

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

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Методические к комплексу лабораторных работ по дисциплине

«Программное обеспечение систем управления»

для студентов направлений подготовки

15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

(профиль «Автоматизация технологических процессов и производств
в машиностроении»),

27.03.04 «Управление в технических системах» (профиль «Системы и
технические средства автоматизации и управления»)

Курган 2018

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов».

Дисциплина: «Программное обеспечение систем управления».

Составил: канд. техн. наук, доц. Е.К. Карпов.

Утверждены на заседании кафедры

21 декабря 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета

12 декабря 2016 г.

ВВЕДЕНИЕ

При написании программного обеспечения для конкретных типов контроллера помимо понимания общих принципов и основ языковых средств, с помощью которых это делается, необходим определённый уровень знания принципов работы аппаратной части системы и специальных команд, характерных для применяемого оборудования. В методических указаниях приведены две лабораторные работы, в которых рассматриваются особенности программирования контроллера OMRON CJ1M и работы его системы прерываний и таймеров.

1 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Подробное описание состава лабораторного стенда FESTO на базе контроллера OMRON CJ1M приведено в методических указаниях «Программно-логическое управление лабораторным пневматическим стендом FESto на основе контроллера OMRON CJ1M» 2017 г. для дисциплины «Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления» за авторством Карпова Е.К.

Программы состоят из команд. Команды содержат входы и выходы. Принцип построения команды показан на рисунке 1.

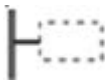





Рисунок 1 – Построение команды

Путь для тока – это условие выполнения, которое служит для управления выполнением и командами, когда программы выполняются в обычном режиме. Входные команды представляют собой логическое условие для запуска и содержат на выходе условие выполнения. Они “впускают” ток в качестве условия выполнения и “отдают” его промежуточной или выходной команде. Выходные команды выполняют все функции, используя в качестве условия выполнения входной ток.

В таблице 1 приведено возможное размещение команд. Они разбиты на отдельные группы. В первую группу включены команды для которых требуются условия разрешения выполнения, во вторую – для которых не требуются.

Таблица 1 – Размещение команд в программе в зависимости от их типов

Тип команды		Возможное размещение	Условие выполнения	Символ в “лестничной диаграмме”	Примеры
Входные команды	Логическое условие начала выполнения (команд-“нагрузок”)	Подключается непосредственно к левой шине или размещается в начале блока команд	Не требуется		LD, LD TST (350), LD> (и другие команды сравнения, использующие символы)
	Промежуточные команды	Размещается между логическим условием начала выполнения и выходной командой	Требуется		AND, OR, AND TEST (350), AND> (и другие команды сравнения, использующие символ ADD), UP (521), DOWN (522), NOT (520) и т.п.
Выходные команды		Подключается непосредственно к правой шине	Требуется		Большинство команд, включая OUT и MOV (021)
			Не требуется		END(001), JME (005), FOR (512), ILC (003) и т.п.

Основным принципом программирования лестничных диаграмм (LD) является то, что команды выполняются в том порядке, в котором они перечислены в памяти (порядок следования мнемонических обозначений). Необходимо соблюдать основные принципы программирования, а так же порядок их выполнения. Такие программы состоят из левой и правой объединительных шин, соединительных линий, входных битов, выходных битов и специальных команд (рисунок 2). Программа может содержать одну или несколько ветвей. Ветвью программы является блок, который можно отделить от других блоков горизонтальной линией. В случае представления лестничной диаграммы в мнемонической форме, ветвь объединяет все команды, расположенные между командой LD/LD NOT и выходной командой, которая предшествует следующим командам LD/LD NOT. Ветвь программы состоит из блоков команд, которые начинаются с команды LD/LD NOT, выступающей в качестве логического условия начала выполнения.

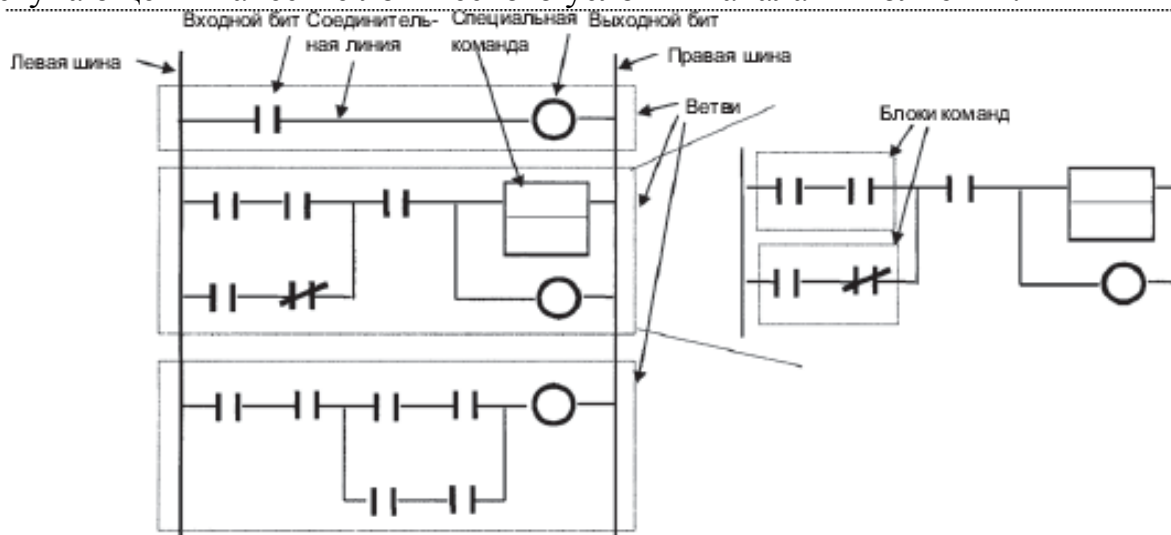


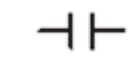
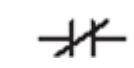

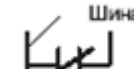

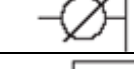

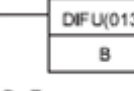


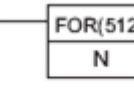
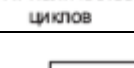
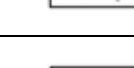


Рисунок 2 – Общая структура лестничной диаграммы

Все команды можно разделить на команды последовательного ввода, последовательного вывода и последовательного управления. В таблице 2 приведены некоторые, часто применяемые, из них.

Таблица 2 – Команды лестничных диаграмм

Команда	Символ/Операнд	Функция	Расположение / Условия выполнения
LOAD		Указывает начало логической ветви и формирует условие выполнения, которое определяется состоянием указанного бита-операнда	Начало логической ветви / Не требуется
LOAD NOT		Указывает начало логической ветви и формирует условие выполнения, которое определяется инверсией состояния указанного бита-оператора	Начало логической ветви / Не требуется
AND		Операция “логическое И” над состоянием указанного бита-операнда и текущим условием выполнения	Внутри ветви / Требуется
AND NOT		Инверсия состояния указанного бита операнда и операция “логическое И” над результатом инверсии и текущим условием выполнения	Внутри ветви / Требуется
OR		Операция “логическое ИЛИ” над состоянием указанного бита-операнда и текущим условием выполнения	Внутри ветви / Требуется
OR NOT		Инверсия состояния указанного бита и операция “логическое ИЛИ” над результатом инверсии и текущим условием выполнения	Внутри ветви / Требуется
OUTPUT		Запись результата (условия выполнения) логической операции в указанный бит	Выход / Требуется
OUTPUT NOT		Инверсия результата логической операции и запись результата инверсии в указанный бит	Выход / Требуется
KEEP		Самоблокирующееся реле, где S – условие установки, R – условие сброса, B – состояние.	Выход / Требуется
DIFFERENTIATE UP		Установка указанного бита на один цикл в состояние “ВКЛ”, когда условие выполнения переходит из “ВЫКЛ” во “ВКЛ”	Выход / Требуется
SET		Команда включает бит-операнд, когда включается условие выполнения	Выход / Требуется
RESET		Команда сбрасывает бит-операнд, когда включается условие выполнения	Выход / Требуется
FOR-NEXT LOOPS		Команды, расположенные между FOR (512) и NEXT (513), повторяются указанное количество раз	Выход / Не требуется
BREAK LOOP		Размещается в цикле FOR-NEXT с целью отмены цикла в случае соблюдения условия выполнения	Выход / Требуется
FOR-NEXT LOOPS		Команды, расположенные между FOR (512) и NEXT (513), повторяются указанное количество раз.	Выход / Не требуется

Задания: 1) напишите программу, реализующую циклическое выдвигание одного из цилиндров стенда с помощью команды “FOR”;



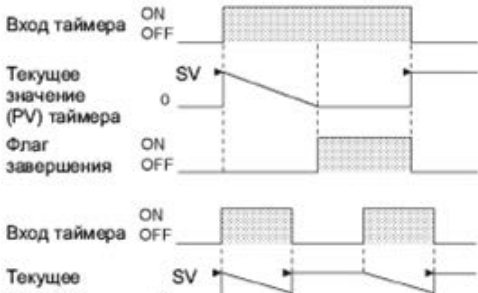

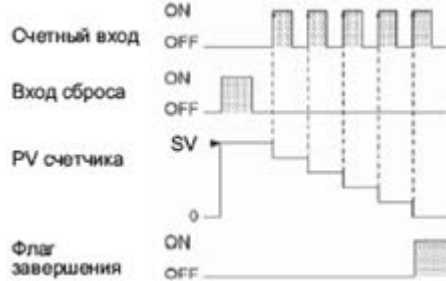

2) дополните программу возможностью отмены цикла командой “BREAK LOOP”, срабатывающей в случае нажатия одной из клавиш пульта управления стендом.

2 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ОБРАБОТЧИКИ ПРЕРЫВАНИЙ И ТАЙМЕРЫ

В этой главе описаны команды управления таймерами и счётчиками, приведённые в таблице 3, дано краткое описание задач и их свойств а также примеры обработки прерываний.

Задачи управления, реализуемые с помощью ПЛК серии CS/CJ, можно классифицировать по функциям, по управляемому оборудованию, по технологическим процессам, по разработчикам или по любому другому критерию. Каждую такую задачу можно запрограммировать в виде отдельного модуля, который так и называется – “задача”.

Таблица 3 – Команды управления таймерами и счётчиками

Команда	Символ/Операнд	Функция	Расположение / Условия выполнения
TIMER	 	<p>Команда запускает декрементный таймер с шагом 0.1 с. Задание таймера можно установить в пределах от 0 до 999.9 секунд в формате BCD и от 0 до 6553.5 секунд в двоичном формате</p> 	Выход/ Требуется
COUNTER		<p>Команда запускает декрементный счётчик. Задание для счётчика можно выбрать в пределах от 0 до 999.9 секунд в формате BCD и от 0 до 6553.5 секунд в двоичном формате</p> 	Выход/ Требуется
RESET TIMER/ COUNTER		<p>Команда сбрасывает таймеры или счётчики в пределах диапазона значений, выбранного для таймера или счётчика. Задание устанавливается равным максимальному значению 9999</p>	Выход/ Требуется

Можно управлять максимум 288 задачами. Одной задаче назначается одна программа. В широком смысле различают задачи следующих типов (таблица 4):

- задачи, выполняемые циклически (циклические задачи);
- задачи, выполняемые по прерыванию (задачи обработки прерываний).

Может быть создано до 32 циклических задач и до 256 задач, выполняемых по прерыванию, т.е., всего до 288 задач. Каждой задаче присваивается уникальный номер от 0 до 31 (для циклических задач) и от 0 до 255 (для задач, выполняемых по прерыванию).

Таблица 4 – Типы задач

Задача		Номер	Условие выполнения	Сопутствующие параметры
Циклические задачи		0...31	Выполняются один раз в каждом цикле, если имеют статус READY (запускаются в начале работы или командой TKON (820)), когда получают право на выполнение	Нет
Задачи обработки прерываний	Задачи обработки прерываний от включения питания	Задача обработки прерываний 1	Выполняются когда выключается питание модуля CPU	В настройках ПЛК разрешено прерывание от выключения питания
	Задачи обработки запланированных прерываний 0 и 1	Задачи обработки прерываний 2 и 3	Выполняются один раз через установленные интервалы времени, отсчитываемые внутренним таймером модуля CPU	С помощью команды SET INTERRUPT MASK установлено время формирования запланированного прерывания В настройках ПЛК выбраны единицы измерения времени для формирования запланированного прерывания
	Задачи обработки прерываний от входов/выходов 0...31	Задачи обработки прерываний 100 ... 131	Выполняются, когда включается вход модуля ввода прерываний в стойке CPU	С помощью команды SET INTERRUPT MASK отменены маски для назначенных входов
	Задачи обработки внешних прерываний 0...255	Задачи обработки прерываний 0...255	Выполняются по запросу программы пользователя в специальном модуле ввода/вывода и модуле шины CPU в стойке CPU или по запросу программы пользователя во встраиваемой плате (только серия CS).	Нет (всегда разрешены)
Дополнительные циклические задачи		Задачи обработки прерываний 0...255	Выполняются один раз в каждом цикле, если имеют статус READY (запускаются командой TKON (820)), когда получают право на выполнение	Нет (всегда разрешены)

В широком смысле задачи подразделяются на циклические задачи и задачи, выполняемые по прерыванию. Выполняемые по прерыванию задачи, в свою очередь, подразделяются на задачи, выполняемые по прерыванию от выключения питания, выполняемые по запланированным прерываниям,

выполняемые по прерываниям от входов/выходов (только серия CS) и выполняемые по внешним прерываниям (только серия CS). Кроме того, задачи, выполняемые по прерыванию, могут выполняться как дополнительные циклические задачи.

Циклические задачи

Циклические задачи, имеющие статус READY (готовность) выполняются один раз в каждом цикле (начиная с вершины программы до команды END(001)) в порядке возрастания номеров задач, начиная с задачи с наименьшим номером. Максимальное количество циклических задач – 32 (номера: 00 ... 31).

Задачи, выполняемые по прерыванию

Задачи обработки прерываний (таблица 5) выполняются, если сформировано прерывание, даже если в настоящий момент выполняется циклическое задание (в том числе дополнительная циклическая задача). Задача, выполняемая по прерыванию, может быть выполнена в цикле в любое время, в том числе во время выполнения программы пользователя, во время обновления входов/выходов или обслуживания периферии, если выполнено условие формирования прерывания.

В модуле CPU CJ1M для вызова задач обработки прерываний можно использовать встроенные входы прерываний (при их наличии – в лабораторном стенде они отсутствуют) и входы высокоскоростных счетчиков.

Задача обработки прерывания от выключения питания выполняется в том случае, когда выключается напряжение питания модуля CPU. Можно запрограммировать только одну задачу обработки прерывания от выключения питания (номер задачи обработки прерывания: 1).

Данная Задача должна быть завершена, прежде чем истечет 10 мс – (время задержки обнаружения выключения питания).

Задачи, выполняемые по запланированным прерываниям выполняются через установленные интервалы времени, длительность которых определяется внутренним таймером модуля CPU. Может быть запрограммировано не более двух задач обработки запланированных прерываний (номера задач обработки прерываний: 2 и 3).

Прерывание для таких задач устанавливается командой SET INTERRUPT MASK (MSKS(690)). Периодичность прерываний можно устанавливать с шагом 10 мс или 1.0 мс в настройках ПЛК.

Задачи, выполняемые по прерываниям от входов/выходов выполняется, если включается вход модуля ввода прерываний. Может быть запрограммировано до 32 задач обработки прерываний от входов/выходов (номера задач обработки прерываний: 100 ... 131). Если имеется необходимость использования внешних прерываний, то в CJ1M модуль ввода прерываний должен быть установлен как один из трех модулей после модуля CPU (слоты 0 ... 2). Модули ввода/вывода прерываний, установленные в другие слоты, нельзя использовать для вызова задач обработки прерываний от входов/выходов.

Задачи, выполняемые по внешним прерываниям

Может быть запрограммировано до 256 задач обработки внешних прерываний (номера задач обработки прерываний 0 ... 255). Если задача обработки внешнего прерывания имеет тот же номер, что и задача обработки прерывания от выключения питания, задача обработки запланированного прерывания или задача обработки прерываний от входов/выходов, в этом случае задача обработки прерывания будет выполнена по любому из этих прерываний (два условия объединяются в логическое ИЛИ), но в общем случае не следует дублировать номера задач обработки прерываний.

В лабораторном стенде отсутствует возможность использования внешних прерываний.

Таблица 5 – Список задач обработки прерываний

Тип	Номер задачи	Условие выполнения	Процедура настройки	Кол-во прерываний	Примеры применения
Прерывания от входов/выходов 0...31	100...131	Включение входа модуля ввода прерываний в стойке CPU	Для назначения входов модулей ввода прерываний в стойке CPU используйте команду MSKS (SET INTERRUPT MASK)	32	Организация задержки срабатывания для отдельных входов
Запланированные прерывания 0 и 1	2 и 3	С установленной периодичностью	Для выбора интервала формирования прерывания используйте команду MSKS (SET INTERRUPT MASK). Используйте параметр Шаг установки времени для формирования запланированных прерываний в настройках ПЛК	2	Контроль рабочего состояния через фиксированные интервалы времени
Прерывание по выключению питания	1	Выключение напряжения питания (по истечению принимаемого по умолчанию времени обнаружения выключения питания)	Используйте параметр Задача обработки прерывания по выключению питания и Время задержки обнаружения выключения питания в настройках ПЛК	1	Выполнение неотложных действий в случае отключения питания
Внешние прерывания 0...255	0...255	По запросу от специального модуля ввода/вывода или модуля шины CPU в стойке CPU или от встраиваемой платы (только для серии CS)	Нет (всегда разрешены)	256	Выполнение операций, необходимых специальным модулям ввода/вывода, модулям шины CPU и встраиваемой плате

Может быть создано до 32 циклических задач и до 256 задач, выполняемых по прерыванию, т.е., всего до 288 задач. Каждой задаче присваивается уникальный номер от 0 до 31 (для циклических задач) и от 0 до 255 (для задач, выполняемых по прерыванию).

Модули CPU CS1-H, CJ-H, CJ1M или CS1D позволяют выполнять задачи, выполняемые по прерыванию (задачи обработки прерываний 0 ... 255), как циклические задачи. Для этого эти задачи запускаются командой TKON. Такие задачи называют “дополнительными циклическими задачами”. В случае применения дополнительных циклических задач суммарное количество циклических задач, которое может быть использовано, возрастает до 288.

Каждая программа, назначенная задаче, должна завершаться командой END(001). Обновление входов/выходов происходит только после того, как выполняются все задачи текущего цикла.

Задачи обработки прерываний могут быть выполнены в любое время в пределах цикла, если соблюдается любое из перечисленных ниже условий.

Для вызова задач обработки прерываний можно использовать встроенные входы прерываний и входы высокоскоростных счетчиков модуля CPU CJ1M. Модули CPU CS1D для систем с дублированием CPU не поддерживают прерывания. В этих модулях задачи обработки прерываний можно использовать только в качестве дополнительных циклических задач.

Задача обработки прерывания по выключению питания: задача 1

В начале выполнения циклических задач выполнение задачи обработки прерывания от выключения питания по умолчанию (настройки ПЛК) отключено.

Задачу обработки прерывания от выключения питания можно разрешить в настройках ПЛК.

По умолчанию в настройках ПЛК установлено прекращение выполнения задачи обработки прерывания от выключения питания через 10 мс. Задача обработки прерывания от выключения питания должна быть выполнена менее чем за 10 мс.

Если в настройках ПЛК установлено время задержки обнаружения выключения питания, задача обработки прерывания от выключения питания будет прекращена через 10 мс минус время задержки обнаружения выключения питания, установленное в настройках ПЛК. В этом случае задача обработки прерывания от выключения питания должна быть выполнена за время, определяемое как разница между 10 мс и временем задержки обнаружения выключения питания, заданным в настройках ПЛК. Например, если время задержки обнаружения выключения питания в настройках ПЛК установлено равным 4 мс, то время выполнения задачи не должно превышать 6 мс (рисунок 2).

Выключение питания считается обнаруженным, если напряжение питания падает ниже уровня 85% (рисунок 3) от минимального номинального напряжения (80% для модулей питания постоянного тока). Время, которое проходит, прежде чем будет выполнена задача обработки прерывания от выключения питания, определяется как сумма принимаемого по умолчанию времени обнаружения выключения питания (10 ... 25 мс для источников питания переменного тока и 2 ... 5 мс для источников питания постоянного тока) и времени задержки обнаружения выключения питания, заданного в

настройках ПЛК (0 ... 10 мс). В течение этого времени будут выполняться циклические задачи.

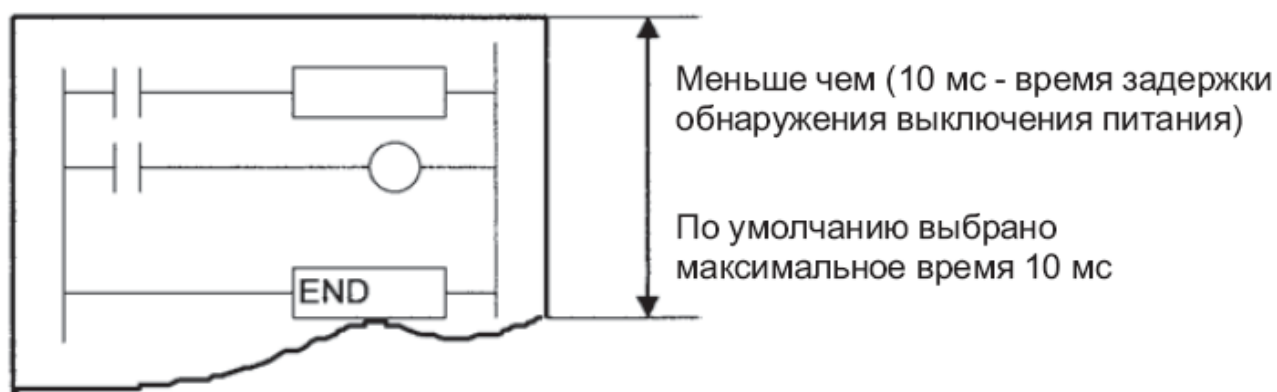


Рисунок 2 – Пример задачи обработки прерывания отключения питания



Рисунок 3 – Процедура обнаружения отключения питания

Пример задания: обеспечьте, чтобы задача обработки прерывания от выключения питания выполнялась за время, меньшее чем 10 мс минус время задержки обнаружения выключения питания, установленное в настройках ПЛК. По истечении этого времени ни одна из оставшихся команд выполнена не будет. Задача обработки прерывания от выключения питания не будет выполнена в случае пропадания питания во время online-редактирования. Помимо команд, которые нельзя использовать ни в одной из задач обработки прерываний, в задаче обработки прерывания от выключения питания нельзя использовать следующие команды:

- READ DATA FILE: FREAD(700);
- WRITE DATA FILE: FWRT(701);
- NETWORK SEND: SEND(090);
- NETWORK RECEIVE: RECV(098);

- DELIVER COMMAND: CMND(490);
- TRANSMIT: TXD(236);
- RECEIVE: RXD(235);
- PROTOCOL MACRO: PMCR(260).

Пример обработки прерывания по отключению питания контроллера проиллюстрирован на рисунке 4. Значения параметров в настройках программируемого логического контроллера для задачи обработки прерывания от выключения питания (номер задачи: 1) приведены в таблице 6.

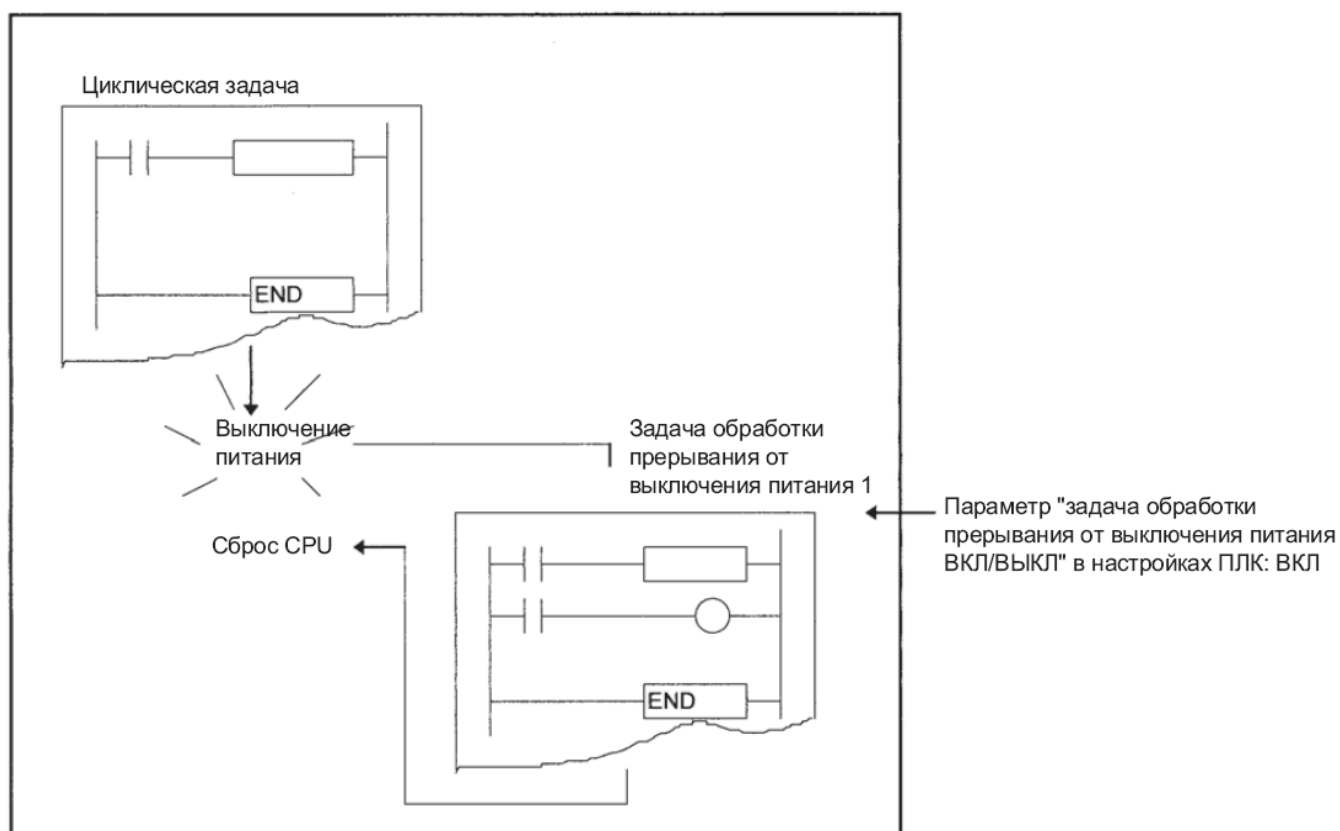


Рисунок 4 – Иллюстрация обработки прерывания по выключению питания

Таблица 6 – Настройка контроллера для обработки прерывания от выключения

Адрес	Наименование	Описание	Значения	Значение по умолчанию
Бит 15 в +225	Задача обработки прерывания от выключения питания	Если бит 15 в +225 установлен (Вкл), при выключении питания будет выполнена задача обработки прерывания от выключения питания	0: Выкл 1: Вкл	0
Биты 0...7 в +225	Время задержки обнаружения выключения питания	Выключение питания будет обнаружено по истечении задаваемого времени + время обнаружения выключения питания, принимаемое по умолчанию (10...25 мс для блоков питания переменного тока и 2...5 мс для блоков питания постоянного тока)	00...0A Hex: 0...10 мс (с шагом 1 мс)	00 Hex

Задания: 1) напишите программу, демонстрирующую работу обработки прерывания программируемого логического контроллера при выключении питания;

2) напишите программу, выдвигающую и задвигающую последовательно все пневмоцилиндры стенда с остановками в крайних положениях на 1.5 секунды;

3) дополните предыдущую программу прерыванием по выключению питания таким образом, чтобы сохранялось прошедшее время от заданных 1.5 секунд.

4) попробуйте выполнить пример задания из главы.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ И ЗАДАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

1 На базе какого микроконтроллера построен учебный стенд фирмы «FESTO»?

2 Назовите области применения контроллеров «ОМРОН».

3 Спроектируйте свою систему управления, имеющую практическое применение, на базе данного контроллера и протестируйте алгоритм её работы.

4 Построить структурную или электрическую принципиальную схему учебного стенда.

5 Написать программу, реализующую различные управляемые перемещения пневмоцилиндров стенда по количеству кнопок (3 шт.) и переключателей (2 шт.).

6 Назовите области промышленности, в которых невозможно применить данный контроллер, а также укажите – по каким причинам.

7 Попробуйте написать программу, выполняющую открытие клапана стенда при срабатывании прерывания на отключение питания контроллера.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ.....	3
2 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ОБРАБОТЧИКИ ПРЕРЫВАНИЙ И ТАЙМЕРЫ.....	6
3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ И ЗАДАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ.....	14

Карпов Егор Константинович

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания к комплексу лабораторных работ по дисциплине

«Программное обеспечение систем управления»

для студентов направлений подготовки

15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

(профиль «Автоматизация технологических процессов и производств
в машиностроении»),

27.03.04 «Управление в технических системах» (профиль «Системы и
технические средства автоматизации и управления»)

В авторской редакции

Подписано в печать 05.04.18	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,00	Уч.-изд. л. 1,00
Заказ №68	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.

640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.

Курганский государственный университет.