

М.П. Кульчавеня

Основы программирования ПЛК

**Москва
Издательство Нобель Пресс**

УДК 621.39
ББК 32
М11

М11 **М.П. Кульчавеня**
Основы программирования ПЛК / М.П. Кульчавеня – М.: Lennex Corp, — Подготовка макета: Издательство Нобель Пресс, 2023. – 158 с.

ISBN 978-5-458-54318-7

Учебное пособие является вводным курсом по основам программирования ПЛК. В качестве базового контроллера принят Simatic S7-300 фирмы SIEMENS. рассмотрены синтаксис, семантика и принципы программирования на STEP7 - языке программирования промышленных контроллеров SIMATIC S7 фирмы SIEMENS. Описание языка снабжено многочисленными примерами, иллюстрирующими особенности и возможности STEP7. При описании языка и примеров программирования большое внимание уделено основным трудностям и ошибкам, с которыми может столкнуться программист. Учебное пособие предназначено для студентов электротехнических специальностей вузов, изучающих программируемые логические контроллеры. Может быть полезно для студентов и инженеров, осваивающих основы контроллерной техники.

ISBN 978-5-458-54318-7

© Издательство Нобель Пресс, 2023
© М.П. Кульчавеня, 2023

Предисловие

Данное учебное пособие предназначено для студентов ВУЗов, изучающих курс «Программирование средств автоматизации» и инженеров, занимающихся программированием ПЛК. При этом предполагается, что читатели знакомы с физическими основами электроники, полупроводниковыми приборами и цифровыми элементами. Автор попытался изложить материал таким образом, чтобы при его последовательном изучении у читателей сложилось представление о работе ПЛК, их функционировании и способах их программирования.

В качестве базового ПЛК для изучения принят ПЛК Simatic S7-300 фирмы SIEMENS, широко распространенный в наше время. На базе данного ПЛК строятся достаточно сложные автоматизированные контроллерные системы.

В данном учебном пособии подробно рассмотрены синтаксис, семантика и принципы программирования на STEP7 - языке программирования промышленных контроллеров SIMATIC S7 фирмы SIEMENS. Описание языка снабжено многочисленными примерами, иллюстрирующими особенности и возможности STEP7. При описании языка и примеров программирования большое внимание уделено основным трудностям и ошибкам, с которыми может столкнуться программист.

Список принятых сокращений

ПЛК/PLC – Программируемый логический контроллер.

ЦПУ/CPU – Центральное процессорное устройство.

«0» – Логический ноль.

«1» – Логическая единица.

Н.О. Контакт – Нормально разомкнутый (открытый) контакт.

Н.З. Контакт – Нормально замкнутый контакт.

Q – Катушка, реле.

ВК (SQ) – Выключатель концевой.

ЯП – Ячейка памяти.

Ассu1 – Аккумулятор 1.

Ассu1L – Младшее слово первого аккумулятора.

ПКМ – Нажатие правой кнопкой мыши.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛК SIEMENS

1.1 Обзор аппаратной части ПЛК

На сегодняшний день среди ПЛК фирмы Siemens большой популярностью пользуются PLC S7-200, S7-300 и S7-400.

S7-200 - модульный программируемый контроллер, предназначенный для решения задач наиболее низкого уровня производительности. Программируется программным средством Step7 MicroWin, в данной книге не рассматривается.

S7-300 - модульный программируемый контроллер (до 32 модулей), предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.

S7-400 - модульный программируемый контроллер (до 32 узлов по MPI-сети), предназначенный для построения систем автоматизации среднего и верхнего уровня сложности

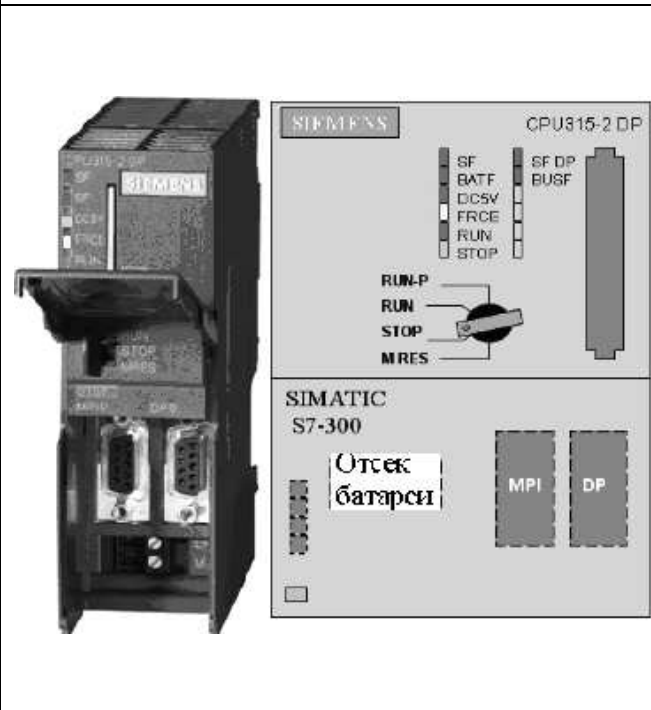
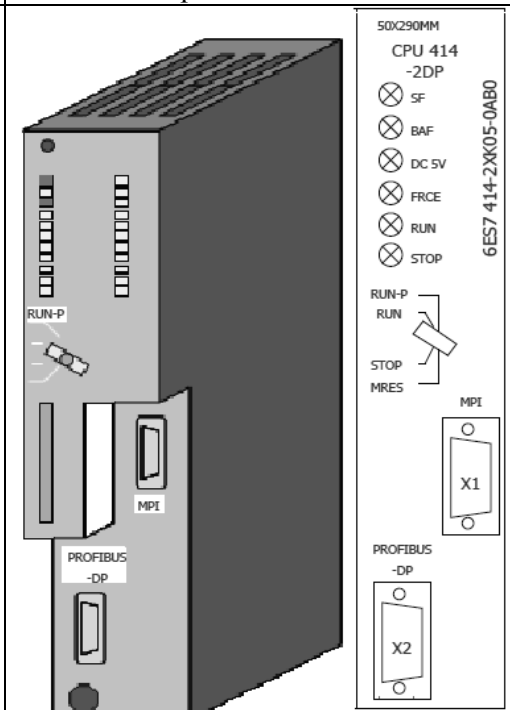
Внешний вид и графическое изображение CPU315-2DP	Внешний вид и графическое изображение CPU 414
	

Таблица 1.1: Внешний вид и графические изображения CPU S7-300 и S7-400

На передней панели CPU могут находиться: переключатель режимов работы, индикаторы состояния, карта памяти, отсек батареи, соединитель MPI, интерфейс DP, другие интерфейсы.

Переключатель режимов	
MRES	Сброс CPU (Module RESet)
STOP	Режим останова; программа не выполняется.
RUN	Программа выполняется, возможно только чтение информации из CPU в программатор
RUN-P	Программа выполняется, доступны чтение и запись информации из программатора
Индикаторы	
SF	Summary Fault, групповая ошибка; внутренняя неисправность CPU или неисправность в модулях с возможностями диагностики
BATF	Ошибка батареи; батарея разряжена или отсутствует
DC5V	Индикация внутреннего постоянного напряжения 5 V
FRCE	Показывает, что один или несколько входов или выходов находятся в режиме FORCE
RUN	Мигает при запуске CPU, светится постоянно в рабочем режиме
STOP	Светится постоянно в режиме останова. Медленно мигает, когда требуется сброс памяти Быстро мигает, когда выполняется сброс памяти Медленно мигает, когда сброс памяти необходим, при включении карты памяти
Карта памяти	Слот для установки карты памяти. Карта памяти сохраняет программу при отключении от сети при отсутствии батареи
Отсек батареи	Место для установки литиевой батареи под крышкой. Батарея поддерживает состояние ОЗУ при отсутствии напряжения
Соединитель MPI	Соединение с устройством программирования или другим устройством с интерфейсом MPI
Интерфейс DP	Интерфейс для прямого подключения распределенной периферии к CPU

Таблица 1.2: Элементы передней панели CPU S7-300

Так как контроллеры S7-300 и S7-400 являются модульными – к ним можно подсоединять дополнительные модули. Подсоединение модулей к CPU S7-300 осуществляется посредством шинного соединителя, к S7-400 через стойку (rack).

Всего существует 3 вида стоек S7-400:

- UR – Universal Rack – Универсальная задняя шина обмена данными, допускается использовать с любыми моделями S7-400.
- CR – Central Rack – Центральная задняя шина обмена данными, не допускается использование принимающих IM
- ER – Expansion Rack – Задняя шина обмена данными, необходима для расширения базовой структуры, возможно использование только SM модулей

PS	Power Supply – блок питания
CPU	Central processing unit – центральный процессор, ЦПУ
IM	Interface Module – интерфейсный модуль. Предназначены для соединения шины одного ряда с шиной другого ряда при многорядной конфигурации.
SM DI	Signal Module Digital Input – сигнальный модуль цифровых входов
SM DO	Signal Module Digital Output – сигнальный модуль цифровых выходов
SM AI	Signal Module Analog Input – сигнальный модуль аналоговых входов
SM AO	Signal Module Analog Output – сигнальный модуль аналоговых выходов
FM	Functional Module – функциональный модуль (счетчики, управление и т.д.)
CP	Communication Processor – коммуникационный процессор. Предназначен для обеспечения работы сети (MPI/PPI/Industrial Ethernet)

Таблица 1.3: Модули CPU S7-300/400

Модули в стойке располагаются в следующей последовательности:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S7-300	PS	CPU	IM	SM DI	SM DO	SM AI	SM AO	FM	CP	
S7-400	PS	CPU	SM DI	SM DO	SM AI	SM AO	CP	FM	SM	IM

Таблица 1.4: Последовательность расположения модулей S7-300 и S7-400

Модель CPU, как правило, выбирается на основании выполняемой им задачи и технико-экономического обоснования.

Технические параметры нескольких моделей CPU приведены в таблице. Более подробную техническую информацию можно найти на сайте производителя и в каталогах.

CPU	314	315-2DP	318-2DP	413-3	416-2	417-4
Время выполнения, мкс						
Двоичная инструкция	0.3-0.6	0.3-0.6	0.1	0.1	0.08	0.1
Word-инструкция	1.2	1.0	0.1	0.1	0.08	0.1
Integer (+/-)	2.0	2.0	0.1	0.1	0.08	0.1
Real (+/-)	50.0	50.0	0.6	0.6	0.48	0.6
Память пользователя						
Рабочая память	24 кб	64 кб	512 кб	2x384кб	2x0.8Mb	2x2Mb
Внутр.загр.память	40 кб	96 кб	64 кб	256 кб	256 кб	256 кб
Внешн. загр.память	4 Мб	4 Мб	4 Мб	64 Мб	64 Мб	64 Мб
Адресное пространство						
Память меркеров, бит	2048	2048	8192	8кб	16кб	16кб
Тактовые меркеры	8	8	8	8	8	8
Таймеры	128	128	512	256	512	512
Счетчики	64	64	512	256	512	512
Число блоков						
FB	128	192	1024	1024	2048	6144
FC	128	192	1024	1024	2048	6144
DB	127	255	2047	1023	4096	8191
Область отображения, каждая, байт						
Входы/выходы	128	128	256	8кб	16кб	16кб
Макс.размер области I/O в байтах	768	1024	8192	8кб	16кб	16кб
Встроенные интерфейсы	MPI	MPI, DP	MPI, DP	2 DP	MPI/DP, DP	MPI/DP, 3DP

Таблица 1.5: Технические параметры CPU

1.1.1 Виды перезапусков CPU

В общем случае CPU имеет три вида перезапуска:

1. Warm restart – теплый перезапуск. Поддерживается абсолютно всеми моделями CPU S7-300 и S7-400. Как правило, выбран по умолчанию. При теплом запуске значения выбранных ячеек памяти остаются без изменений после нового запуска. Однако, данные, отнесенные к неперманентной (неохраняемой) области памяти стираются. При данном виде перезапуска CPU однократно вызывает организационный блок OB100 перед началом обработки основной программы. При его отсутствии продолжает выполнять сканирование программы с точки прерывания ее выполнения в последний раз.

2. Cold restart – холодный перезапуск. Может не поддерживаться моделью CPU. При повторном перезапуске и перманентные и неперманентные данные стираются. При холодном перезапуске CPU вызывает организационный блок OB102. При отсутствии блока 102 CPU немедленно начинает выполнять цикл сканирования основной программы.

3. Hot restart – горячий перезапуск, может не поддерживаться моделью CPU. При повторном запуске все данные остаются без изменения. При данном виде перезапуска CPU вызывает организационный блок OB101. При отсутствии блока 101 CPU немедленно начинает выполнять цикл сканирования основной программы.

У ряда моделей CPU S7-400 вид запуска выставляется на аппаратном уровне – переключателем на лицевой панели.

Настройка видов перезапуска осуществляется в следующей последовательности:

- 1) Запустить утилиту HW-Config
- 2) Выделить CPU, нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт object properties
- 3) Открыть вкладку Startup
- 4) В поле startup after power on будет находиться выбор перезапуска.

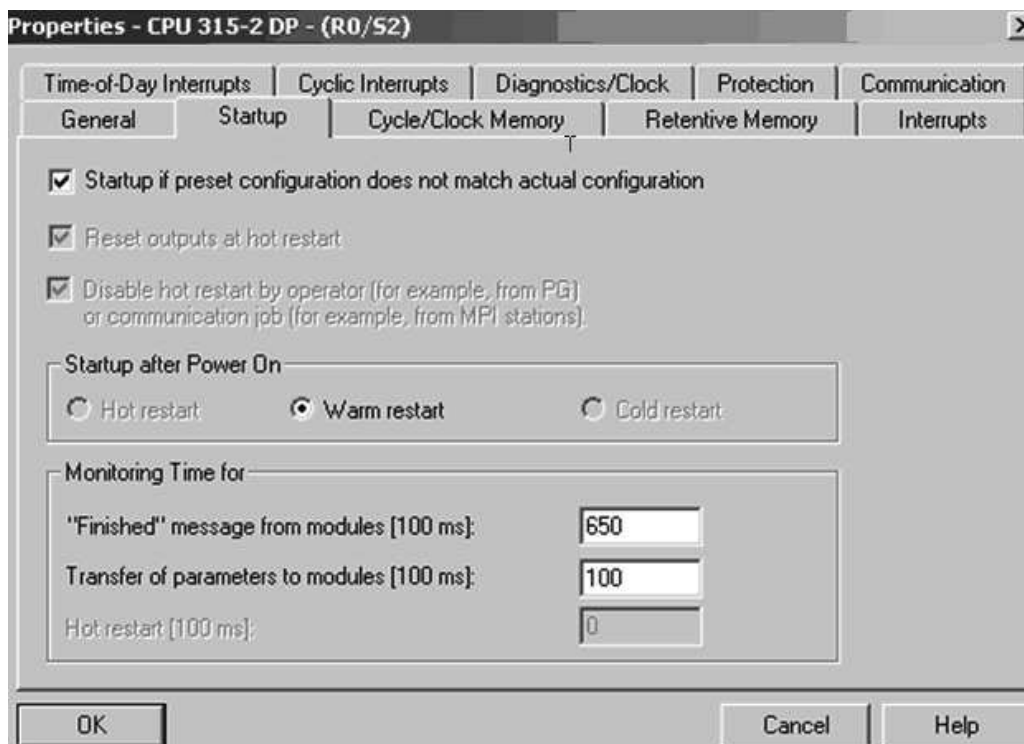


Рисунок 1: Вкладка Startup окна свойств CPU

1.2 Карты памяти

На сегодняшний день фирмой Siemens выпускается 2 типа карт для контроллеров S7-300/400: MC и MMC.

MC (Memory Card) – карты длинного исполнения. Ранее использовались в CPU S7-300, до сих пор используются в CPU S7-400.

Несмотря на одинаковое название и обозначение карт в S7-400 они длиннее. Карту памяти, предназначенную для S7-400 можно использовать в S7-300, но она будет сильно выпирать наружу.

На карте указывается серия, объем и тип (flash или RAM).



Рисунок 1.2: Карты памяти: MC длинного исполнения, MC короткого исполнения, MMC

Также производится еще один вид карт памяти:

MMC – Micro Memory Card и MMC – Multi Media Card. Внешне они выглядят одинаково. Multi media card используется в OP-панелях и могут быть заменены на обычную SD-карту. Micro Memory Card имеет тип flash и используется только в S7-300. Стоимость MMC-карты на 64кб около 40 евро, на 2Мбайта – около 258 евро.

Flash – энергонезависимая область памяти. Минус flash памяти в том, что скорость считывания/записи не так высока, как в RAM. И в том, что если данных очень много и не получается уместить все данные во встроенной памяти CPU, то данные, которым не хватило места, будут считываться из карты памяти и скорость считывания будет ниже.

RAM – энергозависимая память. Скорость считывания/записи выше, но при выключении основного питания и отсутствии буферного источника все данные стираются.

Максимальный поддерживаемый объем карты памяти зависит от модели CPU. Чтобы его узнать необходимо: запустить HW-Config, выделить CPU, запустить меню PLC строки меню, выбрать пункт Module Information, открыть в нем вкладку Memory и нажать кнопку details memory area

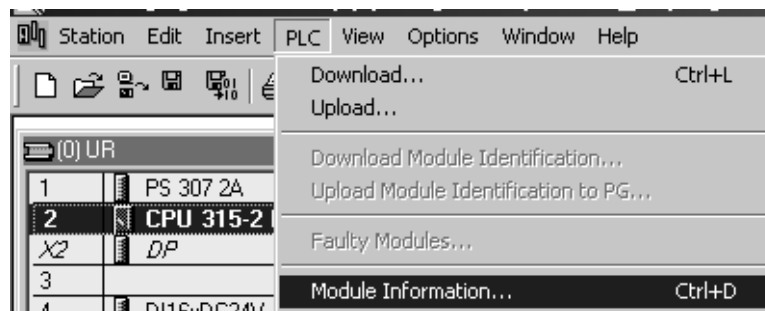


Рисунок 1.2.1: Вкладка Module Information

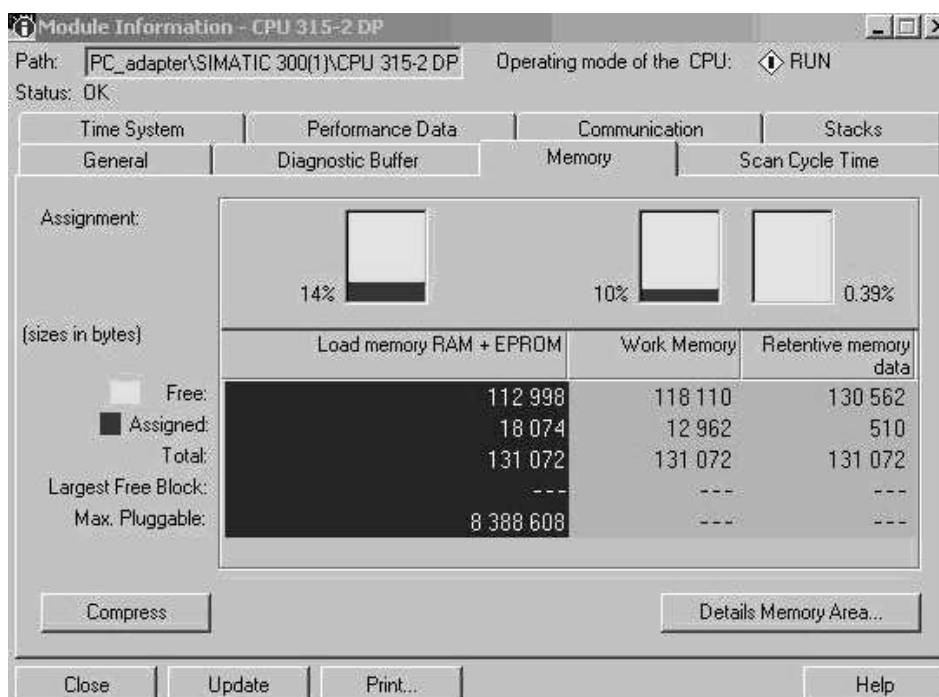


Рисунок 1.2.2: Вкладка Memory

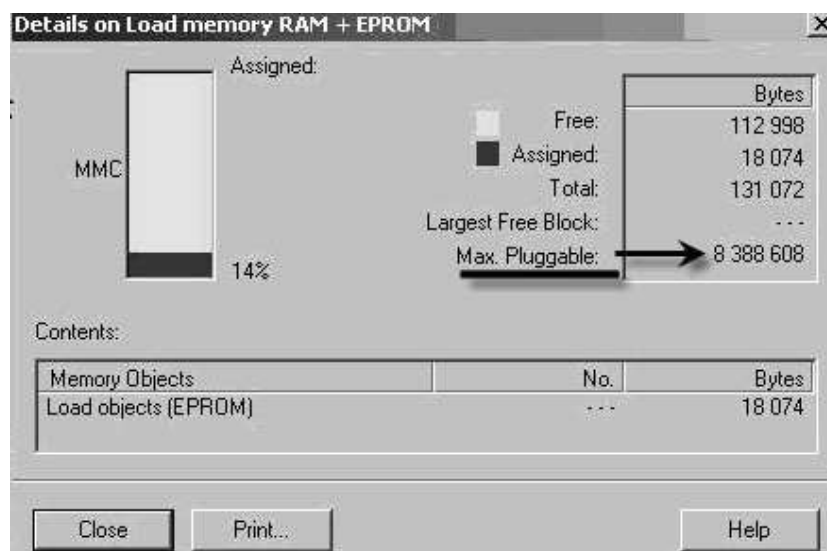


Рисунок 1.2.3: Окно Details Memory Area

Теоретически, CPU может работать без карты памяти, но в таком случае, при сбое питания сотрется вся пользовательская программа.

1.2.1 Защита карты памяти паролем

В Simatic Manager предусмотрена возможность установки пароля на данные, содержащиеся на карте памяти. Точнее, на всю область памяти Load memory.

Настройка видов перезапуска осуществляется в следующей последовательности:

1. Запустить утилиту HW-Config
2. Выделить CPU, нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт object properties
3. Открыть вкладку Protection
4. Во вкладке Protection Level выбрать уровень защиты паролем:
 - No Protection – нет защиты паролем
 - Write Protection – установить пароль на запись данных. То есть без пароля будет невозможно записать данные на PLC.
 - Write/Read Protection – защита паролем от считывания и записи.

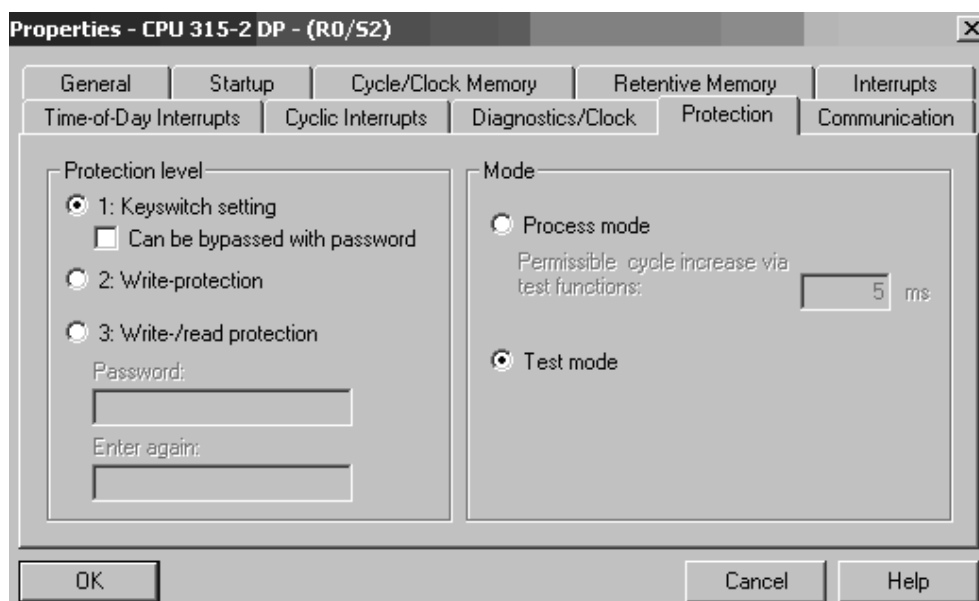



Рисунок 1.2.1.1: Вкладка Protection окна свойств CPU

Сброс забытого пароля возможен только посредством форматирования карты памяти, но и все данные с нее будут при этом уничтожены.

Форматирование карты памяти осуществляется, например, внешним программатором EPROM модулей и карт памяти Siemens (заказной номер 6ES7792-0AA00-0XA0, цена на август 2012 года 943.40 евро).

При его подключении к программатору в Simatic Manager станет активной кнопка  Memory Card.

Вкладка Mode к паролю отношения не имеет, так как настраивает режим отладки программы и содержит следующие пункты:

Test Mode – обычная, базовая отладка с инструментом «очки». Расходует мало ресурсов CPU, не сильно функциональная.

Process Mode – расширенная отладка с дополнительными функциями. При выборе данной опции необходимо указать время в миллисекундах, на которое необходимо увеличить время исполнения программного цикла. Этот интервал времени входит в общее время цикла, но заданная доля будет расходоваться на отладку.