5 Learn about using software for hardware design and simulation.

5.1.3 Engineering Skills

5.1.3.1 Learned to use basic engineering tools to adapt to solving complicated tasks.

5.1.3.2 Improving the way of thinking as an engineering

5.1.4 Social

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4.1 Meeting with senior members of the Product & Technical Support and exchanging knowledge with other students from different majors who are working for another team.

5.1.4.2 Learned to adjust to the people in the office, each of them has their own style of being.

5.1.4.3 Learn about the actual working style. When an issue is identified, a solution must be discovered to finish the assignment.

5.1.4.4 Learned about daily life at work.

5.1.5 Persuading

5.1.5.1 Learn about presenting the attractiveness of the product to persuade customers which acquires from the exhibition expo.

5.1.6 Outfield Experience

5.1.6.1 Learn about solving problems in the outfield working in the industry by experienced senior engineers.

5.2 Problems and Suggestions

I have acquired a lot of knowledge from working at Premier Automation Center Co., Ltd. that I may use moving forward. I get to put what I've learned at school and in my additional education to use by working as an engineer. As a result, there will be some issues as follows.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1

Some existing knowledge acquired from university is not enough for working in this position such as hardware design and the use of engineering tools.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reference Section

Meet android studio : Android developers(2022, December 15).Android Developers. Retrieved November 3, 2022, from https://developer.android.com/studio/intro

สูรพันธุ์, ดร., & ตันสังวรณ์. (2022, January 28). การสื่อสารในงานอุตสาหกรรมด้วยโพรโทคอล Modbus. NECTEC : National Electronics and Computer Technology Center. Retrieved November 3, 2022, from https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/modbus-protocol.html

Techman(2022)[online].TM Robot. Retrieved November 4, 2022, from https://www.tm-robot.com/

Terrene เทรดจำกัด. (2020, April 13). การตรวจสอบด้วยแสงอัตโนมัติ (AOI) คืออะไร? - นิทรรศการ - Terrene Trading Limited. Retrieved November 4, 2022, from http://th.terrenebuyingservice.com/info/what-is-automated-optical-inspection-aoi-44736326.html

รีเลย์ อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับตัด-ต่อวงจร[online].MISUMI Thailand. (n.d.). Retrieved November 8,2022, from https://th.misumi-ec.com/th/pr/recommend_category/relay201904/

Human Machine Interface (HMI): เทคโนโลยีช่วยสื่อสารกับเครื่องจักร. (2021, December 22). PTT ExpreSso. Retrieved November 8, 2022, from https://blog.pttexpresso.com/hmi-human-machine-interface/

JetBrains. (2021, February 11). Kotlin for Android: Kotlin. Kotlin Help. Retrieved November 10, 2022, from https://kotlinlang.org/docs/android-overview.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix

I had a fantastic opportunity to study and advance my career during my internship at the Premier Automation Center Co., Ltd. I'm thankful that I had the chance to meet all of these wonderful people and experts that helped me throughout my internship. In terms of my professional development, this opportunity is a tremendous advancement. I will work hard to use my newfound knowledge and skills as effectively as I can.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Author's Biography

Don Watana, a fourth- year student from Bachelor of Engineering in Electrical Engineering at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Don was born on October 30, 2000, in Bangkok Province Thailand. From June to July 2022, he was an intern at Premier Automation Center Co., Ltd working towards the Automation of carton erecting and packaging machines using Techman TM14 robots: design and implementation. Throughout Don's junior year, he has been the first generation of Electrical Engineering at SIIE. In fourth year , he has been employed under the position of Product & Technical Support Engineer by Premier Automation Center Co., Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้