

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроника и робототехника
(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

по теме Транспортный роботизированный модуль на основе пневматического
робота с визуализацией интерфейса оператора

Студент

Н.С. Черняков
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Д.Г. Токарев
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.ф.н , доцент, М.М. Бажутина
(И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Объем 70 с., 52 рис., 7 табл., 23 источника.

Транспортный роботизированный модуль на основе пневматического робота с визуализацией интерфейса оператора.

Объектом исследования являются системы человеко-машинного интерфейса.

Цель работы – создание визуализации интерфейса оператора для транспортного роботизированного модуля, который является лабораторным стендом.

Задачи работы заключались в разработке интерфейса для получения информации о системе и её контролирования, разработке окна для ручного и автоматического управления комплексом разработке визуализации системы прослеживаемости.

Работа состоит из пяти глав, в которых решены выше представленные задачи.

Для реализации интерфейса оператора была выбрана операторская панель Weintek eMT3070B и использовалось программное обеспечение EasyBuilder Pro.

В процессе работы был создан интерфейс состоящий из четырёх окон. И произведена связь между операторской панелью, сканером штрих-кодов и программируемым логическим контроллером Siemens S7-1200.

Abstract

The title of the bachelor's thesis is «Transport robotic module based on a pneumatic robot with visualization of the operator interface».

The bachelor's thesis consists of an explanatory note on 70 pages, introduction, including 51 figures, 7 tables, a list of 23 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The object of the study is human-machine interface systems.

The purpose of the work is to create a visualization of the operator interface for the transport robotic module, which is a laboratory bench.

The objectives of the work are to develop an interface for obtaining information about the system and its control, to develop a window for manual and automatic control of the complex to develop a visualization of the traceability system.

The bachelor's thesis may be divided into several logically connected parts, which are: operator panels; software EasyBuilder; control object description; interface development; complex operation.

Weintek eMT3070B operator panel and EasyBuilder Pro software were chosen to implement the operator interface.

An interface, consisting of four windows, was created in the process of work. In addition, the communication between the operator panel, barcode scanner and the Siemens S7-1200 programmable logic controller was performed.

Оглавление

Введение.....	5
1.Операторские панели.....	6
1.1 Производители операторских панелей	6
1.2 Операторские панели Weintek	7
1.3 Панель оператора Weintek eMT3070B	9
2. Программное обеспечение EasyBuilder.....	12
2.1 Интерфейс и возможности Easybuilder pro.....	13
3 Описание объектов управления.....	24
3.1 Пневматический промышленный манипулятор МП-11	24
3.2 Программируемый логический контроллер Siemens S7-1200	28
3.3 Микроконтроллер Arduino Mega 2560	36
4. Разработка интерфейса	40
4.1 Связь панелей Weintek с ПЛК Siemens S7-1200	40
4.2 Разработка интерфейса	42
4.2.1 Создание окна с ручным управлением манипулятором.....	42
4.2.2 Создание двух окон «Сценарий»	49
4.2.3 Создание окна для системы прослеживаемости.....	56
5. Работа комплекса	60
5.1 Ручное управление	60
5.2 Автоматическая работа по сценарию	64
Заключение	67
Список используемой литературы	68

Введение

Функционирование роботизированного комплекса зависит от слаженной работы его частей. Взаимодействие внутри системы управления определяется качеством и скоростью обмена данных. А связь между комплексом и обслуживающим персоналом обеспечивается по средствам человеко-машинного интерфейса (Human Machine Interface, HMI). Он является одним из важнейших компонентов любой системы автоматизации. Ведь как бы хорошо не был отлажен комплекс, оператор всегда должен иметь возможность получать информацию о его работе, а так же контролировать и влиять на него для поддержания необходимой функциональности и принятия решений в критической ситуации.

Человеко-машинный интерфейс – система обеспечивающая связь между оператором и управляемыми им системами. Реализация человеко-машинного интерфейса на производстве является создание рабочего места человека-оператора и размещении на нем приборов управления производственной системой.

Человеко-машинные интерфейсы применяются как при создании мест использующих сложные машины и множество органов управления, так и в промышленных предприятиях, где чаще применяются типовые средства в виде операторских панелей, персональных компьютеров, а так же базовое программное обеспечение.

Использование человеко-машинного интерфейса для работы с лабораторным стендом позволит студентам закрепить материал полученный в лекционном материале и разобраться в работе оператора производственных систем.

1 Операторские панели

1.1 Производители операторских панелей

Для решения поставленных задач рассмотрим несколько компаний производителей операторских панелей.

Компания Advantech крупный производитель IBM выпускает операторские панели с процессорами в которых используется RISC архитектура. Они поддерживают более 300 протоколов для связи с ПЛК. Помимо этого в интерфейсных модулях компании Advantech используется операционная система реального времени с поддержкой Microsoft – WinCE что позволяет панелям быть устройствами с гибкой системой интеграции. Для разработки проектов используется WebOP который поддерживает работу со многими моделями ПЛК.

Компания ICP DAS производитель оборудования для АСУ ТП разрабатывает малогабаритные HMI двух серий. Серия TPD используется в системах «умный дом». Эти панели монтируются в настенную розетку и используются для управления системами дома. Серия VPD используются для промышленной автоматизации, панель монтируется в DIN-рейку и интегрируется с контроллерами и модулями ввода/вывода.

Компания Samkoop выпускает качественные панели с невысокой ценой. Они широко применяются в автоматизации промышленных системах и ЖКХ объектах, когда нет необходимости в дорогостоящих системах верхних уровней. Среда разработки проектов для панелей SK Workshop распространяется бесплатно, после её установки требуется только поставить необходимые драйвера для US [11].

1.2 Операторские панели Weintek

Рассмотрев существующие варианты, было решено использовать операторские панели от компании Weintek Labs. Они являются мировыми производителями графических операторских интерфейсов. Их официальным дистрибьютором на территории России является «ООО ПЛКСистемы».

Панели Weintek являются устройствами человеко-машинного интерфейса оснащенными сенсорными LCD дисплеями. Для обмена данными в панелях используется протокол MODBUS через интерфейс RS-232 или RS-485. Так же большинство устройств Weintek имеют возможность объединения в сеть Ethernet с ПЛК и ПК. Встроенные USB порты могут использоваться для подключения дополнительной памяти и периферийных устройств например принтеров или сканеров штрих-кодов. Панели Weintek обладают обширным количеством библиотек с драйверами коммуникации позволяя работать с большинством типов контроллеров, таких как Siemens, OBEH, Mitsubishi и другие.

Компания Weintek labs выпускает несколько вариаций своих панелей отличающиеся размерами, характеристиками и различными дополнительными функциями.

Серия iE – это панели в пластиковом корпусе с уменьшенной толщиной для установки в любых промышленных средах.

Серия ХЕ – панели большого размера в алюминиевом корпусе.

Серия eMT – оснащена дополнительными протоколами коммуникации CANopen, BacNET/IP и MPI/IP позволяя соединение с большим количеством устройств.

Серия mTV – машинный телевизионный интерфейс предназначен для подключению к экранам любых размеров через HDMI что позволяет отображать более четкие данные.

Серия cMT – обладает встроенным облачным сервером и возможностью удалённого доступа через мобильные устройства. Так же может использовать приложения сторонних производителей такие как Microsoft Office PDF Reader и другие с помощью программного обеспечения Easy Launcher.

Серия IP – является экономической версией с уменьшенным функционалом. Используется когда в проектах нет необходимости в качестве изображения и высокой функциональностью.

Сравнительные данные некоторых характеристик панелей показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик у серий панелей Weintek

Характеристика	Серия					
	iP	iE	eMT	mTV	XE	cMT
Максимальный размер файла проекта	22,5Мб	22,5Мб	64Мб	64Мб	64Мб	32Мб
Доступный объем памяти под файлы журналов	16Мб	16Мб	64Мб	64Мб	64/120Мб	32Мб
Отправка уведомлений на почту	Нет	Да	Да	Да	Да	Да
Система удаленного доступа к экрану панели	Да	Да	Да	Да	Да	Нет
Трансляция видео с USB-камеры в локальную сеть	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
Линейный аудиовыход	Нет	Нет	Только 3120/3150	HDMI	USB	Нет
Шина CAN	Нет	Нет	Да	Нет	Только MT8091/MT8092XE	Нет
Сквозной проход для Siemens ПЛК	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Беспроводное подключение	Нет	Только MT8103iE	Нет	Нет	Нет	Только SVR200/202

В данной таблице были предоставлены общие характеристики каждой серии операторских панелей. В работе была выбрана серия eMT как самая подходящая для поставленных задач, ее подробные характеристики будут рассмотрены далее.

1.3 Панель оператора Weintek eMT3070B

Для выполнения поставленной задачи была выбрана панель Weintek серии eMT модель 3070B [6, 7, 23]. С помощью неё будет осуществляться управление пневматическим промышленным манипулятором МП-11 через Siemens S7-1200, связь с которым осуществляется через сеть Ethernet.

На рисунке 2 показан внешний вид панели.



Рисунок 1 – внешний вид панели Weintek eMT3070B

Основные параметры интерфейсного модуля eMT3070B приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические характеристики панели eMT3070B

Характеристика	Значение
Дисплей: - диагональ - разрешение - подсветка - яркость	7 дюймов 800x480 LED 500 кд/м2
Процессор: - тип - частота - оперативная память	32bit RISC 1 ГГц 256 Мб
Порты ввода/вывода: - USB хост/клиент - Ethernet - COM	USB 2.0/Micro USB 1 x 10 /100 Base-T COM 1: RS-232/ RS485 2w/4w; COM3: RS-485 2w
Питание: - вход питания - токопотребление	+24В±20% 400мА, 24В
Конструкция - корпус - размеры - вес	алюминий 200,3 x 146,3 x 42,5 мм 0,9 кг

На рисунке 2 показаны габаритные размеры панели и расположение функциональных разъемов



1 – DIP переключатель; 2 – предохранитель; 3 – питание; 4 – линейный выход; 5 – слот для SD карты; 6 – разъем Com2 RS485 2w/4w, Com3 RS-485 2w; 7 – разъем COM1 RS-232, COM3 RS-232; 8 – Ethernet; 9 – USB хост; 10 – USB клиент.

Рисунок 2 – Габаритные размеры и схема расположения интерфейсных входов операторской панели Weintek eMT3070B

Операторские панели для удобства использования могут крепиться на монтажную DIN-рейку в вертикальном и горизонтальном положении.

Выводы по главе

В данной главе было проведено исследование вариаций операторских панелей. В результате исследования был выбран интерфейсный модуль от компании Weintek Labs панель оператора eMT 3070B.

2 Программное обеспечение EasyBuilder

Для разработки проектов в операторских панелях Weintek требуется установка среды программирования EasyBuilder, которая является графическим редактором проектов. Первой версией программы была EasyBuilder 8000, выпущенная в 2006 году, она используется для ранних моделей панелей. Позже в 2012 году была разработана EasyBuilder Pro в которой была обновлена и усовершенствована элементная база, а так же добавлен новый функционал соответствующий новым требованиям. Современные модели панелей программируются только с помощью Pro версии. Однако для старых моделей серий, например MT6000i и MT8000i подходит только версия 8000.

После скачивания дистрибутива, который распространяется бесплатно, у разработчика проекта появится программа под названием Utility Manager которая, помимо самого EasyBuilder, содержит в себе дополнительные инструменты для управления и настройки проектов [22].

EasyConverter – это инструмент который используется для преобразования данных, когда требуется запись архивных данных или архив событий сохранить в виде Excel таблицы.

EasyConverter – используется для анализа связи ПЛК с панелью и обнаружения ошибок при их коммуникации.

EasyPrinter – программное приложение для передачи печатной экранной информации на удаленные устройства, объединённые сетью Ethernet.

EasySimulator – позволяет запустить симуляцию проекта на компьютере без подключения к ПЛК.

EasyWatch – используется для просмотра значений адресов ПЛК, а также их изменение.

Recipe Editor – инструмент используемый для создания и редактирования форматов данных.

Structure Editor – позволяет повысить возможности для чтения и записи дополнительных структур типа User-Defined, Predefined и Module-Defined Structure.

EasyAccess – технология позволяющая пользователю получить удаленный доступ к данным с панелей, которые подсоединены к интернету, с помощью любого устройства, включая сенсорные телефоны.

2.1 Интерфейс и возможности Easybuilder pro

Запустив основную программу из менеджера утилит разработчику будет представлено окно с выбором модели и серии панелей Weintek. Далее открывается окно системных параметров где можно настроить связь интерфейсного модуля с ПЛК и периферийными устройствами. По умолчанию в окне выбора стоит устройство Local HMI, панель будет исполнять роль локального устройства и в ней можно будет писать программу и эмитировать ее работу в режиме офлайн.

На рисунке 3 показан внешний вид интерфейса программы.

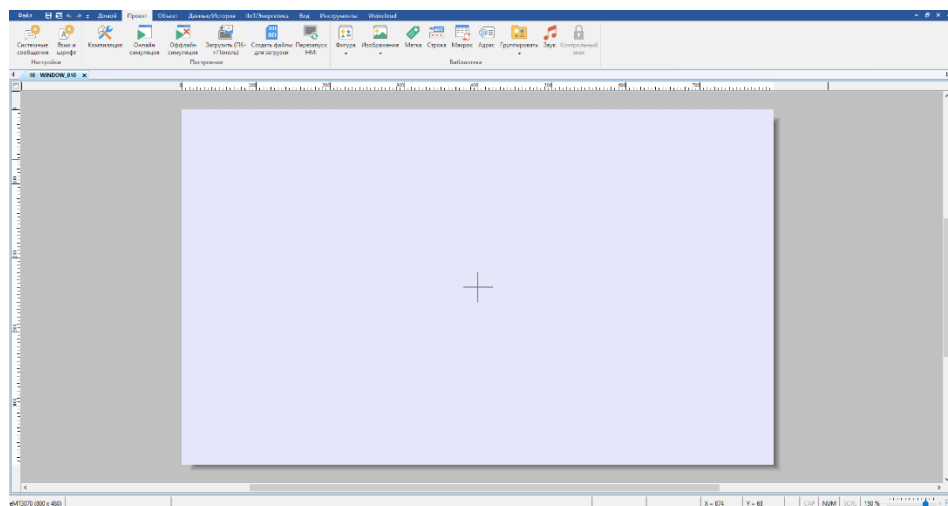


Рисунок 3 – интерфейс Easybuilder Pro

По центру экрана расположено окно в которое будут выносятся графические элементы которые будут отображены на экране панели при запуске.

Над окном расположены функциональные вкладки.

Вкладка «Файл» используется для сохранения программ и загрузки их в ПЛК.

На следующей вкладке «Домой» (рисунок 4) можно добавить новые устройства как при запуске программы нажав на кнопку «Системные параметры». Так же на этой вкладке можно вытаскивать некоторые графические объекты и менять их расположение на экране.

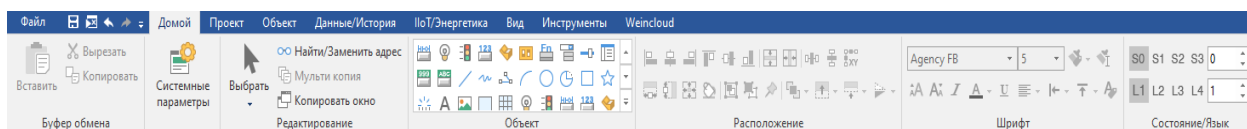


Рисунок 4 – интерфейс вкладки «Домой»

Во вкладке «Проект» (рисунок 5) производится симуляция проекта в режиме офлайн без панели или загрузить проект в панель.

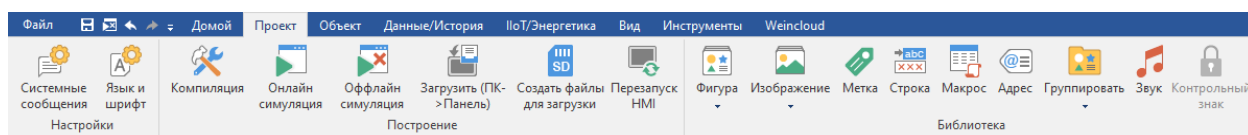


Рисунок 5 – интерфейс вкладки «Проект»

Библиотека меток (рисунок 6) используется при работе с многоязыковой средой. В ней разрабатывается содержимое в соответствии с конкретными требованиями. Затем можно выбрать подходящую метку из Библиотеки, когда требуется ввести текстовую надпись.

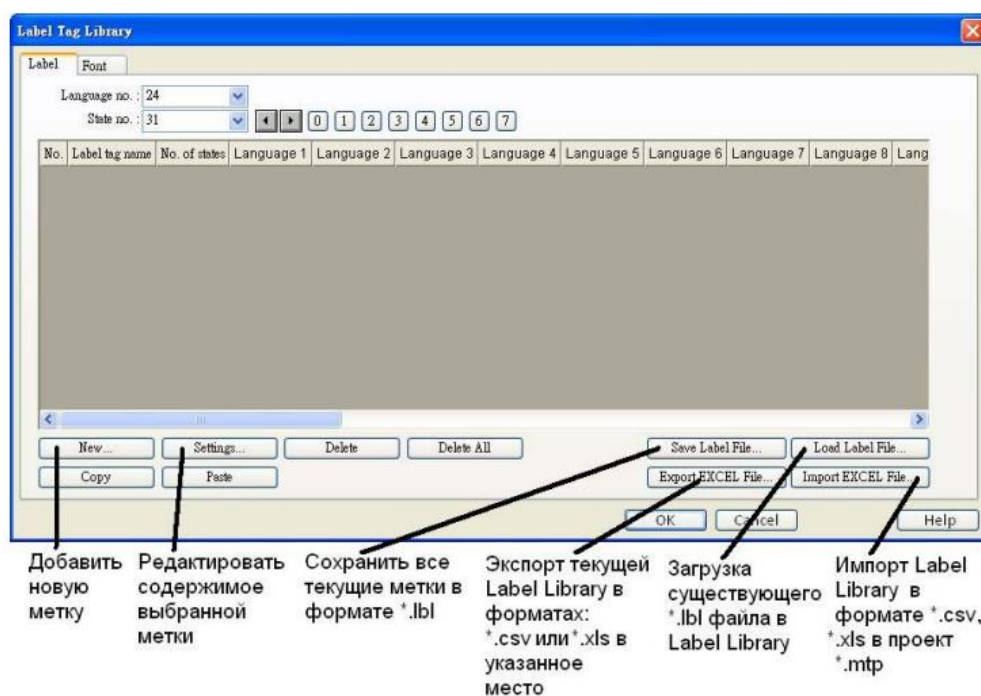


Рисунок 6 – окно разработки библиотеки меток

Каждая метка может иметь 256 состояний при количестве языков от 1 до 3. Если языков от 4 и больше то требуется разделить 768 на число использованных языков.

Следующая функция на этой вкладке это макросы. Они используются для создания дополнительного функционала, которые разработчику понадобятся для создания его приложения. С помощью макросов пользователь создает автоматизированное выполнение последовательных команд. Макросы способны выполнять сложные вычислительные операции, работать со строками и взаимодействовать с проектами. Макросы могут назначаться на некоторые графические элементы, такие как кнопки и переключатели, а так же выполняться при запуске программы или при выполнении заданных условиях. Более подробно разработка макросов будет рассмотрена в главе «Создание интерфейса».

Библиотека адресных меток упрощает разработку приложения, она позволяет удобно распределить адресные теги избегая повторов, а так же более точно использовать их в функциях.

На рисунке 7 показано окно адресных меток с описанием функций.

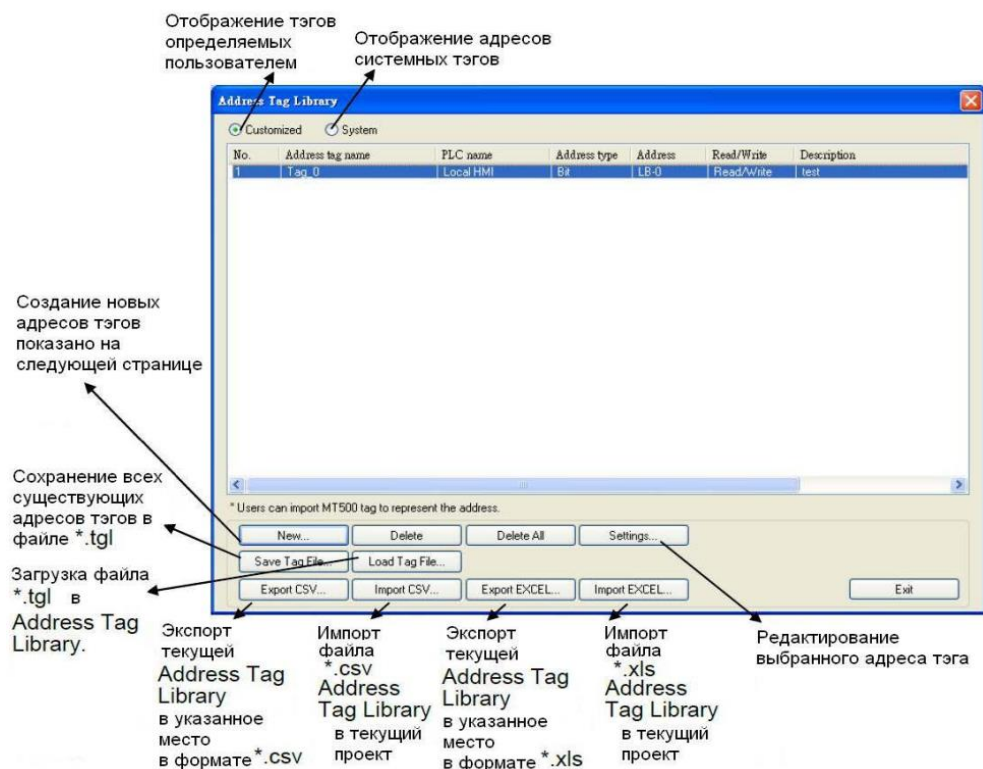


Рисунок 7 – окно разработки адресных меток

После создание метки она помещается в пользовательскую библиотеку и может быть использована в создаваемых графических объектах.

Группировка используется для сохранения нескольких объектов с настройками и переноса их в другие проекты.

Во вкладке «Объект» (рисунок 8) находятся все графические объекты которые используются при разработке проекта.

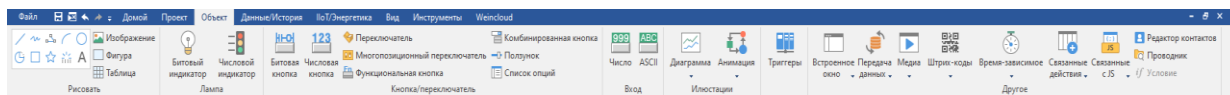


Рисунок 8 – интерфейс вкладки «Объект»

Первая группа объектов это графические примитивы, изображения и текстовые комментарии.

Далее идут две лампы. Первая – битовый индикатор отображает состояние адреса LB 1 или 0. Вторая – числовой индикатор показывает состояние адреса LW от 0 до 255. Битовая и числовая кнопки предназначены для изменения соответствующих адресов.

Переключатель и многопозиционный переключатель являются совмещением ламп и кнопок, они отображают состояние адреса и могут его менять.

Следующий графический объект – функциональная кнопка, она предназначена для работы с окнами. С помощью нее можно переключаться между окнами, закрывать их или вызывать дополнительные всплывающие окна. Так же с помощью нее можно создавать кнопки клавиатуры на экране.

Числовой индикатор и числовой дисплей – объекты именуемые в интерфейсе «Число» используются для отображения слов заданного адреса. Их отличие заключается в том, что числовой индикатор можно использовать также для ввода значений на указанный адрес. Смена режима между дисплеем и индикатором производится в настройке «разрешить ввод» при создании объекта. Если разработчику требуется вывод данных в кодировке ASCII необходимо выбрать элемент расположенный рядом, он имеет такие же возможности отображения и ввода информации как и предыдущий.

Объекты анимации предназначены для создания перемещающейся формы, контролируемой регистрами ПЛК. С помощью этого графического элемента можно визуализировать работу программы.

Все графические элементы в Easybuilder имеют несколько вариантов отображения которые можно выбирать из библиотеки изображений. Помимо доступных изображений пользователь может скачать дополнительные библиотеки с сайта разработчика или создавать свои.

Для создания собственных графических элементов необходимо перейти в менеджер изображений и добавить новое изображение, а после создать слои. Каждый новый слой добавляет дополнительные состояния к графическому элементу.

На рисунке 9 показан внешний вид окна менеджера изображений.

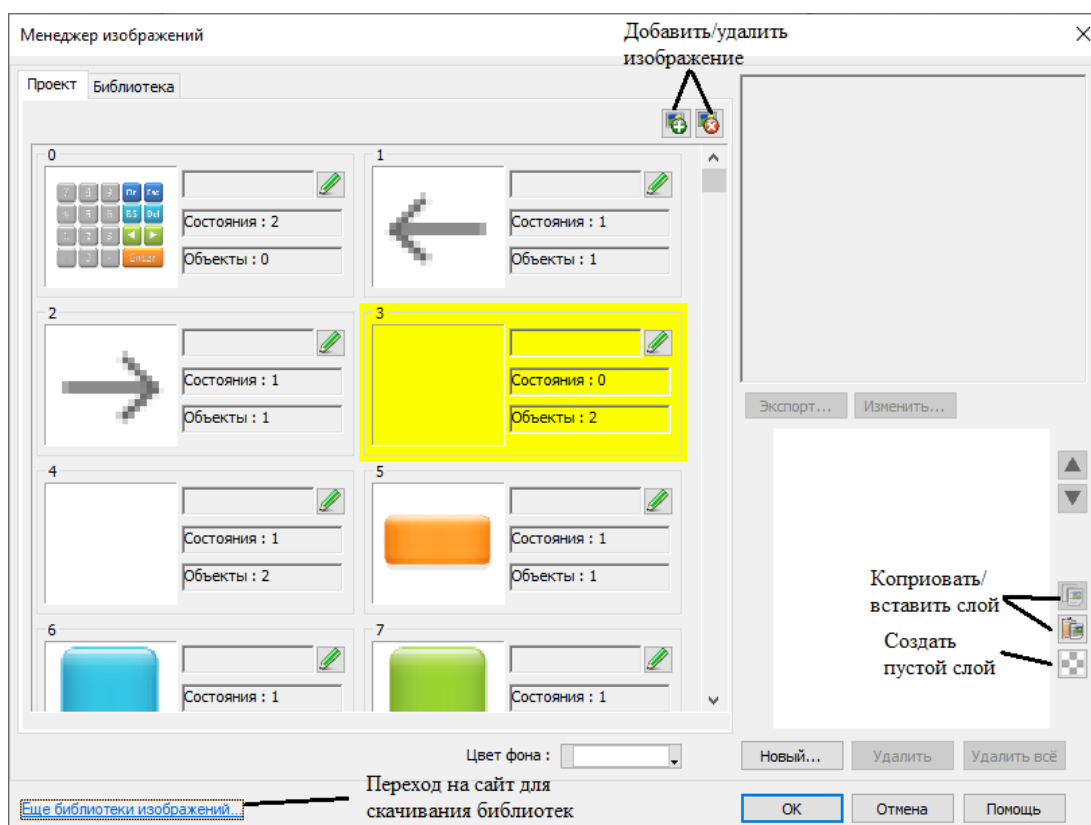


Рисунок 9 – окно менеджера изображений

Следующая вкладка интерфейса – «Данные/История» (рисунок 10). Здесь пользователь может работать с выборкой данных и программными событиями.

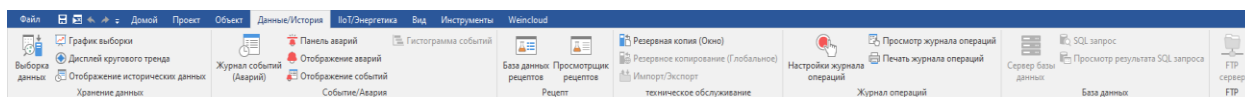


Рисунок 10 – интерфейс вкладки «Данные/История»

Создание выборки данных позволяет разработчику получать и обрабатывать информацию с заданных адресов или подключенных устройств. Нажав на соответствующий элемент интерфейса, пользователь получает доступ к окну с существующими выборками и созданию новых. В данном окне (рисунок 11) происходит настройка, разработчик выбирает когда будет происходить выборка, по времени или по триггеру, далее выбирает необходимые устройства, с которых будет производится считывание и запись, а так же обозначает их адреса.

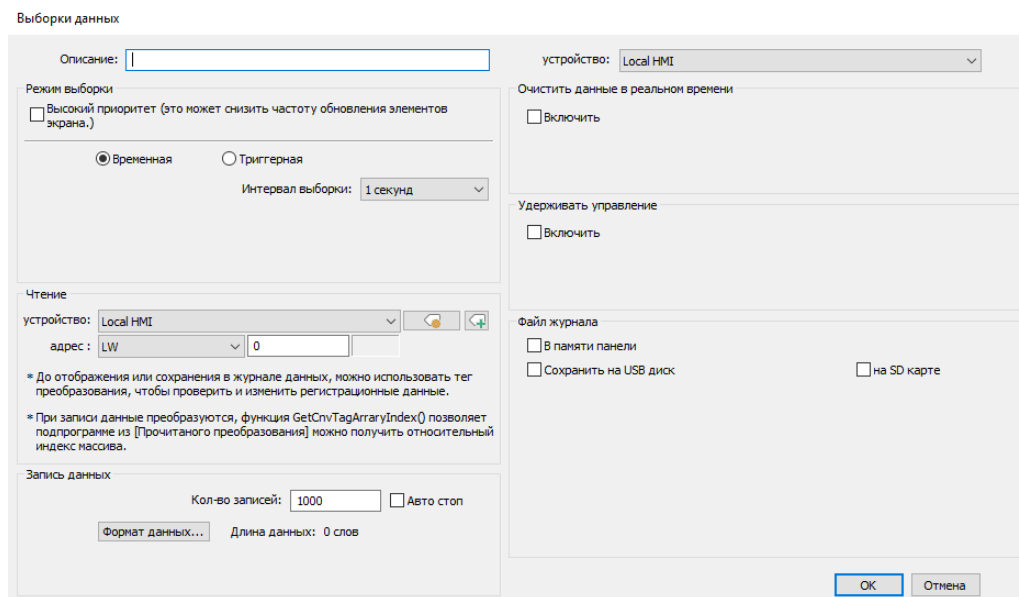


Рисунок 11 – окно настроек выборки данных

Программные события в Easybuilder создаются с помощью архива событий. В нем описывается какие действия будут происходить после исполнения определенных точек программы. После создания архива разработчик может вывести на экран графические объекты, которые будут отображать произошедшие события.

Вкладка вид (рисунок 12) позволяет разработчику выносить на экран дополнительные инструменты, а так же отображать дополнительную информацию на графических элементах.

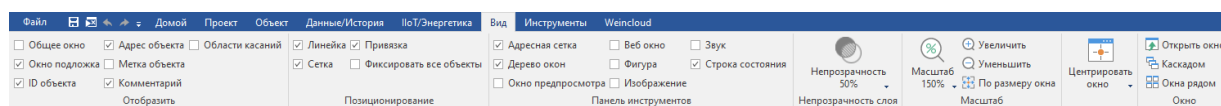


Рисунок 12 – интерфейс вкладки «Вид»

Инструмент древо окон позволяет пользователю получить быстрый доступ к созданным окнам, а так же к настройке встроенных программных окон. Среди встроенных окон находятся служебные окна и окна всплывающих сообщений. Каждое из таких окон разработчик, так же как и основные, может настраивать по своему усмотрению, например заменить текст на русский язык и изменить адреса и вид функциональных кнопок.

На рисунке 13 показано как выглядит древо окон.

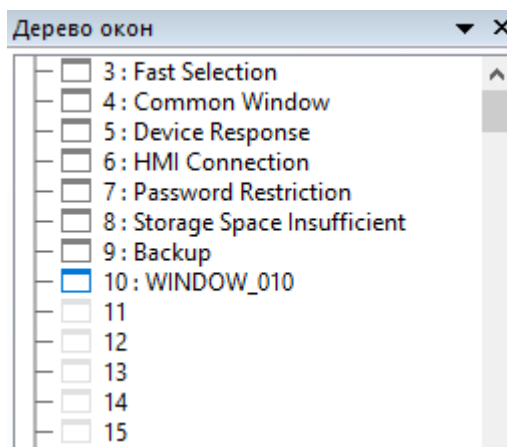


Рисунок 13 – вид инструмента «Дерево окон»

Инструмент адресная сетка позволяет разработчику получить доступ ко всем адресам в панели и подключенных к ней устройств.

На рисунке 14 показан внешний вид адресной сетки.

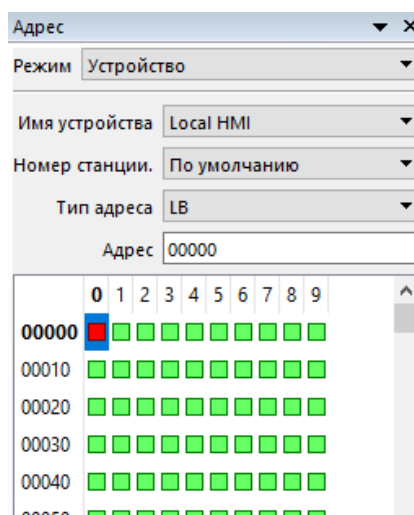


Рисунок 14 – вид инструмента «Адресная сетка»

Зеленым отображаются свободные адреса, а красным задействованные при разработке. На один и тот же адрес может быть назначено несколько элементов и при задействовании этих адресов будут активироваться все привязанные к нему элементы. Под адресной сеткой расположено небольшое окно в котором, при выделении задействованного адреса отобразится местоположение и имя графического или программного элемента который использует этот адрес.

Инструменты фигура, изображение и звук отображают на экране быстрый доступ к соответствующим библиотекам [11, 16].

Выводы по главе

В данной главе было подробно изучено программное обеспечение EasyBuilder Pro. Разобрано функциональное назначение элементов интерфейса. А так же возможности и назначение элементов разработки проектов.

3 Описание объектов управления

3.1 Пневматический промышленный манипулятор МП-11

Промышленный пневматический манипулятор МП-11 используется для перемещения и сортировки деталей в процессе сборки. Он обладает шестью степенями свободы четыре из которых являются региональными и две локальными.

На рисунке 15 показан манипулятор МП-11.



Рисунок 15 – внешний вид пневматического промышленного манипулятора МП-11

Для обеспечения работы манипулятора используется компрессор который подает воздух в узел распределения состоящий из двенадцати пневмоцилиндров с электромагнитными регуляторами. Электропневмораспределители, подсоединенные через шланги с нагнетающей магистралью, используются для срабатывания определенных степеней свободы.

С помощью пневмоцилиндров на МП-11 можно выполнить следующие функции подъем или спуск манипулятора, разжатие или сжатие верхнего и нижнего схвата, поворот манипулятора вправо и влево, движение рук вперед и назад, движение верхнего схвата вправо и влево. МП-11 использует цикловую программную систему управления, все звенья манипулятора движутся от точки к точке, на которых стоят концевые выключатели, и следующее действие не выполняется до завершения предыдущего. Исключением являются клешни манипулятора на которых установлены герконы [5].

Основные параметры промышленного манипулятора МП – 11 показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Основные технические характеристики манипулятора МП-11

Характеристика	Значение
Грузоподъемность	2,0 кг
Дальность горизонтального перемещения	200 мм
Угол поворота по горизонтали	120 °
Высота подъема рук	65 мм
Величина сдвига схвата	25 мм
Угол ротации схвата	180 °
Угол между руками	100 °
Габаритны: - длина - ширина - высота	990 мм 990 мм 445 мм
Рабочее давление пневмопитания,	0,4 ... 0,5 МПа (кг/см ²)
Сила тока	до 0,5 А
Масса	70 кг

Так как в работе использовался манипулятор пневматического типа, для подачи давления был использован масляный компрессор Jun-Air 6-25.

На рисунке 16 показан внешний вид компрессора.



Рисунок 16 – внешний вид масляного компрессора Jun-Air 6-25

Компрессоры Jun-Air благодаря конструкции двигателя в замкнутом пружинном корпусе обладают низким уровнем шума в 45 дБ при создаваемом давлении в 8 бар [18].

Другие технические характеристики показаны в таблице 4.

Таблица 4 – технические характеристики компрессора Jun-Air 6-25

Характеристика	Значение
Вид компрессора	Поршневой
Тип компрессора	Масляный
Объем ресивера	25 л
Производительность	50 л/мин
Давление	8 бар
Мощность двигателя	0,34 кВт
Максимальная сила тока	2,9 А
Напряжение	230 В
Частота	50 Гц
Уровень шума	45 дБ
Масса	29 кг
Габариты:	
- длина	380 мм
- ширина	380 мм
- высота	550 мм

На рисунке 17 показан график зависимости характеристик.

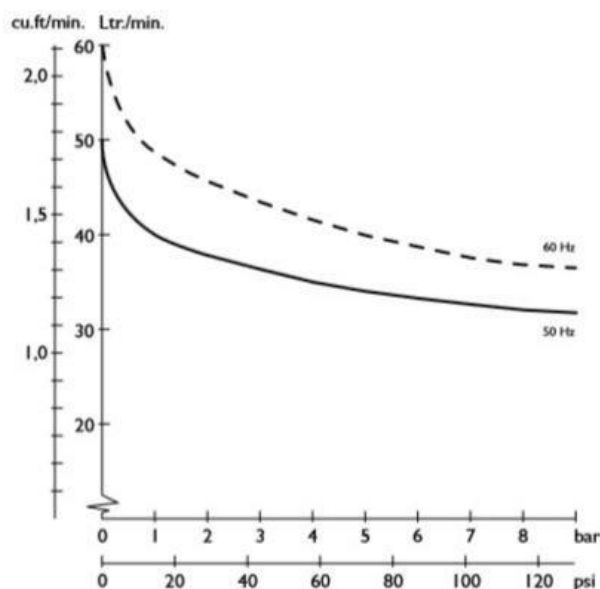


Рисунок 17 – график зависимости характеристик компрессора Jun-Air 6-25

Задачей манипулятора будет перенос объектов с конвейерной ленты в ящик. Для выполнения роли конвейера в комплексе будет использоваться ленточный транспортер с блоком индуктивных датчиков.

На рисунке 18 показан внешний вид конвейера.

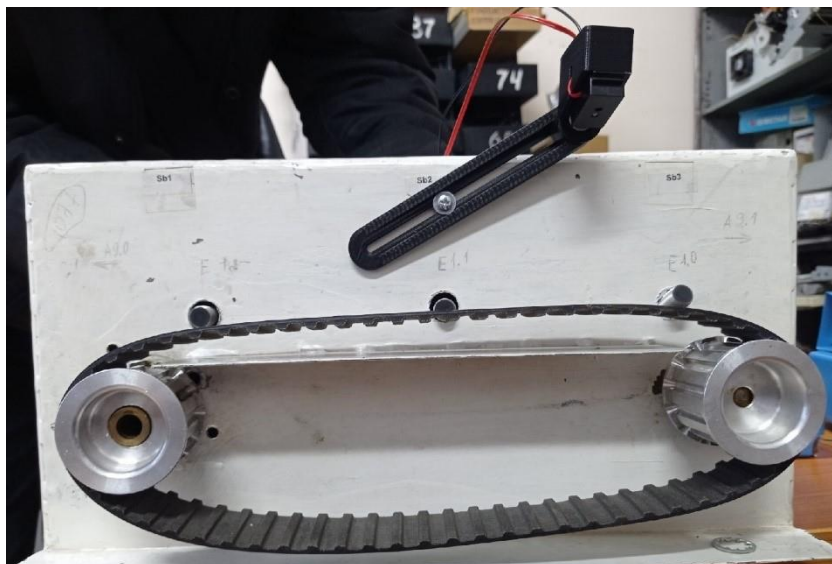


Рисунок 18 – внешний вид ленточного транспортера

Так же в конвейер был вмонтирован датчик цвета. Индуктивные датчики используются для обнаружения объектов на ленте, а датчик цвета выполняет роль сортировщика.

3.2 Программируемый логический контроллер Siemens S7-1200

Назначение программируемых контроллеров S7-1200 заключается в решении логических задач, работы с математическими операциями, а так же для создания систем автоматизации. Они могут быть использованы в качестве релейно-контактных систем и построения комплексных структур автоматизации.

На рисунке 19 показан программируемый логический контроллер S7-1200



Рисунок 19 – внешний вид программируемого котроллера S7-1200

Контроллеры Siemens S7-1200 выпускаются с различными версиями центральных процессоров которые подбираются под нужды разработчика. Существуют различные виды центральных процессоров которые устанавливаются на базе контроллера S7-1200: CPU 1211C, CPU1212C, CPU1214C, CPU1215C, и другие. У различных процессоров отличаются характеристики производительности, объемы памяти, а так же количество встроенных аналоговых и дискретных входов и выходов [4, 9, 21].

В таблице 5 предоставлены отличительные характеристики контроллеров с разными процессорами.

Таблица 5 – отличительные характеристики контроллеров Siemens S7-1200 при различных центральных процессорах

Характеристика	Процессор			
	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
Рабочая память, RAM	30 Кбайт	50 Кбайт	75 Кбайт	100 Кбайт
- энергозависимая область	10 Кбайт	10 Кбайт	10 Кбайт	10 Кбайт
Загружаемая память:				
- встроенная	1 Мбайт	1 Мбайт	4 Мбайт	4 Мбайт
- расширение	Картой памяти емкостью 2, 12, 24 Мбайт			
Локальная память				
- для запуска и выполнения циклов	16 Кбайт	16 Кбайт	16 Кбайт	16 Кбайт
- для обслуживания стандартных прерываний	4 Кбайт	4 Кбайт	4 Кбайт	4 Кбайт
- для обслуживания прерываний по ошибке	4 Кбайт	4 Кбайт	4 Кбайт	4 Кбайт
Коммуникационный интерфейс	PROFINET, 10/100 Мбит, 1xRJ45			2xRJ45
Встроенные каналы ввода-вывода:				
- дискретные входы	6	8	14	14
- дискретные выходы	4	6	10	10
- аналоговые входы	2	2	2	2
- аналоговые выходы	-	-	-	2
Расширения				
- SB/CB/BB	1	1	1	1
- CN/CP	3	3	3	3
- SM	-	2	8	8

У каждой модели процессора так же имеются различные модификации питания:

- DC/DC/RLY – напряжение питания и входное напряжение 24В, выходы релейного типа;

- DC/DC/DC – питание и вход 24В, выходы также 24В (транзисторные ключи);

- AC/DC/RLY – питание переменным током напряжением 115/230В, дискретные входы на 24В, релейные выходы [17].

Для Siemens существуют различные дополнительные модули, которые расширяют функционал ПЛК и расширяют его возможности.

Существуют три различных вида расширительных модулей для Siemens:

- сигнальные модули;
- коммуникационные модули;
- технологические модули.

Сигнальные модули (рисунок 20) предназначены для адаптации контроллера к решаемым задачам и увеличения количества входов/выходов.



Рисунок 20 – внешний вид различных сигнальных модулей

Коммуникационные модули (рисунок 21) позволяют, по мимо встроенных интерфейсов PROFINET/ Industrial Ethernet, использовать ПЛК для связи с системами промышленного распределения вводов/выводов.



Рисунок 21 – внешний вид коммуникационного модуля.

Технологические модули позволяют обеспечивать последовательное подключение до четырех приборов к ПЛК в соответствии с техническими характеристиками. Технологические модули так же быть использованы в качестве сигнальных и коммуникационных.

Внешний вид технологического модуля показан на рисунке 22



Рисунок 22 – внешний вид технологического модуля

Количество подключаемых модулей к ПЛК Siemens зависит от типа центрального процессора. Для соединения модулей на фронтальной части процессора расположен отсек с внутренней шиной контроллера [8, 13].

На рисунке 23 показан ПЛК с подключенными модулями.



Рисунок 23 – вид контроллера Siemens с подключенными модулями

При выполнении выпускной квалификационной работы использовался программируемый логический контроллер Siemens SIMATIC S7-1200 с центральным процессором 1215C, питанием типа DC/DC/DC и прошивкой версии 4.2.

На рисунке 24 показана конструкция контролера S7-1200

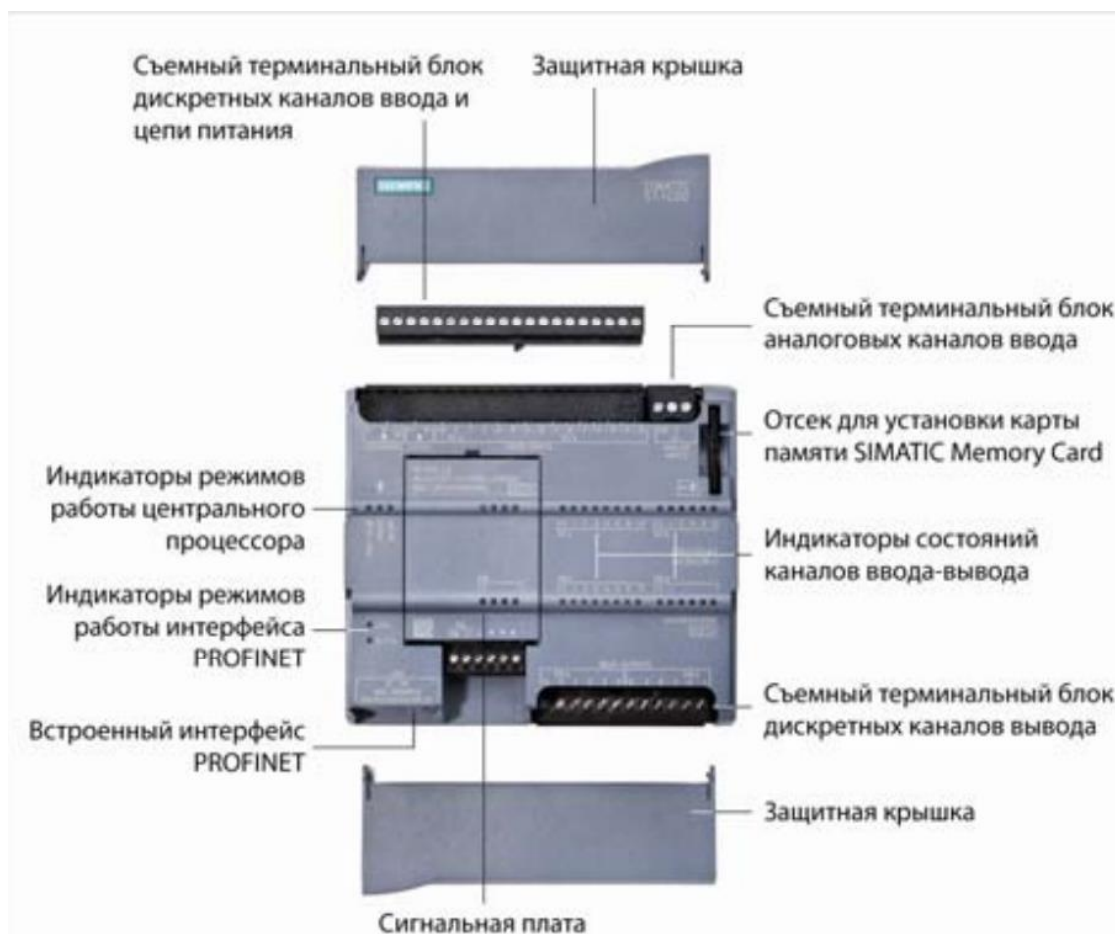


Рисунок 24 – конструкция ПЛК Siemens SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, DC/DC/DC

Для питания контроллера Siemens, а так же панели оператора, при разработке использовался блок электропитания SIMATIC PM 1507 (рисунок 25).



Рисунок 25 – Однофазный блок питания нагрузки PM 1507

Основные технические параметры данного блока питания моно увидеть в таблице 6.

Таблица 6 – технические данные блока электропитания РМ 1507

Характеристика	Значение
Вход	однофазный переменный ток
Напряжение питания	
- 1 при переменном токе	120 В
- 2 при переменном токе	230 В
Входное напряжение	
- 1 при переменном токе	85 ... 132 В
- 2 при переменном токе	170 ... 264 В
Входной ток	
- при напряжении 120 В	3,7 А
- при напряжении 230 В	1,7 А
Выход	регулируемое постоянное напряжение без потенциала
Номинальное значение напряжения	24 В
Номинальное значение тока	8 А

Данные блоки питания предназначены для формирования выходного напряжения в 24 В для программируемых контроллеров. Так же могут быть использованы для питания внешних цепей, датчиков и исполнительных устройств [1].

3.3 Микроконтроллер Arduino Mega 2560

Для подключения всех элементов роботизированного комплекса требовалось тринадцать дискретных выходов. Двенадцать из которых используются клапанами манипулятора и один двигателем конвейера. В используемом ПЛК Siemens S7-1200 CPU 1215C есть только десять дискретных выходов. Так как во время разработки в наличие не имелось специальных расширителей, а их приобретение дорогостоящее, в качестве модуля расширения дискретных входов и выходов был использован микроконтроллер Arduino Mega 2560.

На рисунке 26 показан внешний вид микроконтроллера Arduino Mega 2560.

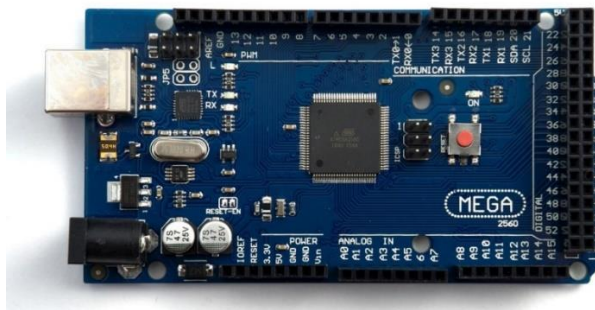


Рисунок 26 – внешний вид микроконтроллера Arduino Mega 2560

Микроконтроллеры Arduino – это аппаратно-программные средства для создания простых систем автоматизации. Arduino являются отладочной платой на которой установлен микроконтроллер. Существуют различные виды плат отличающихся характеристиками и размерами.

Сравнительные характеристики некоторых плат показаны в таблице 7.

Таблица 7 – сравнительные характеристики различных микроконтроллеров Arduino

Параметр	Arduino UNO	Arduino LEONARDO	Arduino MEGA
Микроконтроллер	ATmega328	ATmega32u4	ATmega2560
Рабочее напряжение	5В	5В	5В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12В	7-12В	7-12В
Входное напряжение (предельное)	6-20В	6-20В	6-20В
Цифровые Входы/Выходы	14	20	54
Аналоговые входы	6	12	16
Постоянный ток через вход/выход	40 mA	40 mA	40 mA
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 mA	50 mA	50 mA
Флеш-память	32 Kb	32 Kb	256 Kb
ОЗУ	2 Kb	2 Kb	8 Kb
Энергонезависимая память	1 Kb	1 Kb	4 Kb
Тактовая частота	16 MHz	16 MHz	16 MHz

Питание микроконтроллера осуществляется двумя способами. Первый способ – подключение через USB порт, чрез который Arduino так же программируется. Второй способ – использование внешнего источника питания в виде аккумуляторной батареи или блока питания. Диапазон входного напряжения для питания контроллера от 6 до 20 В, но рекомендуется использовать напряжение в диапазоне от 20 В для стабильной, долгосрочной работы [14, 15].

На рисунке 27 показано назначение портов в Arduino Mega 2560

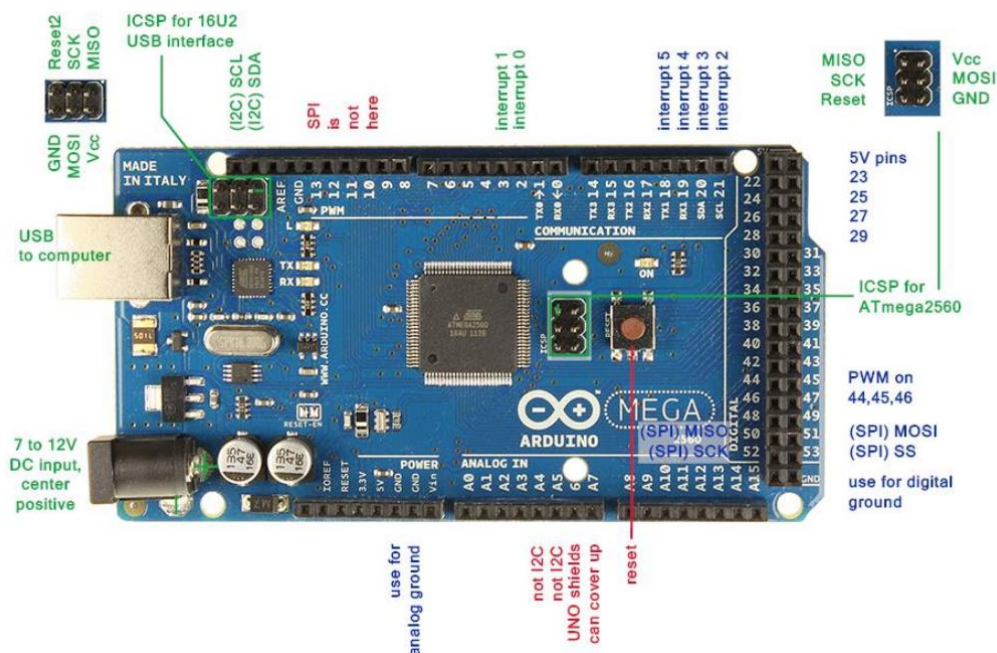


Рисунок 27 – назначение портов и деталей на микроконтроллере Arduino Mega 2560

Для связи аппаратной платформы Arduino с ПЛК Siemens использовался протокол межмашинной связи Modbus. Данный протокол работает по принципу ведущего (master) и ведомого (slave) устройства [2, 19].

Таким образом, связав микроконтроллера Arduino Mega 2560 и программируемый логический контроллер Siemens S7-1200, были перераспределены входы и выходы. Теперь на ПЛК освободились места для подключения устройств и на Arduino остались дополнительные каналы.

Так как Arduino не может обрабатывать сигналы вне своего диапазона и принимать отрицательные сигналы от подключенных устройств, для реализации связи было принято решение использовать восьми канальный гальванический модуль развязки DST-1R8P (рисунок 28).

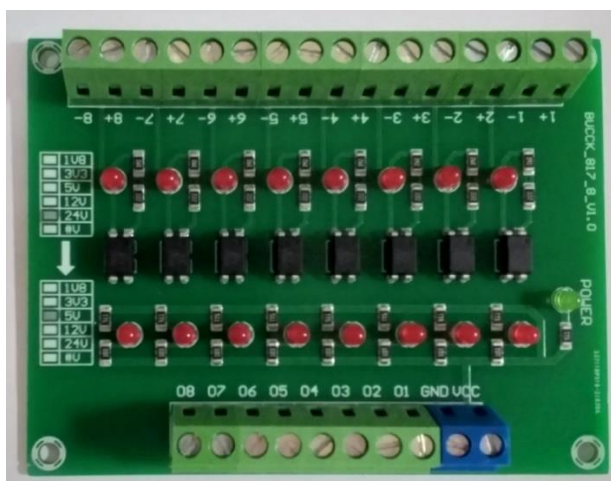


Рисунок 28 – внешний вид модуля DST-1R8P

К контактам +1...+8 и -1...-8 подключаются датчики, источники сигналов и их питание, к контактам O1...O8 подключаются цифровые входы Arduino, а к контактам GND и VCC – питание модуля.

Выводы по главе

В данной главе были рассмотрены все составные части роботизированного комплекса. Так же были описаны примененные в ходе разработки элементы питания и способ замещения расширительных модулей.

4. Разработка интерфейса

4.1 Связь панелей Weintek с ПЛК Siemens S7-1200

Связь панелей Weintek с другими устройствами осуществляется через интерфейсы или протоколы.

Интерфейсы поддерживаемые панелями Weintek:

- RS-232;
- RS-485 (2-проводной, 4-проводной);
- CAN bus;
- USB Host (для подключения периферийных устройств);
- Ethernet

После создания проекта в Easybuilder, программа предложит выбор серии и модели панелей.

На рисунке 29 показано окно создания нового проекта.

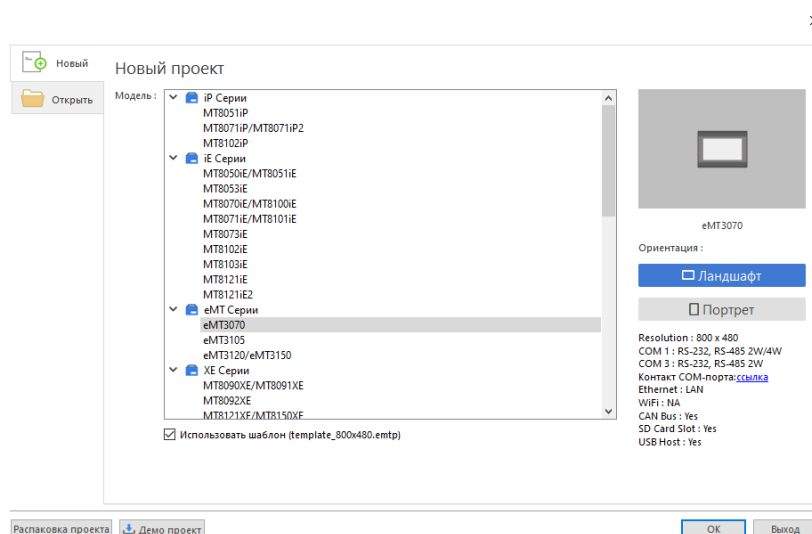


Рисунок 29 – окно выбора панели при создании проекта

В правой части данного окна отображаются внешний вид, размеры и доступные интерфейсы выбранной панели. Если включить настройку «Использовать шаблон», то в проекте будут созданы вспомогательные окна, среди которых есть клавиатура, управление EasyAccess и другие.

После выбора панели создается проект и появляется окно системных настроек, где нажав на кнопку «Новое устройство/сервер» выбирается к чему будет подключаться панель и способ подключения.

Существует два способа связи панели с Siemens S7-1200, абсолютная и символьная адресация.

Чтобы добавить ПЛК Siemens S7-1200 с абсолютной адресацией, необходимо в параметрах устройства выбрать Siemens AG и драйвер Siemens S7-1200/ Siemens S7-1500 (Absolute Addressing) (Ethernet). Далее в параметрах прописывается IP адрес устройства и номер порта для подключения. После этого можно начинать привязывать адреса блоков данных (DB) к графическим объектам.

Для удобства привязки адресов можно воспользоваться библиотекой адресных меток, импортировать теги из ПЛК по локальной сети или из проекта TIA Portal.

При импорте тегов из TIA Portal по документации требуется выключить оптимизированный доступ к блокам которые будут использоваться в работе панели и разрешить доступ с помощью сообщений PUT/GET от удаленного устройства. В TIA Portal существует два местонахождения тегов. Первое во вкладке PLC tags при экспортировании сохраняются в файле формата *.xlsx. Второе во вкладке Program blocks экспортируются в файле формата *.db, если это программный блок или в файле формата *.scl если это организационный блок. Так же Easybuilder поддерживает импорт тегов напрямую из TIA Portal как *.ap файл.

После импорта нужных файлов откроется окно добавления тегов, где разработчик выбирает те которые будет использовать в программе. После этого все выбранные теги появятся в библиотеке адресных меток. Метки могут привязываться к графическим элементам так же, как и адреса напрямую.

Для добавления ПЛК Siemens S7-1200 с символьной адресацией, необходимо в параметрах устройства выбрать Siemens AG и драйвер Siemens S7-1200 (Symbolic Addressing) (Ethernet).

Следующие шаги до импортирования тегов будут идентичны. Далее в отличие от абсолютной адресации, в символьной не создается адресных меток. Теги которые импортированы будут привязываться напрямую в объекте. При использовании выборки данных в символьной адресации нужно будет создавать массив [3].

4.2 Разработка интерфейса

Для выполнения поставленных задач необходимо создать несколько интерфейсных окон на панели Weintek eMT3070B через EasyBuilder Pro.

Окна которые будут созданы в данной работе:

- Окно ручного управления манипулятором;
- Два окна с автоматическим управлением с заданным сценарием;
- Окно визуализации системы прослеживаемости.

4.2.1 Создание окна с ручным управлением манипулятором

Для создания окна «Ручное управление» воспользуемся шагами описанными в предыдущей главе. В менеджере утилит выбираем программу EasyBuilder Pro, в окне нового проекта выбираем панель eMT серии модель 3070. Далее нажимаем кнопку «Новое устройство/сервер»,

выбираем в параметрах устройства Siemens AG.

И драйвер к нему Siemens S7-1200/Siemens S7-1500 (Absolute Addressing) (Ethernet). Выбираем интерфейс Ethernet. Нажимаем на кнопку «Параметры» и указываем IP 192.168.31.111, номер порта 102.

На рисунке 30 показаны получившиеся при настройке.

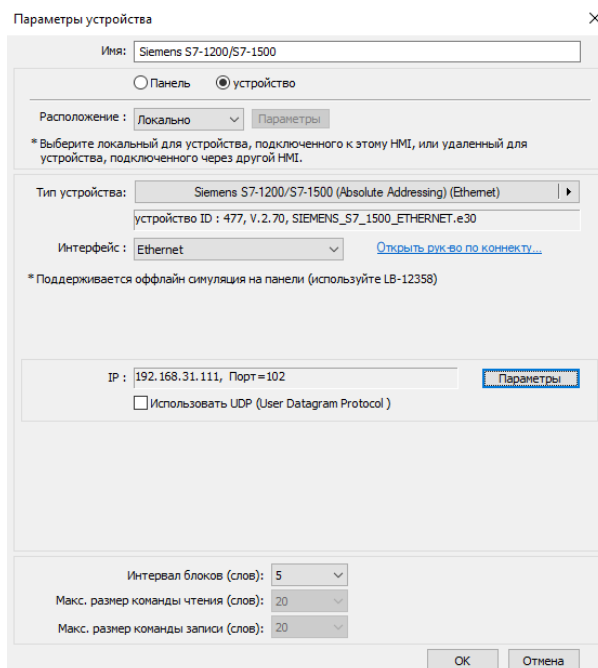


Рисунок 30 – итоговые параметры устройства

Далее переходим во вкладку «Объект» и добавляем на окно битовую кнопку и битовый индикатор. Через библиотеку изображений выбираем для них удобную форму и цвет. Размеры получившихся графических объектов – битовая кнопка 95x90, битовый индикатор 105x50 пикселей. Так же добавим метку с разным цветом для каждого состояния на индикатор. Для проверки работы установим на кнопку и индикатор один локальный адрес LB 1.

На рисунке 31 а, б показана пара кнопки с индикатором во включенном и выключенном состоянии.

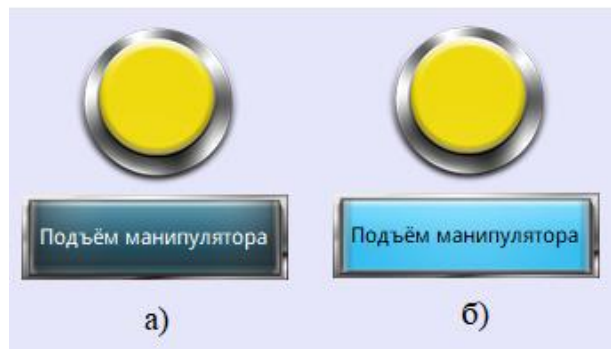


Рисунок 31 – вид числовой кнопки и индикатора, а) выключенное состояние, б) включенное состояние

Следующим действием добавим на окно битовые кнопки и индикаторы под все функции манипулятора:

- подъем/спуск манипулятора;
- разжатие/сжатие верхнего схвата;
- разжатие/сжатие нижнего схвата;
- поворот манипулятора на право;
- поворот манипулятора на лево;
- движение рук вперед;
- ротация схвата влево;
- ротация схвата вправо;
- движение рук вперед назад;
- движение верхнего схвата вправо
- движение верхнего схвата вправо и влево

Так же добавим на экран кнопку «Сброс» для сбрасывания всех состояний манипулятора в исходное значение. Заранее добавим 2 функциональные кнопки для переключения на другие экраны, а так же, с помощью фигуры прямоугольник и текстового комментария, создадим место с названием окна, для удобства пользователей.

Получившееся окно показано на рисунке 32.

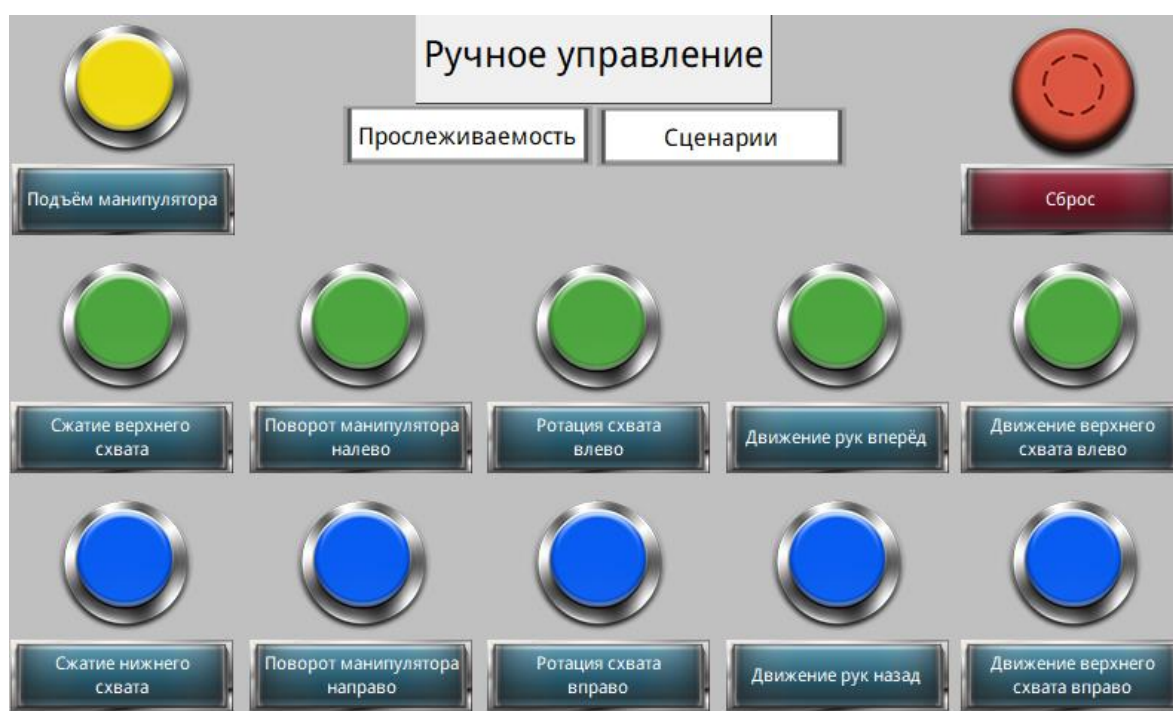


Рисунок 32 – внешний вид окна «Ручное управление»

Для того чтобы кнопки выполняли требуемую функцию при нажатии необходимо указать для кнопок адреса которые использовались в TIA Portal. Так же указываем эти адреса на индикаторов.

Вид блока данных с адресами показан на рисунке 33.

Tutor > PLC > PLC tags > DI [2]

DI

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Monitor value
1	data[0]	Bool	0.0	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
2	data[1]	Bool	0.1	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
3	data[2]	Bool	0.2	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
4	data[3]	Bool	0.3	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
5	data[4]	Bool	0.4	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
6	data[5]	Bool	0.5	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
7	data[6]	Bool	0.6	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
8	data[7]	Bool	0.7	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
9	data[8]	Bool	1.0	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
10	data[9]	Bool	1.1	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
11	data[10]	Bool	1.2	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
12	data[11]	Bool	1.3	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
13	data[12]	Bool	1.4	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
14	data[13]	Bool	1.5	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
15	data[14]	Bool	1.6	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
16	data[15]	Bool	1.7	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE

Рисунок 33– Теги в TIA Portal

После нажатия на кнопку в панели с таким же адресом как и блок данных в TIA Portal меняется состояние false на true (рисунок 34). На первые три блока данных адреса не назначаются так как они отведены под систему.

Tutor > PLC > PLC tags > DI [2]

DI

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Monitor value
1	data[0]	Bool	0.0	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
2	data[1]	Bool	0.1	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
3	data[2]	Bool	0.2	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
4	data[3]	Bool	0.3	☐	☒	☒	☒	☒ TRUE
5	data[4]	Bool	0.4	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
6	data[5]	Bool	0.5	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
7	data[6]	Bool	0.6	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
8	data[7]	Bool	0.7	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
9	data[8]	Bool	1.0	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
10	data[9]	Bool	1.1	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
11	data[10]	Bool	1.2	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
12	data[11]	Bool	1.3	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
13	data[12]	Bool	1.4	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
14	data[13]	Bool	1.5	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
15	data[14]	Bool	1.6	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE
16	data[15]	Bool	1.7	☐	☒	☒	☒	☐ FALSE

Рисунок 34 – изменение состояния с false на true при нажатии на кнопку

Для работы кнопки «Сброс», так как мы не можем присвоить несколько адресов к одной кнопке, необходимо создать макрос считывающий и сбрасывающий в исходное состояние все адреса.

Чтобы написать макрос переходим во вкладку «Проект» и нажимаем кнопку «Макрос», в появившемся окне нажимаем «Создать».

Состав макроса в EasyBuilder показан на рисунке 35.

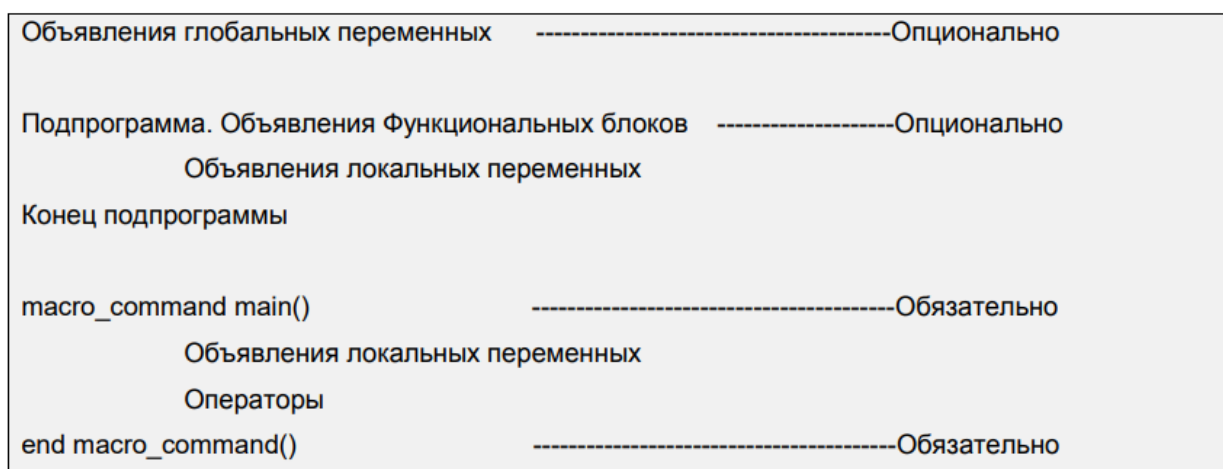


Рисунок 35 – состав макроса в EasyBuilder

Для считывания состояния адресов воспользуемся функцией GetData. Состав функции выглядит следующим образом: GetData(название устройства, тип адреса, адрес считывания, количество данных). Для установки нового состояния воспользуемся функцией SetData. Состав функции выглядит следующим образом: SetData (название устройства, тип адреса, адрес считывания, количество данных).

В итоге получаем:

```
macro_command main()
short Stop, j // Устанавливаем тип данных
GetData(Stop, "Local HMI", LB, 31, 1) //Проверяем состояния по
указанному адресу
if Stop == 1 then //Условия запуска макроса
j = 0
//Проверка всех адресов в Siemens
SetData(j, "Siemens", M, 555.3, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.4, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.5, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.6, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.7, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.8, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.9, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.10, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.11, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.12, 1)
SetData(j, "Siemens", M, 555.13, 1)
end if
end macro_command
```

Сохраняем получившийся макрос. Далее в настройках графического элемента для кнопки «Сброс» ставим галочку в настройке «Выполнить макрос», выбираем написанный макрос из списка и устанавливаем режим триггера OFF → ON.

На рисунке 36 показаны настройки графического элемента для использования макроса.

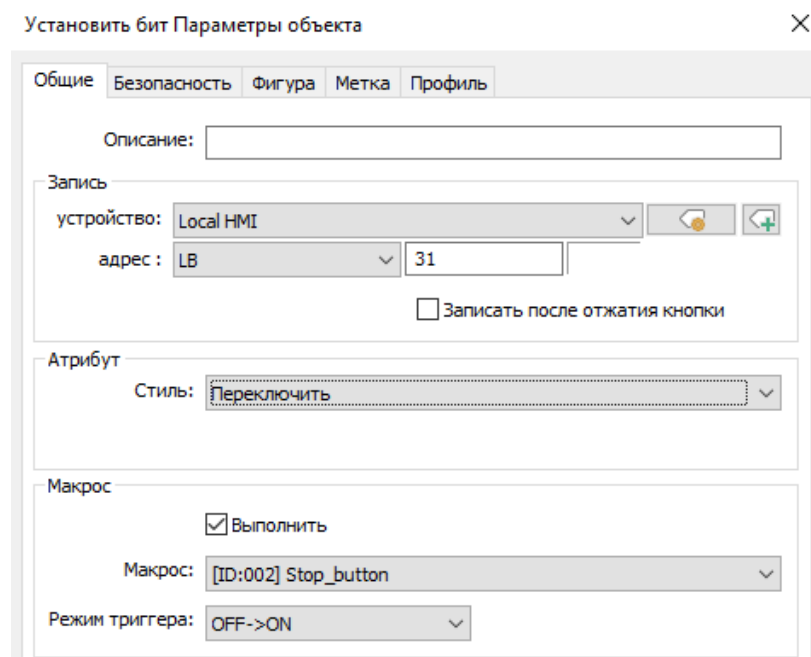


Рисунок 36 – настройки для подключения макроса

В итоге при нажатии на кнопку «Сброс» активируется макрос который считывает состояния с адресов и меняет их в исходное значение.

4.2.2 Создание двух окон «Сценарий»

Создадим новое окно которое буде отвечать за автоматическое управление манипулятором по заданному сценарию.

Для того чтобы осуществлять переходы между разными окнами ранее в первом окне были добавлены функциональные кнопки. Теперь когда в приложении появилось еще одно окно необходимо эти кнопки настроить. Заходим в настройки кнопок, устанавливаем функцию «Изменить полноэкранное окно» и выбираем окно «Ручное управление» (рисунок 37).

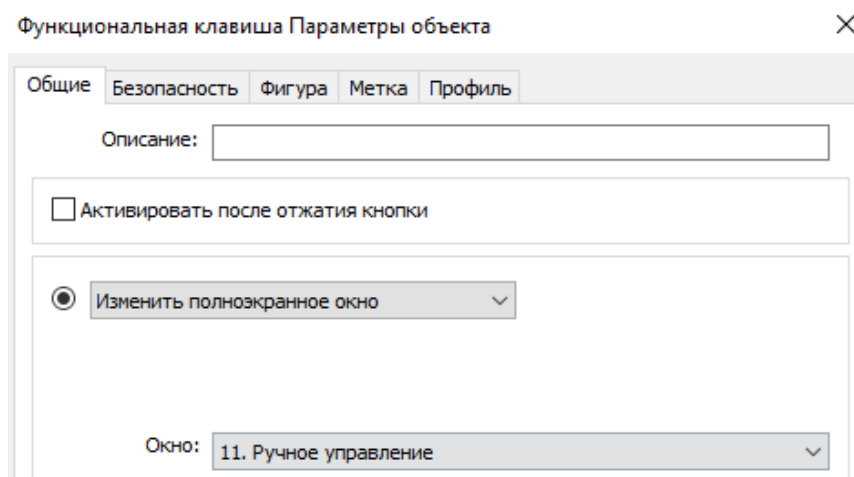


Рисунок 37 – настройки функциональной кнопки

Для данного проекта было разработано 2 сценария работы. Первый для работы верхним схватом, второй для управления нижним схватом.

Разместим на экранах битовые кнопки, которые будут запускать сценарий, а так же битовые индикаторы, которые будут показывать какое действие выполняется манипулятором. Так же разместим функциональные кнопки для переключения между окнами.

На рисунках 38 и 39 показан внешний вид окон сценариев.



Рисунок 38 – сценарий №1, работа верхним схватом



Рисунок 39 – сценарий №2, работа нижним схватом

Данные сценарии разрабатывались исходя из задач которые будет выполнять манипулятор и его конструктивных особенностей. Между руками манипулятора имеется угол и они находятся на разной высоте. Это объясняет различия между сценариями для каждой руки.

Работа сценария №1: Движение рук вперед → Сжатие верхнего схвата → Движение рук назад → Поворот манипулятора налево → Движение рук вперед → Разжатие верхнего схвата → Движение рук назад → Поворот манипулятора направо.

При написании макроса для сценария так же воспользуемся функциями GetData, SetData.

Получившийся макрос выглядит следующим образом:

```
macro_command main()
short S1, i
GetData(S1, "Local HMI", LB, 10, 1) // //Проверяем состояние кнопки по
указанному адресу
if S1 == 1 then
i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 19, 1) // включаем битовый индикатор
сценария
SetData(i, "Local HMI", LB, 11, 1) // включаем битовый индикатора
действия
SetData(i, Siemens", M, 555.10, 1) //Движение рук вперед
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 11, 1) //выключаем битовый индикатора
действия

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 12, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.4, 1) //Сжатие верхнего схвата
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 12, 1)

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 13, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.11, 1) //Движение рук назад
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 13, 1)
```

```

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 14, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.7, 1) //Поворот манипулятора налево
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 14, 1)

```

```

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 15, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.10, 1) //Движение рук вперед
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 15, 1)

```

```

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 16, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.5, 1) //Разжатие верхнего схвата
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 16, 1)

```

```

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 17, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.11, 1) //Движение рук назад
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 17, 1)

```

```

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 18, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.8, 1) //Поворот манипулятора направо
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 18, 1)

```

```

S1 = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 19, 1) // выключаем битовый индикатор
сценария
end if
end macro_command

```

Сохраняем получившийся макрос, устанавливаем его для кнопки «Сценарий №1» и назначаем его так же, как и на кнопку «Сброс».

Работа сценария №2: Подъем манипулятора → движение рук вперед → сжатие нижнего схвата → движение рук назад → поворот манипулятора направо → движение рук вперед → разжатие нижнего схвата → движение рук назад → спуск манипулятора → поворот манипулятора налево.

Получившийся макрос выглядит следующим образом:

```
macro_command main()
short S1, i
GetData(S1, "Local HMI", LB, 13, 1) // //Проверяем состояние кнопки по
указанному адресу
if S1 == 1 then
  i = 1
  SetData(i, "Local HMI", LB, 13, 1) //включаем битовый индикатор
сценария
  SetData(i, "Local HMI", LB, 0, 1) //включаем битовый индикатора
действия
  SetData(i, Siemens", M, 555.3, 1) //Подъем манипулятора
  i = 0
  SetData(i, "Local HMI", LB, 0, 1) выключаем битовый индикатора
действия

  i = 1
  SetData(i, "Local HMI", LB, 1, 1)
  SetData(i, Siemens", M, 555.10, 1) //Движение рук вперед
  i = 0
  SetData(i, "Local HMI", LB, 1, 1)

  i = 1
  SetData(i, "Local HMI", LB, 2, 1)
  SetData(i, Siemens", M, 555.5, 1) //Сжатие нижнего схвата
  i = 0
  SetData(i, "Local HMI", LB, 2, 1)

  i = 1
  SetData(i, "Local HMI", LB, 3, 1)
  SetData(i, Siemens", M, 555.11, 1) //Движение рук назад
  i = 0
  SetData(i, "Local HMI", LB, 3, 1)

  i = 1
  SetData(i, "Local HMI", LB, 4, 1)
  SetData(i, Siemens", M, 555.6, 1) //Поворот манипулятора направо
  i = 0
```

```

SetData(i, "Local HMI", LB, 4, 1)

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 5, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.10, 1) //Движение рук вперед
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 5, 1)

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 6, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.5, 1) //Разжатие нижнего схвата
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 6, 1)

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 7, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.11, 1) //Движение рук назад
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 7, 1)

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 8, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.3, 1) //Спуск манипулятора
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 8, 1)

i = 1
SetData(i, "Local HMI", LB, 9, 1)
SetData(i, Siemens", M, 555.6, 1) //Поворот манипулятора налево
i = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 9, 1)

S1 = 0
SetData(i, "Local HMI", LB, 13, 1) //меняем состояние битового
индикатора сценария
end if
end macro_command

```

Сохраняем получившийся макрос, устанавливаем его для кнопки
«Сценарий №2» и назначаем его.

4.2.3 Создание окна для системы прослеживаемости

Прослеживаемость (от английского traceability) – это система управления и контроля за сырьем и товарами на предприятиях. Суть прослеживаемости заключается в том, что на каждый объект, который перемещается по предприятию, наносится специальный QR-код или штрих код. Эти коды несут в себе информацию об объектах например время и место производства [10].

QR и штрих коды сканируются с помощью специального сканера. При разработке проекта был использован сканер Datalogic QuickScan.

На рисунке 40 показан внешний вид сканера.



Рисунок 40 – внешний вид сканера Datalogic QuickScan

Это ручной сканер с проводным подключением через USB порт. Он способен считывать, как 1D штрих коды, так и 2D QR коды [20].

Перед созданием окна прослеживаемости необходимо связать сканер с панелью так же как до этого связывали ПЛК. Во вкладке «Домой» нажимаем кнопку «Системные параметры» → «Новое устройство/сервер». Выбираем тип устройства Barcode Scanner/Keyboard и интерфейс USB.

Для корректной работы сканера необходимо также создать выборку данных. Переходим во вкладку «Данные/История» нажимаем на кнопку «Выборка данных». В настройках требуется установить триггерное срабатывание в режиме OFF → ON, устройство чтения Barcode USB, адрес FLAG 0. Устройство чтения так же Barcode USB, адрес BARCODE 1. В настройке записи данных нажимаем кнопку «Формат данных» и создаем канал с типом данных «строка» длиной в 16 слов. Устройство записи выбираем «Local HMI».

На рисунке 41 показаны получившиеся настройки.

Выборка данных

Описание:

устройство: Local HMI

Режим выборки

☐ Высокий приоритет (это может снизить частоту обновления элементов экрана.)

☐ Временная ☒ Триггерная

Режим: OFF->ON ☐ Установить OFF после завершения обра

устройство: Barcode USB

адрес: FLAG 0

Чтение

устройство: Barcode USB

адрес: BARCODE 1

* До отображения или сохранения в журнале данных, можно использовать тег преобразования, чтобы проверить и изменить регистрационные данные.

* При записи данные преобразуются, функция GetCnvTagArrayIndex() позволяет подпрограмме из [Прочитанного преобразования] можно получить относительный индекс массива.

Запись данных

Кол-во записей: 1000 ☐ Авто стоп

Формат данных... Длина данных: 16 слов

Очистить данные в реальном времени

☐ Включить

Удерживать управление

☐ Включить

Файл журнала

☒ В памяти панели

☐ Сохранить на USB диск ☐ на SD карте

☒ Каждый файл содержит все записи дня

☐ Настраиваемая обработка файла

Имя каталога: barcode data

☒ Ограничить историю 1 дней

OK Отмена

Рисунок 41 – настройки выборки данных для сканера

Сканер имеет два типа адресов. BARCODE 0 - показывает число передаваемых байт информации, BARCODE 1~n - показывает саму считанную информацию. Для отображения данных с этих адресов на панель были две специальные графы. Графа для адреса BARCODE 0 является графическим элементом «Число», для адреса BARCODE 1~n создан графический элемент «ASCII». Чтобы оповестить пользователь о срабатывании сканера был добавлен битовый индикатор привязанный к адресу FLAG-0.

Так же на экране создаем таблицу через кнопку «Отображение исторических данных». Здесь будут выводиться номер, время и дата считанных кодов, а так же хранится все считанные значения.

На рисунке 42 показан внешний вид окна «Прослеживаемость»

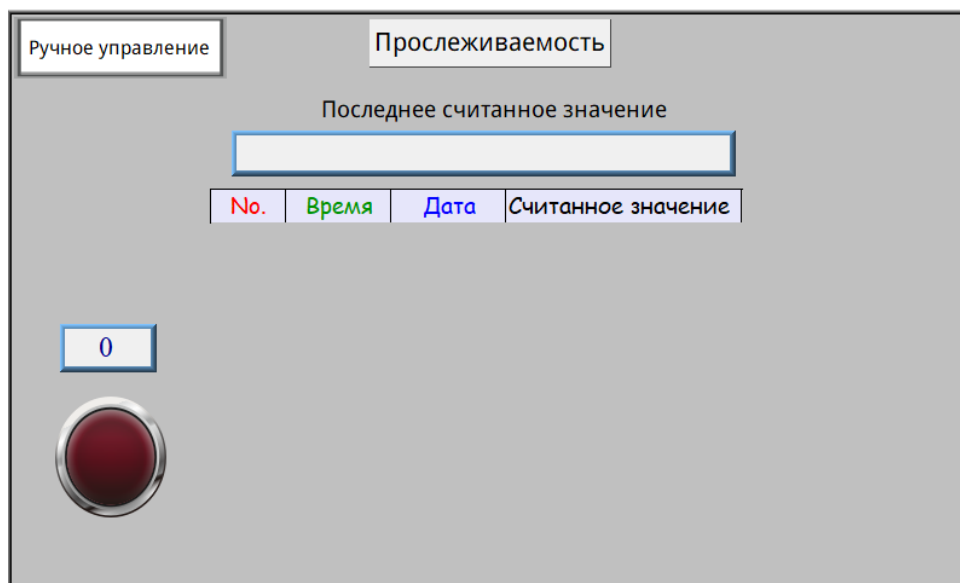


Рисунок 42 – внешний вид окна «Прослеживаемость»

Чтобы сканер мог работать необходимо написать для него специальный макрос который будет считывать данные получаемые после скана и записывать их в ранее рассоложенные графы.

Получившийся макрос выглядит следующим образом:

```
macro_command main()

short win10 = 10, win11 = 11
bool off = 0
SetData(win11, "Local HMI", LW, 0, 1)
DELAY (200)
SetData(win10, "Local HMI", LW, 0, 1)
SetData(off, "Barcode USB", FLAG, 0, 1)

end macro_command
```

Данный макрос привязывается не к графическому элементу, а напрямую к LW адресу панели. Теперь после сканирования штрих или QR кодов данные будут записываться в панель. Количество считанной информации в битах будет отображено над индикатором считывания. Числовое значение будет сохраняться в размещенную таблицу, а последнее считанное значение будет отображено в графе над таблицей.

Выводы по главе

В данной главе было рассмотрено несколько вариантов связи ПЛК с панелью. Разработаны окна ручного и автоматического управления манипулятором. Написаны макросы для расширения функционала панели. Создано окно с визуализацией системы прослеживаемости. Разобрано подключение сканера штрих кодов к панели.

5. Работа комплекса

5.1 Ручное управление

Оператор панели начинает свою работу занесения данных со штрих кода с помощью сканера (рисунок 43).

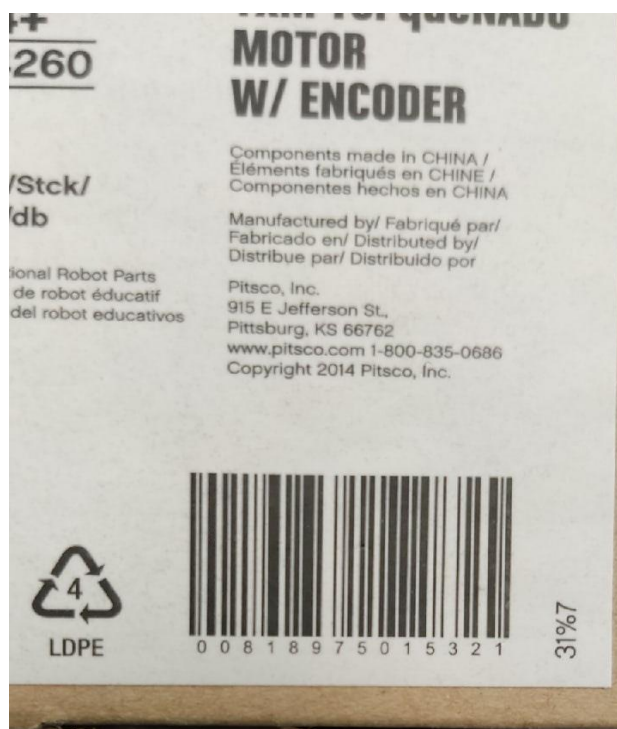


Рисунок 43 – отсканированный штрих код.

После сканирования штрих кода на экран прослеживаемости в панели выводятся значение штрих кода и дата со временем сканирования (рисунок 44).

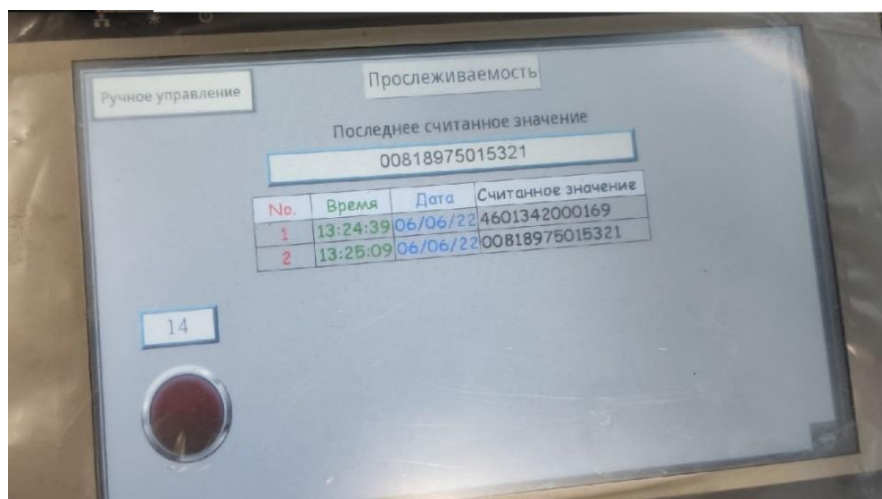


Рисунок 44 – данные по сканированию штрих кода на панели

Далее оператор переходит во вкладку ручного управления и взаимодействует с интерфейсом для выполнения необходимых задач. Например нажав на кнопку «Поворот манипулятора направо» (рисунок 45), на ПЛК загорится соответствующий индикатор (рисунок 46), и манипулятор совершит требуемое действие (рисунок 47).

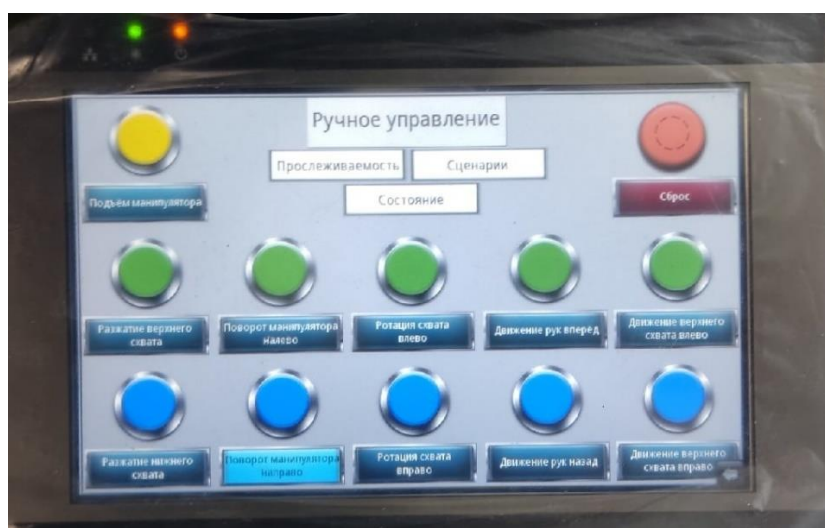


Рисунок 45 – отображение нажатия на экране панели

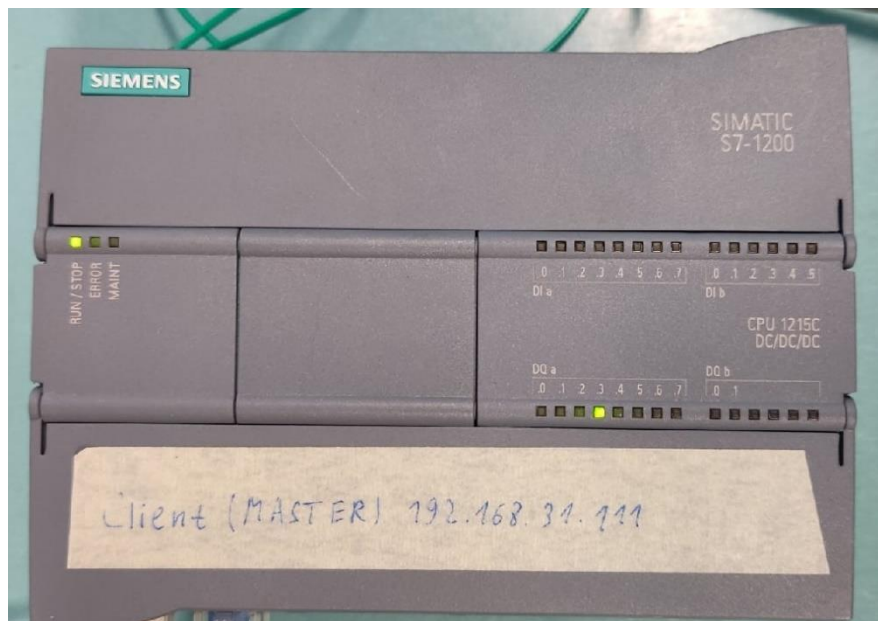


Рисунок 46 – индикация действий на ПЛК



Рисунок 47 – выполнение манипулятором поворота направо

После выполнения работы, чтобы вернуть манипулятор в исходное положение, оператор в окне «Ручное управление» нажимает на кнопку «Сброс» (рисунок 48), на ПЛК гаснет индикатор (рисунок 49) манипулятор став в исходное положение (рисунок 50).

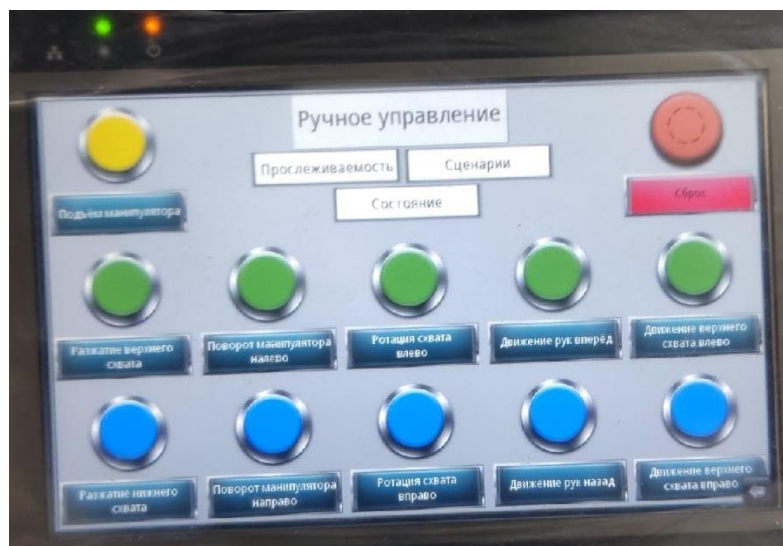


Рисунок 48 – срабатывание кнопки «Сброс»



Рисунок 49 – затухание индикации после нажатия кнопки «Сброс»

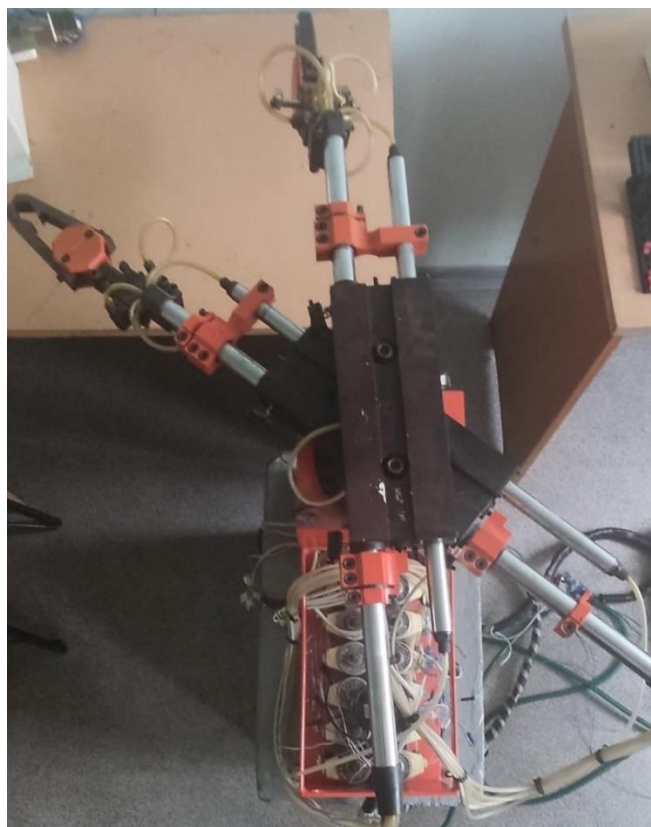


Рисунок 50 – возврат манипулятора в исходное положение

Остальные кнопки на операторской панели работают по тому же принципу. Индикаторы на контроллере привязаны к программе панели, так что в случае ошибки можно будет понять на каком этапе она произошла.

5.2 Автоматическая работа по сценарию

В случае автоматической работы, после сканирования кода, оператор переходит во вкладку сценария. После запуска сценария пользователь следит за последовательным выполнением записанного алгоритма.

Алгоритм работы манипулятора в виде блок схемы действий показан на рисунках 51 и 52.

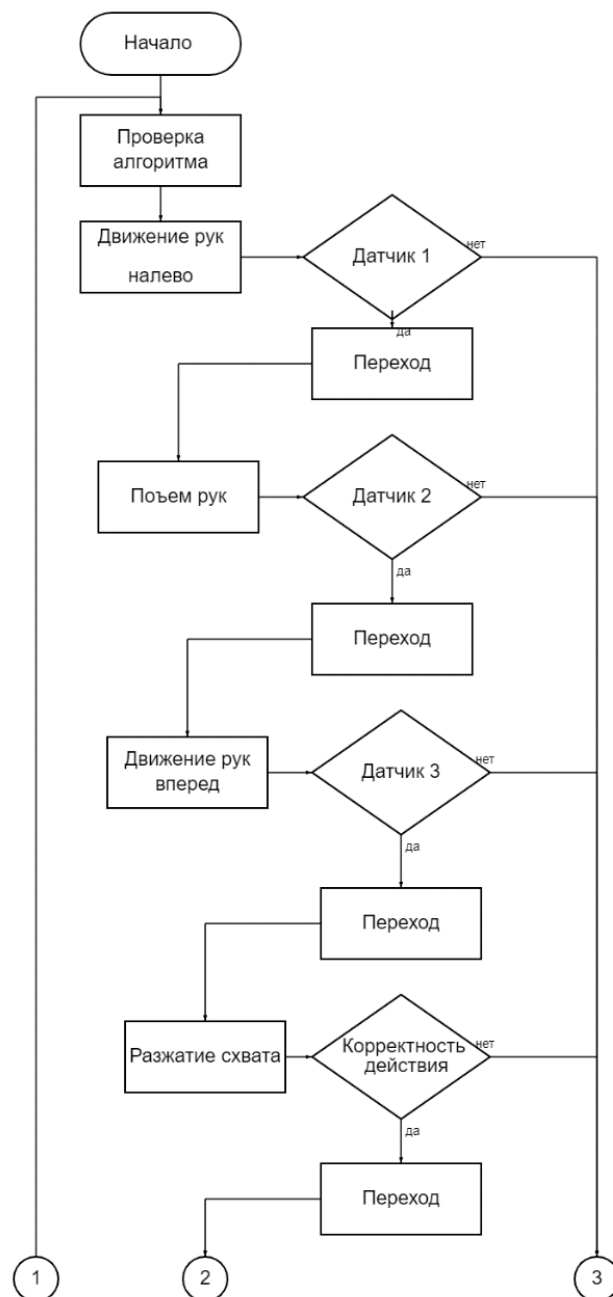


Рисунок 51 – начало блок схемы алгоритма действий

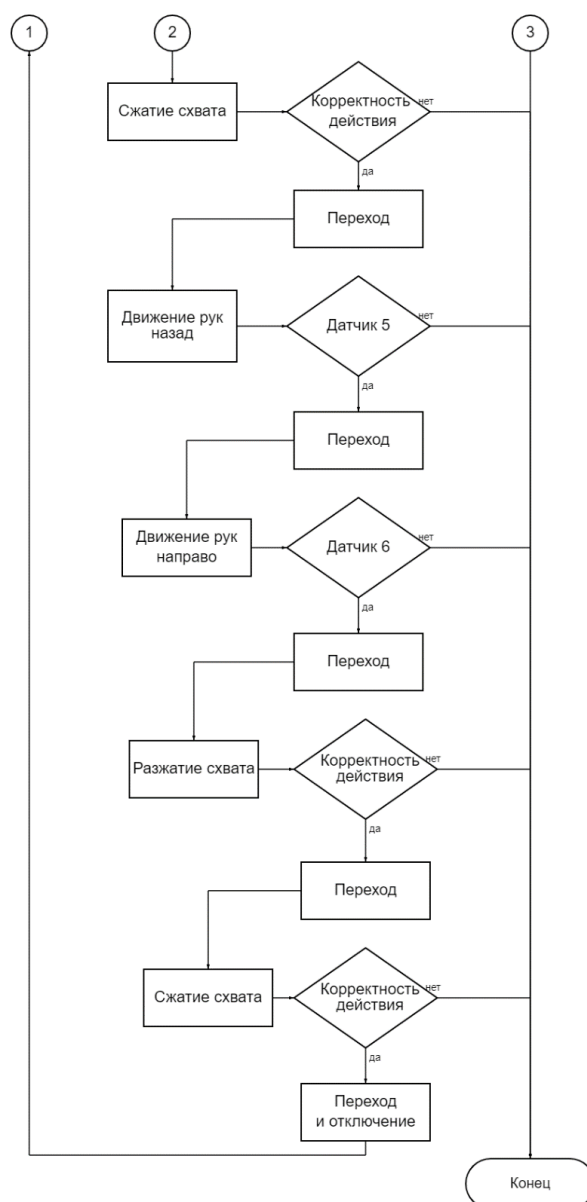


Рисунок 52 – конец блок схемы алгоритма действий

Алгоритмы работы других сценариев, а так же работа в ручном режиме предоставлена в графических материалах.

Выводы по главе

В данной главе была наглядно рассмотрена работа роботизированного комплекса. Продемонстрирована работа всех существующих окон. А так же предоставлен алгоритм работы манипулятора по сценарию.

Заключение

Целью выпускной квалификационной работы было создание визуализации интерфейса оператора для лабораторного стенда, которая будет отвечать за контроль и управление роботизированным комплексом.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- 1) Разработан интерфейс ручного управления с отображением состояния манипулятора.
- 2) Разработаны интерфейсы автоматической работы манипулятора по заданным сценариям.
- 3) Разработаны макросы для работы с системами манипулятора.
- 4) Разработана визуализация для системы прослеживаемости.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены вариации операторских панелей, произведена связь между программируемым логическим контроллером Siemens S7-1200 и панелью оператора Weintek eMT 3070B.

В ходе разработки программы, для визуализации интерфейса оператора транспортного роботизированного модуля на основе пневматического робота, были созданы алгоритмы управления роботизированным комплексом для верхнего и нижнего схвата манипулятора.

Так же для работы студентов было подробно разобрано программное обеспечение EasyBuilder Pro с описанием интерфейсных особенностей программы, для того чтобы студенты в ходе лабораторных работ могли изменять сценарии работы манипулятора.

Цель выпускной квалификационной работы достигнута, все поставленные задачи выполнены.

Список используемой литературы

1. 1-ФАЗНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ 24 V DC/3 A (SIPLUS PM 1507) // SIMATIC MARCET [Электронный ресурс]. URL: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10218057/info/> (дата обращения: 08.03.2022).
2. Как общаются машины: протокол Modbus // Хабр [Электронный ресурс]. - URL: <https://habr.com/ru/company/advantech/blog/450234/> (дата обращения: 30.04.2022).
3. Как подключить ПЛК к панели Weintek // РусАвтоматика [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rusavtomatika.com/articles/kak-podklyuchit-plk-k-paneli-weintek-/> (дата обращения: 28.02.2022).
4. Каталог продукции // PLC Systems [Электронный ресурс]. - URL: https://www.plcsystems.ru/catalog/weintek/doc/Catalog_Weintek_sm.pdf (дата обращения: 28.02.2022).
5. Изучение конструкции манипуляторов промышленных роботов РБ-241 и МП 11.01 // ОЭБ «Оренбуржья» [Электронный ресурс]. - URL: <http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/10410/1/Кравцов.pdf> (дата обращения: 01.03.2022).
6. ПАНЕЛЬ ОПЕРАТОРА 7" Weintek eMT3070B // РусАвтоматика [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rusavtomatika.com/weintek/eMT3070B.php?tab=functions> (дата обращения: 22.02.2022).
7. Панель оператора Weintek eMT3070B, 7" Серия eMT3000 // WE!NTEK [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.weintek.net/eMT3070B.html> (дата обращения: 20.05.2022).
8. ПЛК Siemens SIMATIC // Хабр [Электронный ресурс]. - URL: <https://habr.com/ru/post/584728/> (дата обращения: 20.04.2022).

9. Программируемые контроллеры S7-1200 // A2 Систем [Электронный ресурс]. - URL: http://a2-system.ru/sites/a2-system.ru/files/pdf/Simatic_S7-1200_rus.pdf (дата обращения: 09.04.2022).

10. Прослеживаемость. Traceability. // Управленческий учет в программе Меркурий-ERP [Электронный ресурс]. - URL: <http://uchet.soft4trade.ru/index.php/planirovanie-i-uchet-v-proizvodstve/proslezhivaemost-traceability> (дата обращения: 07.03.2022).

11. Руководство пользователя EasyBuilder Pro // ИнСАТ [Электронный ресурс]. URL: https://insat.ru/products/weintek/ebpPro_re.pdf (дата обращения: 12.06.2022).

12. СОВРЕМЕННЫЙ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС НА ПРОИЗВОДСТВЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ // Управление производством [Электронный ресурс]. - URL: https://up-pro.ru/library/information_systems/automation_production/hmi-schneider/ (дата обращения: 09.04.2022).

13. Технологические модули Siemens Simatic S7-1200 // Системы Автоматизации и Автоматика [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.saa.su/category/tekhnologicheskie-moduli-siemens-simatic-s7-1200/> (дата обращения: 20.04.2022).

14. ЧТО ТАКОЕ ARDUINO? // AlexGyver Technologies V2.0 [Электронный ресурс]. - URL: <https://alexygyver.ru/lessons/about-arduino/> (дата обращения: 28.04.2022).

15. Arduino Mega 2560: распиновка, схема подключения и программирование // амперка [Электронный ресурс]. - URL: <http://wiki.amperka.ru/продукты:arduino-mega-2560> (дата обращения: 25.04.2022).

16. EasyBuilder Pro User Manual // PLC systems [Электронный ресурс]. - URL:

https://www.plcsystems.ru/catalog/weintek/doc/EBPro_Manual_All_In_One.pdf

(дата обращения: 12.06.2022).

17. Firmware update for CPU 1215C, DC/DC/RLY, 14DI/10DO/2AI/2AO // Industry Online Support [Электронный ресурс]. - URL:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/107540296/firmware-update-for-cpu-1215c-dc-dc-rlly-14di-10do-2ai-2ao?dti=0&lc=en-WW> (дата обращения:

10.06.2022).

18. JUN-AIR Compressor Operating manual // Jun-Air [Электронный ресурс]. - URL: <https://jun-air.ru/doc/6190150.pdf> (дата обращения: 08.06.2022).

19. Modbus // Википедия Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Modbus> (дата обращения: 02.05.2022).

20. QuickScan Lite QW 2100 Product Reference Guide // GEKSAGON [Электронный ресурс]. - URL:

https://geksagon.ru/media/filer_public/86/b3/86b3a1f2-f4af-4adb-a217-cb80d5dbe3e3/en_polnoe_rukovodstvo_polzovatelia_dlia_skanera_datalogic_quicksan_lite_qw2100.pdf (дата обращения: 20.05.2022).

21. SIMATIC S7-1200 // SIEMENS [Электронный ресурс]. - URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html> (дата обращения: 05.05.2022).

22. Weintek EasyBuilder Pro // Weintek [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weintek.net/easybuilderpro.html> (дата обращения: 23.04.2022).

23. Weintek eMT3070B // ИнСАТ [Электронный ресурс]. URL: <https://insat.ru/products/weintek/eMT3070B.pdf> (дата обращения: 20.02.2022).