

Ганс Бергер

**Автоматизация посредством STEP 7
с использованием STL и SCL
и программируемых контроллеров
SIMATIC S7-300/400**

**(Automating with STEP 7 in STL and SCL
by Hans Berger)**

Перевод по
изданию 2-му, исправленному

ПРЕДИСЛОВИЕ

Новая система автоматизации SIMATIC объединяет отдельные частные решения системной автоматизации на основе однородной архитектуры в единое целое от аппаратуры "полевого" уровня непосредственно до управления процессом. Это достигается с помощью интегрированных в систему средств конфигурирования и программирования, с помощью управления данными в системе коммуникаций с программируемыми контроллерами (SIMATIC S7), специализированными компьютерами (SIMATIC M7) и системами управления (SIMATIC C7). С помощью программируемых контроллеров трех выпускаемых серий перекрываются все области их применения при решении задач автоматизации процессов в целом и в производственной сфере в частности. При этом изделия серии S7-200 используются как компактные контроллеры ("микро-PLC"), изделия серий S7-300 и S7-400 используются как модульные функционально расширяемые контроллеры для применения в системах низкой и высокой производительности.

Система STEP 7, представляющая собой дальнейшее развитие STEP 5, является программным обеспечением для программирования в новой системе SIMATIC. Windows 95/98 Microsoft или Windows NT Microsoft были выбраны в качестве операционных систем, чтобы пользователь STEP 7 мог в полной мере использовать знакомый ему интерфейс пользователя для стандартных ПК (оконная система, работа с манипулятором "мышь").

Для программирования блоков STEP 7 предназначены языки программирования, соответствующие международному стандарту DIN EN 6.1131-3: STL ("statement list" - список мнемоник, Assembler-подобный язык), LAD ("ladder diagram" - "контактный план", представление в виде логических схем), FBD ("function block diagram" - "функциональный план", язык функциональных блок-схем) и поставляемый по отдельному заказу пакет SCL ("Structured Control Language" – "структурированный язык управления", Pascal-подобный язык высокого уровня). Кроме того по специальным заказам могут быть также поставлены дополнительные пакеты ПО, предоставляющие следующие языки программирования: S7-GRAPH (для графической разработки программ систем автоматизации SIMATIC в виде последовательности шагов и переходов между ними), S7-HiGraph (для графической разработки программ систем автоматизации SIMATIC в виде графа состояний системы и переходов между ними) и CFC ("continuous function chart" - план соединений программных блоков; при этом проектирование на CFC похоже на проектирование с FBD). Пользователю предоставляется полное право выбора из этого набора различных методов представления для описания функций при решении его задачи управления.

Широкие возможности адаптации в представлении задачи управления, которую необходимо решить, значительно упрощают работу в STEP 7.

Эта книга содержит описание языка программирования STL для S7-300/400. В первом разделе представлены обзор систем автоматизации S7-300/400 и изложены основы работы со STEP 7. Следующий раздел адресован начинающим пользователям STEP 7 или пользователям, переходящим к STEP 7 от работы с системами управления на базе контакторов и реле. Здесь описаны базовые функции для дискретного управления с помощью языка программирования STL и показано, как с помощью двоичных функций преобразуются значения сигналов. Здесь представлены основы двоичных вычислений, работа компаратора, преобразование типов данных. Используя STL, Вы сможете обрабатывать управляющую программу (управлять ходом выполнения программы) и разрабатывать структурные программы. Вы сможете создать циклически выполняемую основную программу, Вы также сможете использовать управляемые событиями подпрограммы, такие как подпрограммы, управляемые поведением контроллера при запуске, а также подпрограммы обработки ошибок или проявлений неисправности.

Один раздел книги посвящен описанию языка программирования SCL. Язык SCL особенно подходит для программирования сложных алгоритмов или для задач управления данными, и это сближает SCL с языками программирования высокого уровня. Блочная структура STEP 7 позволяет создавать SIMATIC S7-программы из блоков, написанных на различных языках.

Данная книга включает описание программы для преобразования программ STEP 5 в программы STEP 7, а также краткий общий обзор системных функций и набора функций для языков программирования STL и SCL.

В этой книге представлен пакет программного обеспечения STEP 7 версии 5.1, а также поставляемый по специальному заказу пакет S7-SCL версии 5.1.

Erlangen, март 2001

Ганс Бергер
(Hans Berger)

КРАТКИЙ ОБЗОР СОДЕРЖАНИЯ КНИГИ

Краткий обзор программируемых логических контроллеров серий S7-300/400	Функции PLC в сравнении с системами управления на базе реле	Числа, управление содержанием аккумуляторов	Управление ходом выполнения программы, функции блоков
Введение	Базовые функции	Функции цифровой обработки	Управление выполнением программы
1 SIMATIC S7-300/400 программируемые контроллеры Структура PLC (аппаратные компоненты S7-300/400); области памяти; распределенная периферия (PROFIBUS DP); коммуникации (подсети); адреса модулей; адреса областей памяти	4 Операторы двоичной логики Функции AND (И), OR (ИЛИ), Exclusive OR (Исключающее ИЛИ); вложенные функции	9 Функции сравнения Сравнение в соответствии с типом данных INT, DINT и REAL	15 Биты состояния "Двоичные" флаги, "цифровые" флаги; механизм EN/ENO
	5 Функции памяти Функции назначения, установки и сброса; проверки прихода фронта сигнала; пример системы управления конвейера	10 Арифметические функции Четыре функции для типов данных INT, DINT и REAL; прибавление констант; декремент/инкремент	16 Функции перехода Безусловный переход, переходы по условию, проверяемому в RLO, BR, "цифровых" флагах; распределенный и циклический переход
2 Средства программирования STEP 7 Редактирование проектов; конфигурирование станций; конфигурирование сетей; Symbol Editor (редактор имен); редакторы STL/ SCL; интерактивный режим; тестирование программ	6 Функции перемещения данных Функции загрузки Load; функции Transfer; функции аккумулятора системные функции передачи данных	11 Математические функции Тригонометрические; Arc-функции; степенные функции; логарифмы	17 Главное реле управления (MCR) MCR–зависимость, MCR–область, MCR–зона
	7 Функции таймера Запуск таймеров SIMATIC пяти разных типов; IEC-таймеры	12 Функции преобразования Преобразование типа данных; дополнения	18 Функции блоков Вызов блока, завершение обработки блока; Временные и статические локальные данные
3 S7-программа Выполнение программы; тип блока; блоки кодов STL/ SCL; блоки DB; адресация переменных; представление констант; типы данных (обзор)	8 Функции счетчика SIMATIC-счетчики; прямой/обратный счет; сброс/установка; IEC-счетчики	13 Функции сдвига Сдвиг и циклический сдвиг	19 Параметры блоков Формальные и фактические параметры; объявление и назначение; передача параметров блоку
		14 Логика для типа Word Функции AND (И), OR (ИЛИ), Exclusive OR (Исключающее ИЛИ)	

Обработка программы пользователя	Обработка сложных переменных, косвенная адресация	Описание языка программирования SCL	Преобразование S5/S7 библиотеки блоков, обзоры
Обработка программы	Работа с переменными	Язык SCL	Приложения
20 Основная программа Структура программы; управление циклом сканирования; (время отклика, стартовая информация; фоновая обработка); функции программы; коммуникации посредством распределенной периферии и глобальных данных; коммуникации SFC и SFB	24 Типы данных Структура типов данных; объявление и использование простых и сложных типов данных; программирование пользовательских типов данных UDT	27 Введение, элементы языка Адресация, операторы, выражения, назначения 28 Управляющие операторы IF, CASE, FOR, WHILE, REPEAT, CONTINUE, EXIT, GOTO, RETURN	32 Программа S5/S7-преобразования Подготовка к преобразованию; преобразование S5-программ; последующая обработка
21 Управление прерываниями Аппаратные прерывания; прерывания по времени таймера; прерывания по времени суток; прерывания многопроцессорной обработки; прерывания, управляемые событиями	25 Косвенная адресация Указатель на область; указатель на DB; указатель типа ANY; косвенная адресация посредством памяти и регистра (внутризонная и межзонная адресация); использование адресных регистров	29 Вызов блока SCL Программирование и вызов блоков SCL; значение функции; переменная OK; механизм EN/ENO	33 Библиотеки блоков Организационные блоки; системные функциональные блоки; IEC-функциональные блоки; блоки S5-S7 преобразования; блоки TI-S7 преобразования; блоки с функциями ПИД-управления; коммуникационные блоки
22 Обзор использования STL "Холодный", "теплый" и полный рестарт; режимы STOP, HOLD, сброс памяти; параметризация модулей	26 Прямой доступ к переменным Загрузка адреса переменной; сохранение переменных в памяти; сохранение данных при передаче параметров; "переменная" указатель ANY; описание примера фрейма сообщения	30 SCL-функции Функции таймера; функции счетчика; математические функции; функции сдвига и циклического сдвига; функции преобразования 28 Управляющие операторы Функции преобразования и сравнения; STRING-функции; Date/TOD-функции; численные функции	34 Обзор использования STL Базовые функции; функции цифровой обработки; управление выполнением программы 35 Обзор SCL-мнемоник и функций Операторы; команды; вызовы блоков; стандартные функции
23 Обработка ошибок Синхронные ошибки; асинхронные ошибки; системная диагностика			

КРАТКИЙ ОБЗОР СОДЕРЖАНИЯ ДИСКЕТЫ С ПРИМЕРАМИ ПРОГРАММ

Настоящая книга содержит много иллюстраций, демонстрирующих использование языков программирования STL и SCL. Все представленные в книге программы Вы можете найти на дискете, прилагаемой к книге. Программы расположены в двух библиотеках – STL_BOOK и SCL_BOOK. После разархивирования эти библиотеки занимают на жестком диске приблизительно 2,7 или 1,6 Мбайт (в зависимости от используемой файловой системы на Вашем ПК или PG).

Библиотека STL_BOOK содержит восемь программ, которые иллюстрируют STL-метод представления. Два насыщенных деталями примера показывают программирование функций, функциональных блоков и частных случаев их практического применения (пример: конвейерная линия [Conveyor Example]), а также управление данными (пример фрейма сообщения [Message Frame Example]). Все примеры представлены исходными файлами и содержат описания и комментарии.

Библиотека STL_BOOK

Базовые функции Примеры для STL-представления	Выполнение программы Примеры вызова SFC
FB 104 Глава 4: Двоичные логические операции FB 105 Глава 5: Функции памяти FB 106 Глава 6: Функции пересылки FB 107 Глава 7: Функции таймера FB 108 Глава 8: Функции счетчика	FB 120 Глава 20: Основная программа FB 121 Глава 21: Обработка прерываний FB 122 Глава 22: Характеристики перезапуска FB 123 Глава 23: Обработка ошибок
Цифровые (Digital) функции Примеры для STL-представления	Работа с переменными Примеры работы с типами и переменными
FB 109 Глава 9: Функции сравнения FB 110 Глава 10: Арифметические функции FB 111 Глава 11: Математические функции FB 112 Глава 12: Функции преобразования FB 113 Глава 13: Функции сдвига FB 114 Глава 14: Логика для типов Word	FB 124 Глава 24: Типы данных FB 125 Глава 25: Косвенная адресация FB 126 Глава 26: Прямой доступ к переменным FB 101 Простые типы данных FB 102 Сложные типы данных FB 103 Типы параметров
Управление ходом программы Примеры для STL-представления	Пример конвейера Примеры базовых функций и частные примеры
FB 115 Глава 15: Биты состояния FB 116 Глава 16: Функции перехода FB 117 Глава 17: Главное управляющее реле FB 118 Глава 18: Функции блоков FB 119 Глава 19: Параметры блоков Программирование исходного файла блока (Глава 3)	FC 11 Система управления конвейером FC 12 Управление счетчиком FB 20 Загрузка конвейера FB 21 Лента конвейера FB 22 Подсчет деталей
Пример фрейма сообщения Примеры обработки данных	Общие примеры
UDT 51 Структура данных, заголовок UDT 52 Структура данных, фрейм сообщения FB 51 Создание фрейма сообщения FB 52 Сохранение фрейма сообщения FC 61 Управление часами FC 62 Генерация контрольной суммы FC 63 Преобразование данных	FC 41 Мониторинг диапазона FC 42 Определение граничного значения FC 43 Нахождение оптимального решения FC 44 Проверка фронта сигнала DOUBLE WORD FC 45 Преобразование числа формата с плавающей запятой S5 в формат REAL S7 FC 46 Преобразование числа формата REAL S7 в формат с плавающей запятой S5 FC 47 Копирование из области данных (указатель ANY)

Библиотека SCL_BOOK содержит пять программ на языке SCL с использованием SCL-функций. Программы с примерами, аналогичными рассмотренным выше для STL-представления и имеющими те же названия: пример "конвейерная линия" [Conveyor Example] и пример фрейма сообщения [Message Frame Example], из библиотеки SCL_BOOK соответственно предложены в формате SCL-представления. Программа "General Examples" ("Общие примеры") содержит SCL-функции для обработки сложных типов данных, сохранения данных и специально для программистов на SCL – мнемоники для программирования простых STL-функций в SCL-программах.

Библиотека SCL_BOOK

Элементы языка	SCL-функции
Примеры для SCL-представления (глава 27)	Примеры для SCL-представления (глава 30)
FC 271 Пример ограничителя OB 1 Основная программа для примера ограничителя FB 271 Операторы, выражения, присвоение FB 272 Косвенная адресация	FB 301 Функции таймера FB 302 Функции счетчика FB 303 Функции преобразования FB 304 Математические функции FB 305 Сдвиг и ротация
Операторы управления	Работа с переменными
Примеры для SCL-представления (глава 28)	Примеры для SCL-представления (глава 31)
FB 281 Оператор IF FB 282 Оператор CASE FB 283 Оператор FOR FB 284 Оператор WHILE FB 285 Оператор REPEAT	FB 311 Функции преобразования FB 312 Функции сравнения FB 313 Функции для String FB 314 Функции для Date/TOD FB 315 Функции для чисел
Вызов SCL-блоков	Общие примеры
Примеры для SCL-представления (глава 29)	
FC 291 FC с значением функции FC 292 FC без значения функции FB 291 FB блок FB 292 Примеры вызовов FC и FB блоков FC 293 FC блок для примера EN/ENO FB 293 FB блок для примера EN/ENO FB 294 Вызовы для примеров EN/ENO	FC 61 DT_TO_STRING FC 62 DT_TO_DATE FC 63 DT_TO_TOD FB 61 Длина переменной FB 62 Контрольная сумма FB 63 Кольцевой буфер FB 64 FIFO регистр STL функции для программирования на SCL
Пример управления конвейером	Пример фрейма сообщения
Примеры базовых функций и частные примеры	Примеры управления данными
FC 11 Управление конвейером FC 12 Управление счетчиком FB 20 Загрузка конвейера FB 21 Конвейер FB 22 Подсчет деталей	UDT 51 Структура данных, заголовок UDT 52 Структура данных, фрейм сообщения FB 51 Создание фрейма сообщения FB 52 Сохранение фрейма сообщения FC 61 Управление часами

Для того, чтобы опробовать указанные программы в действии, создайте проект в соответствии с конфигурацией Вашего оборудования, после чего скопируйте программу, содержащую таблицу символов, в проект. Теперь Вы можете вызывать программы-примеры, адаптировать их к Вашим целям и тестировать их в интерактивном режиме.

Если у Вас нет полной версии пакета STEP 7 или STEP 7Mini, Вы сможете ознакомиться с программами-примерами, используя прилагаемый к книге компакт-диск с демонстрационной версией пакета STEP 7 (см. последнюю страницу приложения).

Автоматизация с применением STEP 7: схемы применения

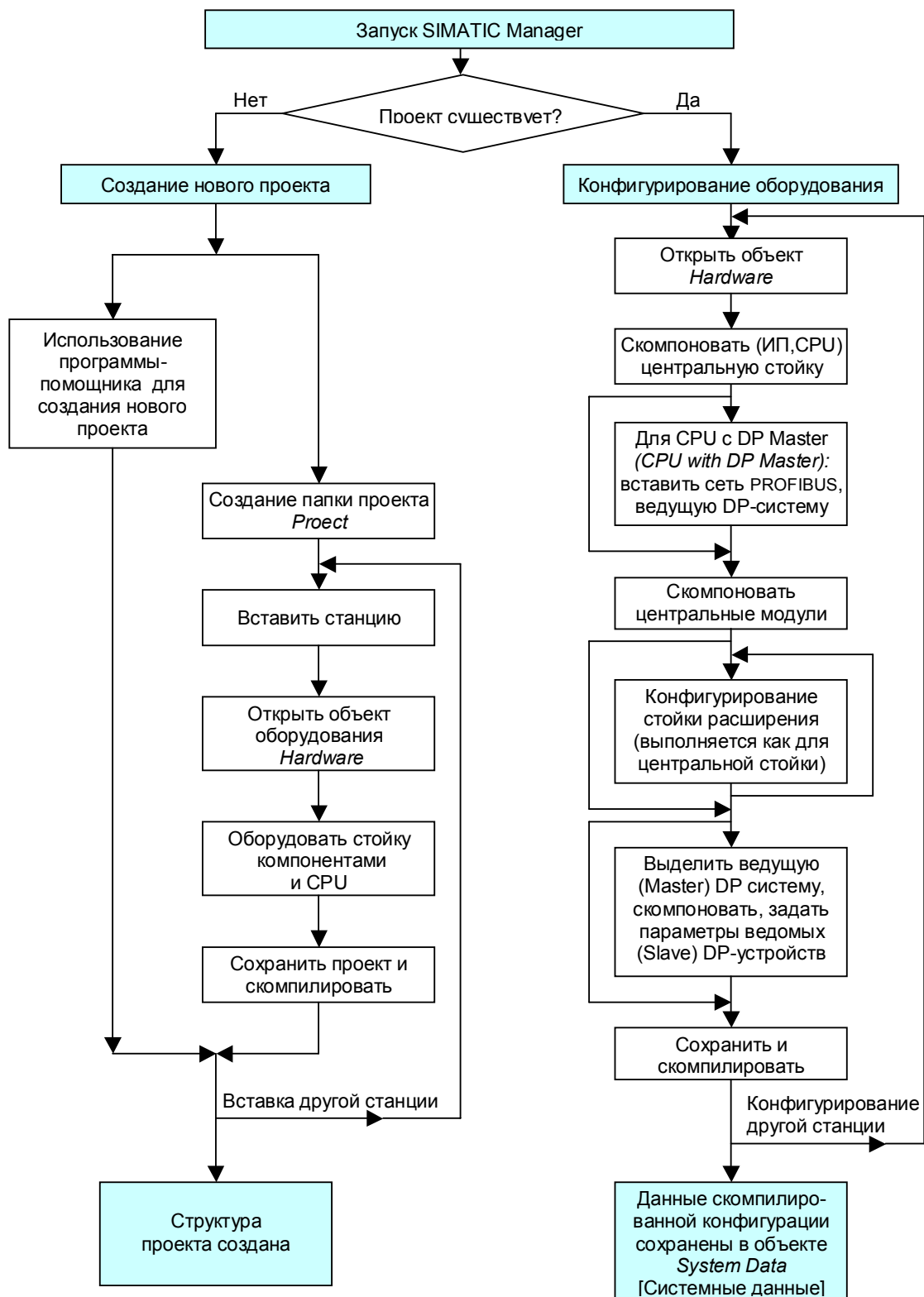
На схемах, представленных на следующих трех страницах, показаны общие процедуры (алгоритмы) использования пакета для программирования в STEP 7.

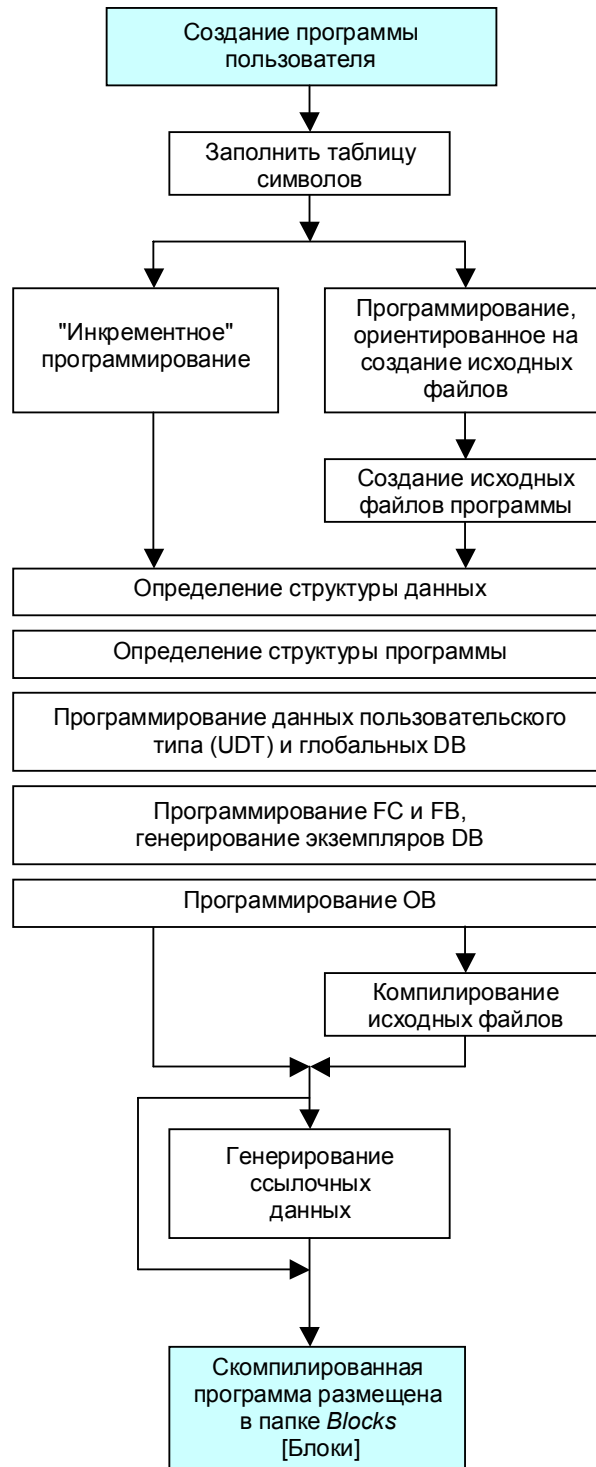
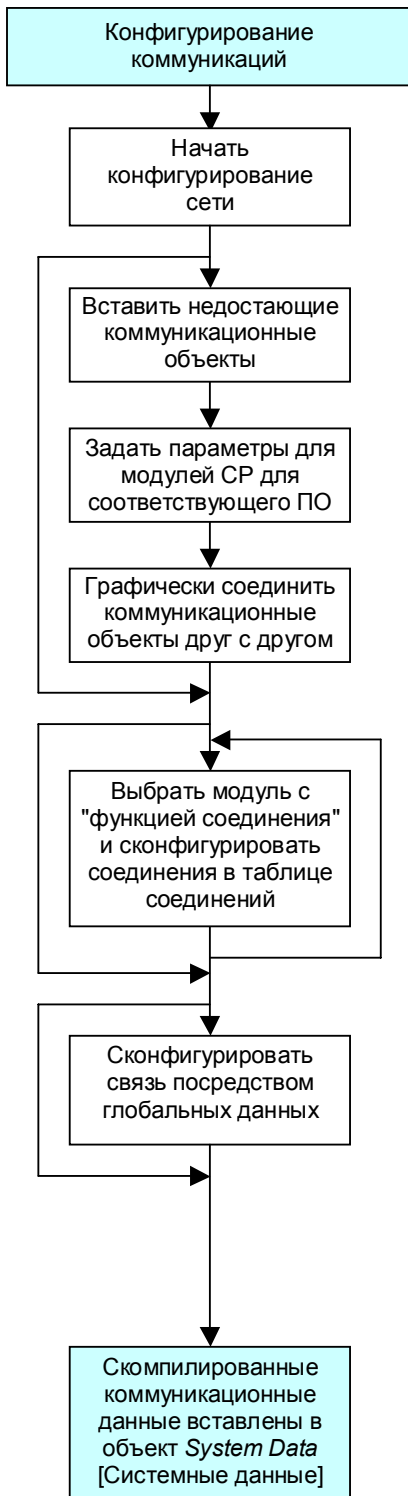
Запустите SIMATIC Manager, создайте новый или откройте существующий проект. Все данные для задачи автоматизации хранятся в форме объектов в проекте. Когда Вы формируете проект, Вы создаете папки (в терминах системы Windows) для группирования данных с помощью установки требуемых станций, по крайней мере с CPU. Кроме того создаются также папки для программ пользователя. Вы можете создать папку для своих программ непосредственно в папке проекта.

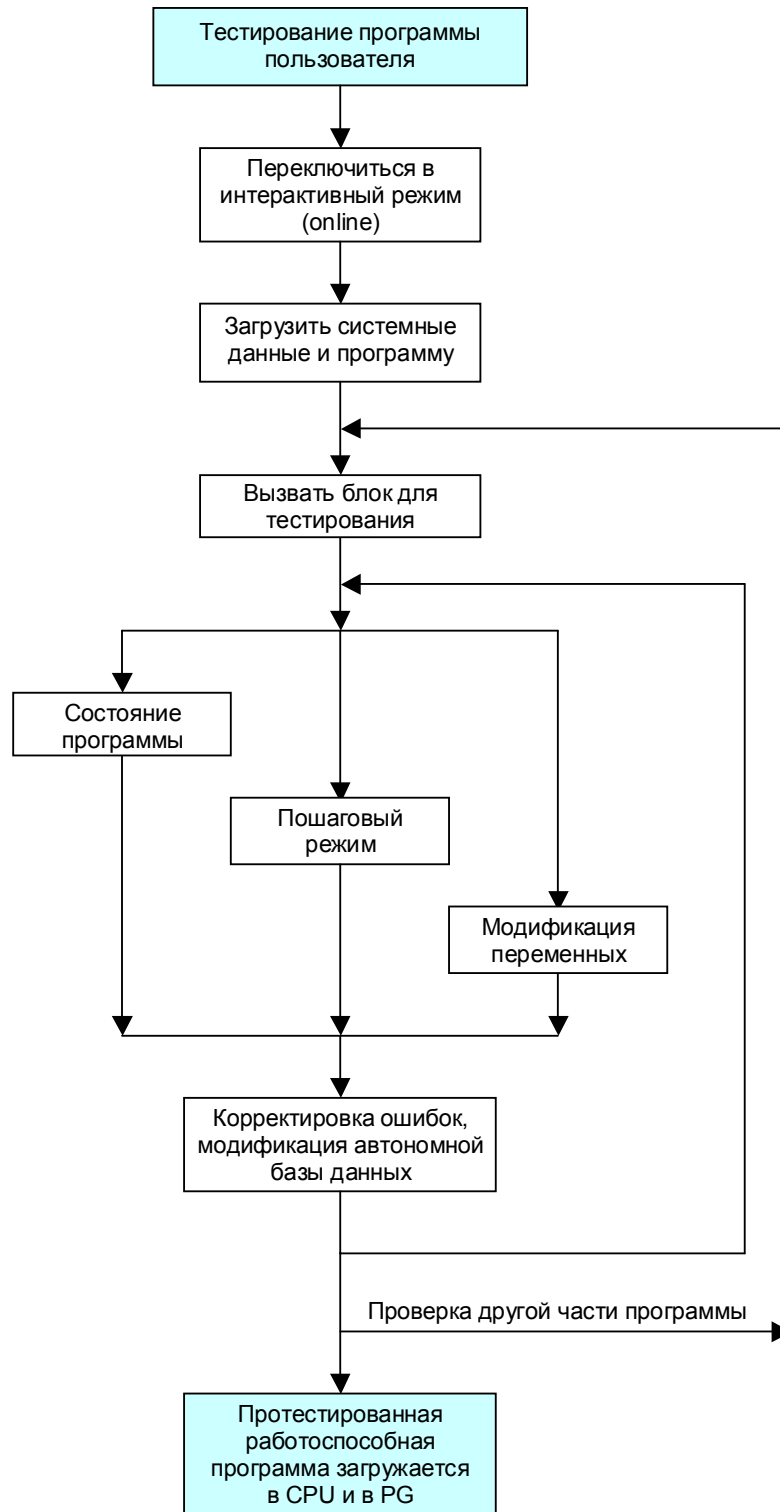
На следующем этапе Вы должны сконфигурировать Ваше оборудование и, если это необходимо, коммуникации. После этого необходимо создать программу и протестировать ее.

Порядок создания данных автоматизации не является строго фиксированным. Необходимо только придерживаться следующих правил: если Вы желаете обрабатывать объекты (данные), они должны существовать; если Вы желаете вставить (добавить) объекты в проект, соответствующие папки (путь к объектам) должны быть доступны.

Вы можете прервать разработку проекта в любой момент и продолжить ее вновь с любой точки, вновь запустив SIMATIC Manager.







СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1-1
1 Программируемый контроллер SIMATIC S7-300/400	1-3
1.1 Структура программируемого контроллера	1-3
1.1.1 Компоненты	1-3
1.1.2 Станция S7-300	1-4
1.1.3 Станция S7-400	1-6
1.1.4 Области памяти CPU	1-8
1.1.5 Модуль памяти	1-10
1.1.6 Системная память	1-10
1.2 Распределенные I/O (входы/выходы)	1-11
1.2.1 Система ведущего DP-устройства	1-12
1.2.2 Ведущее DP-устройство (DP Master)	1-13
1.2.3 Ведомые DP-устройства (DP Slaves)	1-13
1.2.4 Подключение к PROFIBUS-PA	1-15
1.2.5 Подключение к AS-интерфейсу	1-16
1.2.6 Подключение к последовательному интерфейсу	1-18
1.3 Коммуникации (communications)	1-18
1.3.1 Введение	1-18
1.3.2 Подсети	1-20
1.3.3 Службы обмена (communications services)	1-24
1.3.4 Соединения (connections)	1-25
1.4 Адресация модулей	1-26
1.4.1 Путь прохождения сигнала	1-26
1.4.2 Адрес слота	1-27
1.4.3 Начальный адрес модуля	1-27
1.4.4 Диагностические адреса	1-28
1.4.5 Адреса шинных узлов	1-29
1.5 Адресное пространство	1-29
1.5.1 Область данных пользователя	1-29
1.5.2 Отображение процесса (образ процесса)	1-31
1.5.3 Меркеры	1-32

2	Программное обеспечение STEP 7	2-1
2.1	Базовый пакет STEP 7 (STEP 7 Basic Package)	2-1
2.1.1	Инсталляция	2-1
2.1.2	Авторизация	2-2
2.1.3	SIMATIC Manager	2-2
2.1.4	Проекты и библиотеки (Project(s) и Library(ies))	2-6
2.1.5	Интерактивная справочная система (Online Help)	2-7
2.2	Редактирование проектов	2-8
2.2.1	Создание проектов	2-8
2.2.2	Управление, перекомпоновка и архивирование	2-10
2.2.3	Версии проекта (Project Versions)	2-11
2.3	Конфигурирование станций	2-13
2.3.1	Конфигурирование модулей	2-15
2.3.2	Адресация модулей	2-15
2.3.3	Параметризация модулей	2-16
2.3.4	Объединение в сеть модулей посредством MPI	2-17
2.3.5	Режимы Monitor (мониторинг) и Modify (обновление) в модулях	2-18
2.4	Конфигурирование сети (Network)	2-18
2.4.1	Конфигурирование графического представления сети (Network View)	2-20
2.4.2	Конфигурирование системы ведущего DP-устройства с помощью утилиты конфигурирования сети Network Configuration	2-21
2.4.3	Конфигурирование соединений (Connections)	2-22
2.4.4	Переходы между подсетями (Network Transitions)	2-27
2.4.5	Загрузка таблицы соединений (Loading the Connection Data)	2-28
2.5	Создание S7-программ	2-29
2.5.1	Введение	2-29
2.5.2	Таблица символов (Symbol Table)	2-30
2.5.3	Редактор STL-программ (STL Program Editor)	2-32
2.5.4	Редактор SCL-программ (SCL Program Editor)	2-37
2.5.5	Перекомпоновка (Rewiring)	2-40
2.5.6	Приоритет адресов (Address Priority)	2-41
2.5.7	Ссылки (Reference Data)	2-42
2.5.8	Многоязыковая поддержка комментариев и отображаемых текстов	2-44
2.6	Интерактивный режим (Online Mode)	2-46
2.6.1	Подключение к PLC	2-46
2.6.2	Защита программы пользователя	2-47
2.6.3	Информация CPU (CPU Information)	2-49
2.6.4	Загрузка пользовательской программы в CPU	2-49

2.6.5	Работа с блоками (Block Handling)	2-50
2.7	Тестирование программы	2-52
2.7.1	Диагностика оборудования	2-53
2.7.2	Определение причины перехода в состояние STOP	2-53
2.7.3	Мониторинг и модификация переменных (Monitoring and Modifying Variables)	2-54
2.7.4	Форсирование переменных (Forcing Variables)	2-56
2.7.5	Разблокировка периферийных выходов (функция Enable peripheral outputs)	2-59
2.7.6	Функция "Program Status" ("Состояние программы") для STL	2-60
2.7.7	Отладка SCL-программ	2-62
3	SIMATIC S7-программа	3-1
3.1	Обработка программы	3-1
3.1.1	Методы обработки программы	3-1
3.1.2	Классы приоритетов	3-3
3.1.3	Спецификации для обработки программы	3-4
3.2	Блоки	3-5
3.2.1	Типы блоков (Block Types)	3-6
3.2.2	Структура блоков (Block Structure)	3-8
3.2.3	Свойства блоков (Block Properties)	3-8
3.2.4	Интерфейс блоков (Block Interface)	3-13
3.3	Адресация переменных (Addressing Variables)	3-15
3.3.1	Абсолютная адресация переменных	3-16
3.3.2	Косвенная адресация	3-18
3.3.3	Символьная адресация переменных	3-18
3.4	Программирование кодовых блоков на STL	3-20
3.4.1	Структура STL-выражения	3-20
3.4.2	Инкрементное программирование кодовых блоков на STL	3-21
3.4.3	Программирование кодовых блоков на STL, ориентированное на создание исходных файлов	3-24
3.5	Программирование кодовых блоков на SCL	3-28
3.5.1	Структура SCL-выражения	3-28
3.5.2	Программирование кодовых SCL-блоков	3-30
3.6	Программирование блоков данных	3-35
3.6.1	Инкрементное программирование блоков данных	3-35
3.6.2	Программирование блоков данных, ориентированное на создание исходных файлов	3-37

3.7	Переменные и константы	3-39
3.7.1	Общие замечания по поводу переменных	3-39
3.7.2	Общие замечания по поводу типов данных	3-41
3.7.3	Простые типы данных	3-41
3.7.4	Сложные типы данных	3-42
3.7.5	Параметрические типы	3-45
Базовые функции		4-1
4	Двоичные логические операции	4-3
4.1	Структура программируемого контроллера	4-3
4.2	Элементарные двоичные логические операции	4-7
4.2.1	Функция AND (И)	4-8
4.2.2	Функция OR (ИЛИ)	4-10
4.2.3	Функция Exclusive OR (Исключающее ИЛИ)	4-10
4.2.4	Допущения, принимаемые в отношении к типам датчиков	4-11
4.3	Инвертирование результата логической операции	4-13
4.4	Сложные двоичные логические операции	4-14
4.4.1	Обработка вложенных выражений (вложенных операторов)	4-14
4.4.2	Объединение AND-функций (И) в операторе OR (ИЛИ)	4-16
4.4.3	Объединение OR (ИЛИ) и Exclusive OR (Исключающее ИЛИ) в операторе AND (И)	4-17
4.4.4	Объединение функций AND (И) в операторе Exclusive OR (Исключающее ИЛИ)	4-18
4.4.5	Объединение функций OR (ИЛИ) в операторе Exclusive OR (Исключающее ИЛИ)	4-18
4.4.6	Инвертирование вложенных выражений	4-19
5	Операции с памятью (memory functions)	5-1
5.1	Функция Assign (Присвоение)	5-1
5.2	Функции Set (Установка бита) и Reset (Сброс бита)	5-3
5.3	Функции RS Flipflop (RS-триггер)	5-4
5.3.1	Операции с памятью при установленном приоритете функции Reset (Сброс бита)	5-4
5.3.2	Операции с памятью при установленном приоритете функции Set (Установка бита)	5-5
5.3.3	Операции с памятью в сочетании с двоичными логическими функциями	5-5
5.4	Функция Edge Evaluation (Проверка наличия фронта сигнала)	5-7
5.4.1	Положительный фронт сигнала	5-8
Automating with STEP 7 in STL and SCL Автоматизация посредством STEP 7 с использованием STL и SCL		XV

5.4.2	Отрицательный фронт сигнала	5-10
5.4.3	Проверка меркера импульса	5-10
5.4.4	Проверка наличия фронта в двоичной логической операции	5-12
5.4.5	Двоичный делитель (Binary Scaler)	5-12
5.5	Пример системы управления ленточным конвейером	5-14
6	Функции пересылки данных (move functions)	6-1
6.1	Общие замечания по поводу операций загрузки и выгрузки данных	6-1
6.2	Функции Load (функции загрузки данных в аккумулятор)	6-4
6.2.1	Общее представление о функциях загрузки Load	6-4
6.2.2	Загрузка в аккумулятор из памяти	6-6
6.2.3	Загрузка в аккумулятор констант	6-7
6.3	Функции Transfer (функции выгрузки данных из аккумулятора)	6-7
6.3.1	Общее представление о функциях выгрузки Transfer	6-7
6.3.2	Выгрузка данных из аккумулятора в различные области памяти	6-8
6.4	Функции аккумуляторов (Accumulator Functions)	6-9
6.4.1	Прямая пересылка данных между аккумуляторами	6-10
6.5	Функции обмена байтами в аккумуляторе accumulator 1	6-12
6.6	Системные функции для пересылки данных	6-12
6.6.1	Копирование области данных	6-13
6.6.2	Непрерывное копирование из области данных	6-14
6.6.3	Вставка данных в область назначения	6-15
6.6.4	Копирование переменных типа STRING	6-16
7	Функции таймеров (timer functions)	7-1
7.1	Программирование функций таймеров	7-2
7.1.1	Запуск таймера	7-2
7.1.2	Задание временных параметров таймера	7-2
7.1.3	Сброс таймера (Resetting a timer)	7-4
7.1.4	Разблокировка таймера (Enabling a timer)	7-5
7.1.5	Проверка (опрос) таймера (Checking a timer)	7-5
7.1.6	Последовательность инструкций при использовании функций таймера	7-7
7.1.7	Пример часового генератора (генератора часов)	7-8
7.2	Таймер с управляемым импульсом (Pulse timer)	7-8
7.3	Таймер с расширенным импульсом (Extended pulse timer)	7-12
7.4	Таймер с задержкой включения (On-delay timer)	7-15
7.5	Таймер с задержкой включения с памятью (Retentive On-delay timer)	7-19
7.6	Таймер с задержкой выключения (Off-delay timer)	7-23

7.7	IEC-функции таймеров (IEC Timer Functions)	7-26
7.7.1	Генератор импульсов SFB 3 TP	7-28
7.7.2	Генератор импульсов с задержкой включения SFB 4 TON	7-28
7.7.3	Генератор импульсов с задержкой выключения SFB 5 TOF	7-29
8	Функции счетчиков (counter functions)	8-1
8.1	Установка и сброс счетчиков	8-2
8.2	Счет (Counting)	8-3
8.3	Проверка (опрос) счетчика (Checking a Counter)	8-4
8.4	Разблокировка счетчика (Enabling a counter)	8-5
8.5	Последовательность инструкций при использовании функций счетчика	8-8
8.6	IEC-функции счетчиков (IEC Counter Functions)	8-9
8.6.1	Функция прямого счета SFB 0 CTU	8-10
8.6.2	Функция обратного счета SFB 1 CTD	8-11
8.6.3	Функция прямого и обратного счета SFB 2 CTUD	8-11
8.7	Пример счетчика деталей	8-12
	Функции для обработки чисел	9-1
9	Функции сравнения	9-3
9.1	Общее представление функций сравнения	9-4
9.2	Описание функций сравнения	9-5
9.3	Функции сравнения в логических операциях	9-8
10	Арифметические функции	10-1
10.1	Общее представление арифметических функций	10-2
10.2	Вычисления с данными типа INT	10-3
10.3	Вычисления с данными типа DINT	10-5
10.4	Вычисления с данными типа REAL	10-6
10.5	Последовательное выполнение арифметических функций	10-8
10.6	Добавление констант к содержимому аккумулятора Accumulator 1	10-10
10.7	Операции декрементирования и инкрементирования	10-11
11	Математические функции	11-1
11.1	Общее представление математических функций	11-1
11.2	Тригонометрические функции	11-2
11.3	Обратные тригонометрические функции (Arc-функции)	11-3
11.4	Другие математические функции	11-4

12	Функции преобразования	12-1
12.1	Выполнение функций преобразования	12-2
12.2	Преобразование чисел форматов INT и DINT	12-3
12.3	Преобразование чисел формата BCD	12-4
12.4	Функции преобразования чисел формата REAL	12-5
12.5	Другие функции преобразования чисел	12-7
13	Функции сдвига	13-1
13.1	Выполнение функций сдвига	13-2
13.2	Операции сдвига	13-4
13.3	Операции циклического сдвига	13-7
14	Логические функции для слов данных (Word Logic)	14-1
14.1	Выполнение логических операций для слов данных	14-1
14.2	Описание логических операций для слов данных	14-4
	Управление выполнением программы	15-1
15	Биты состояния (Status Bits)	15-3
15.1	Описание битов состояния	15-3
15.2	Описание битов состояния	15-7
15.3	Проверка битов состояния	15-10
15.4	Использование двоичного результата (бита состояния BR)	15-12
16	Функции перехода	16-1
16.1	Программирование функций перехода	16-2
16.2	Безусловный переход	16-3
16.3	Функции перехода в зависимости от состояния RLO и BR	16-3
16.4	Функции перехода в зависимости от состояния CC0 и CC1	16-5
16.5	Функции перехода в зависимости от состояния OV и OS	16-8
16.6	Распределитель переходов (Jump Distributor)	16-9
16.7	Циклический переход (Loop Jump)	16-10
17	Главное управляющее реле MCR	17-1
17.1	MCR-зависимость (MCR Dependency)	17-2
17.2	MCR-область (MCR Area)	17-3
17.3	MCR-зона (MCR Zone)	17-4
17.4	Установка и сброс битов периферии (I/O битов)	17-6

18	Функции блоков (Block Functions)	18-1
18.1	Функции для кодовых блоков	18-1
18.1.1	Вызов блока: общая информация	18-2
18.1.2	Оператор вызова блока CALL	18-3
18.1.3	Операторы вызова UC и CC	18-4
18.1.4	Функции окончания блока (Block End Functions)	18-6
18.1.5	Временные локальные данные	18-6
18.1.6	Статические локальные данные	18-10
18.2	Функции для блоков данных	18-14
18.2.1	Два регистра блоков данных	18-15
18.2.2	Адресация данных	18-16
18.2.3	Открытие блока данных	18-19
18.2.4	Обмен содержимым между регистрами блоков данных	18-20
18.2.5	Размер блока данных и его номер	18-21
18.2.6	Особенности, имеющие место при адресации данных	18-21
18.3	Системные функции для блоков данных	18-24
18.3.1	Создание блока данных	18-25
18.3.2	Удаление блока данных	18-25
18.3.3	Тестирование блока данных	18-25
18.4	Null-операции (нуль-операции)	18-26
18.4.1	Операторы NOP	18-26
18.4.2	Оператор отображения программы BLD	18-26
19	Параметры блоков	19-1
19-1	Параметры блока: общая информация	19-1
19-1.1	Определение параметров блока	19-1
19-1.2	Обработка параметров блока	19-1
19-1.3	Объявление (declaration) параметров блока	19-2
19-1.4	Объявление (declaration) значения функции	19-5
19-1.5	Инициализация (Initialization) параметров блока	19-6
19-2	Формальные параметры	19-6
19-3	Фактические параметры	19-11
19-4	Последовательная передача ("Pass On") параметров блока	19-16
19-5	Примеры	19-17
19.5.1	Пример: ленточный конвейер	19-17
19.5.2	Пример: счетчик деталей	19-19
19.5.3	Пример: подающий механизм	19-20

Выполнение программы	20-1
20 Основная программа (main program)	20-3
20.1 Организация программы	20-3
20.1.1 Структура программы	20-3
20.1.2 Организация программы	20-5
20.2 Управление циклом сканирования	20-8
20.2.1 Обновление отображения состояния процесса	20-8
20.2.2 Время мониторинга цикла сканирования	20-10
20.2.3 Минимальное время цикла сканирования Сканирование в фоновом режиме ("background scanning")	20-12
20.2.4 Время отклика ("Response Time")	20-14
20.2.5 Стартовая информация ("Start Information")	20-15
20.3 Функции программы (Program Functions)	20-17
20.3.1 Управление часами реального времени (Real-Time Clock)	20-17
20.3.2 Системные часы (System Clock)	20-18
20.3.3 Измеритель времени наработки (Run-Time Meter)	20-19
20.3.4 Сжатие информации в памяти CPU (Compressing CPU Memory)	20-20
20.3.5 Режимы ожидания и остановки	20-21
20.3.6 Мультипроцессорный режим	20-21
20.4 Связь (Communications) посредством распределенной периферии I/O	20-22
20.4.1 Адресация распределенной периферии (I/O)	20-24
20.4.2 Конфигурирование распределенной периферии (I/O)	20-30
20.4.3 Системные функции для распределенной периферии (I/O)	20-45
20.5 Коммуникации посредством глобальных данных	20-49
20.5.1 Основы	20-49
20.5.2 Конфигурирование GD-коммуникаций	20-53
20.5.3 Системные функции для GD-коммуникаций	20-56
20.6 SFC-коммуникации	20-57
20.6.1 Внутростанционные (Station-Internal) SFC-коммуникации	20-57
20.6.2 Системные функции для обмена данными внутри станции	20-59
20.6.3 Внестанционные (Station-External) SFC-коммуникации	20-61
20.6.4 Системные функции для обмена данными между станциями ("внестанционные" SFC)	20-63
20.7 SFB-коммуникации	20-67
20.7.1 Основы	20-67
20.7.2 Двусторонний обмен данными (Two-way Data Exchange)	20-70
20.7.3 Односторонний обмен данными (One-way Data Exchange)	20-73

20.7.4	Передача данных на принтер (Print Data)	20-74
20.7.5	Функции управления (Control Functions)	20-75
20.7.6	Функции мониторинга (Monitoring Functions)	20-77
21	Обработка прерываний	21-1
21.1	Общие замечания	21-1
21.2	Аппаратные прерывания (Hardware Interrupts)	21-4
21.2.1	Генерация аппаратных прерываний	21-4
21.2.2	Обслуживание аппаратных прерываний	21-5
21.2.3	Конфигурирование аппаратных прерываний с помощью STEP 7	21-6
21.3	Таймерные прерывания (watchdog Interrupts)	21-6
21.3.1	Обработка таймерных прерываний (watchdog Interrupts)	21-7
21.3.2	Конфигурирование таймерных прерываний (watchdog Interrupts) с помощью STEP 7	21-9
21.4.	Прерывания по времени суток (time-of-day interrupts)	21-10
21.4.1	Обработка прерываний по времени суток (time-of-day interrupts)	21-10
21.4.2	Конфигурирование прерываний по времени суток (time-of-day interrupts) с помощью STEP 7	21-12
21.4.3	Системные функции для прерываний по времени суток (time-of-day interrupts)	21-13
21.5.	Прерывания с задержкой обработки (time-delay interrupts)	21-15
21.5.1	Обработка прерываний с задержкой обработки (time-delay interrupts)	21-15
21.5.2	Конфигурирование прерываний с задержкой обработки (time-delay interrupts) с помощью STEP 7	21-17
21.5.3	Системные функции для прерываний с задержкой обработки (time-delay interrupts)	21-17
21.6	Прерывание мультипроцессорного режима	21-19
21.7	Обработка прерываний	21-21
22	Параметры перезапуска	22-1
22.1	Общие замечания	22-1
22.1.1	Режимы работы	22-1
22.1.2	Режим HOLD (ПАУЗА)	22-2
22.1.3	Блокировка выходных модулей (disable)	22-3
22.1.4	Организационные блоки для перезапуска	22-4
22.2	Включение питания (Power-Up)	22-5
22.2.1	Режим STOP (СТОП)	22-5
22.2.2	Сброс памяти (Memory Reset)	22-6
22.2.3	Реманентность (Retentivity)	22-6

22.2.4	Определение параметров для перезапуска	22-7
22.3	Типы перезапуска	22-8
22.3.1	Режим запуска (START-UP)	22-8
22.3.2	"Холодный" перезапуск (Cold Restart)	22-9
22.3.3	"Полный" перезапуск (Complete Restart)	22-11
22.3.4	"Теплый" перезапуск (Warm Restart)	22-12
22.4	Установка адреса модуля	22-13
22.5	Параметризация модулей	22-15
23	Обработка ошибок	23-1
23.1	Синхронные ошибки	23-2
23.2	Обработка синхронных ошибок	23-3
23.2.1	Фильтрация ошибок	23-3
23.2.2	Маскирование синхронных ошибок	23-6
23.2.3	Демаскирование синхронных ошибок	23-6
23.2.4	Считывание регистра ошибок	23-7
23.2.5	Ввод "заменяющего" значения (значения замены - Substitute Value)	23-7
23.3	Асинхронные ошибки	23-8
23.4	Системная диагностика	23-12
23.4.1	Диагностические события и диагностический буфер	23-12
23.4.2	Запись пользовательских сообщений в диагностический буфер	23-13
23.4.3	Проверка диагностического прерывания	23-14
23.4.4	Считывание списка состояний системы	23-15
	Обработка переменных	24-1
24	Типы данных	24-3
24.1	Простые типы данных	24-3
24.1.1	Объявление простых типов данных	24-3
24.1.2	Типы данных BOOL, BYTE, WORD, DWORD, CHAR	24-4
24.1.3	Представление чисел	24-6
24.1.4	Представление времени	24-9
24.2	Сложные типы данных	24-11
24.2.1	Тип данных DATA_AND_TIME	24-12
24.2.2	Тип данных STRING	24-13
24.2.3	Тип данных ARRAY	24-15
24.2.4	Тип данных STRUCT	24-17
24.3	Пользовательский тип данных	24-20

24.3.1	Инкрементное программирование данных, определенных пользователем (UDT)	24-20
24.3.2	Применение данных UDT при создании исходных текстов программы	24-21
25	Косвенная адресация	25-1
25.1	Указатели	25-1
25.1.1	Указатели на область (area pointers)	25-2
25.1.2	Указатели на DB (DB pointers)	25-2
25.1.3	ANY-указатели (ANY pointer)	25-4
25.2	Типы косвенной адресации в STL	25-5
25.2.1	Общая информация	25-6
25.2.2	Косвенная адресация (Indirect Addresses)	25-7
25.2.3	Косвенная адресация посредством памяти (memory-indirect addressing)	25-8
25.2.4	Косвенная внутризонная адресация посредством регистра (Register-Indirect Area-Internal Addressing)	25-10
25.2.5	Косвенная межзонная адресация посредством регистра (Register-Indirect Area-Crossing Addressing)	25-11
25.2.6	Резюме	25-12
25.3	Использование адресных регистров	25-13
25.3.1	Загрузка в адресный регистр	25-14
25.3.2	Пересылка из адресного регистра	25-15
25.3.3	Обмен содержимым между адресными регистрами	25-15
25.3.4	Операция сложения с содержимым адресного регистра	25-16
25.4	Особенности косвенной адресации	25-18
25.4.1	Использование адресного регистра AR1	25-18
25.4.2	Использование адресного регистра AR2	25-18
25.4.3	Ограничения на использование статических локальных данных	25-20
26	Прямой доступ к переменным	26-1
26.1	Загрузка адреса переменной	26-1
26.2	Хранение переменных	26-4
26.2.1	Хранение переменных в блоках глобальных данных	26-4
26.2.2	Хранение переменных в блоках экземплярных данных	26-6
26.2.3	Хранение переменных в области временных локальных данных	26-6
26.3	Сохранение данных при передаче параметров	26-8
26.3.1	Доступ к параметрам в функциях	26-8
26.3.2	Хранение параметров в функциональных блоках	26-11
26.3.3	"Переменная" ANY-указатель (ANY-pointer)	26-13

26.4	Краткое описание примера "Message Frame Example" (Пример фрейма сообщения)	26-16
------	---	-------

Структурированный язык управления SCL **27-1**

27 Введение. Элементы языка **27-3**

27.1	Интеграция с SIMATIC	27-3
------	----------------------	------

27.1.1	Инсталляция (установка)	27-3
--------	-------------------------	------

27.1.2	Создание проекта	27-4
--------	------------------	------

27.1.3	Редактирование SCL-программы	27-4
--------	------------------------------	------

27.1.4	Заполнение таблицы символов (Symbol Table)	27-5
--------	--	------

27.1.5	Компилирование SCL-программы	27-7
--------	------------------------------	------

27.1.6	Загрузка SCL-блоков	27-7
--------	---------------------	------

27.1.7	Тестирование SCL-блоков	27-7
--------	-------------------------	------

27.1.8	Адреса и типы данных	27-8
--------	----------------------	------

27.1.9	Виды типов данных (Data Type Views)	27-10
--------	-------------------------------------	-------

27.2	Адресация	27-12
------	-----------	-------

27.2.1	Абсолютная адресация	27-12
--------	----------------------	-------

27.2.2	Символьная адресация	27-13
--------	----------------------	-------

27.2.3	Косвенная адресация в SCL	27-13
--------	---------------------------	-------

27.3	Операторы	27-15
------	-----------	-------

27.4	Выражения	27-16
------	-----------	-------

27.4.1	Арифметические выражения	27-17
--------	--------------------------	-------

27.4.2	Выражения сравнения	27-17
--------	---------------------	-------

27.4.3	Логические выражения	27-19
--------	----------------------	-------

27.5	Присвоение значений	27-20
------	---------------------	-------

27.5.1	Присвоение значений в случае простых типов данных	27-20
--------	---	-------

27.5.2	Присвоение значений переменным типов DT и STRING	27-20
--------	--	-------

27.5.3	Присвоение значений структурам	27-21
--------	--------------------------------	-------

27.5.4	Присвоение значений массивам	27-21
--------	------------------------------	-------

28 Операторы управления (Control Statements) **28.1**

28.1	Оператор IF	28.1
------	-------------	------

28.2	Оператор CASE	28.3
------	---------------	------

28.3	Оператор FOR	28.4
------	--------------	------

28.4	Оператор WHILE	28.5
------	----------------	------

28.5	Оператор REPEAT	28.6
------	-----------------	------

28.6	Оператор CONTINUE	28.7
------	-------------------	------

28.7	Оператор EXIT	28.8
------	---------------	------

28.8	Оператор RETURN	28.8
28.9	Оператор GOTO	28.9
29	SCL-блоки	29-1
29.1	SCL-блоки: общая информация	29-1
29.2	Программирование SCL-блоков	29-2
29.2.1	Функции FC без возвращаемого значения функции	29-3
29.2.2	Функции FC с возвращаемым значением функции	29-3
29.2.3	Функциональный блок FB	29-4
29.2.4	Временные локальные данные	29-5
29.2.5	Статические локальные данные	29-7
29.2.6	Параметры блока	29-8
29.2.7	Формальные параметры	29-9
29.3	Вызов SCL-блоков	29-10
29.3.1	Функции FC без функционального значения	29-11
29.3.2	Функции FC с функциональным значением	29-11
29.3.3	Функциональный блок со своим собственным блоком данных	29-12
29.3.4	Функциональный блок как локальный экземпляр	29-13
29.3.5	Фактические параметры	29-14
29.4	Механизм EN/ENO	29-15
29.4.1	OK-переменная	29-15
29.4.2	Выход ENO (ENO output)	29-16
29.4.3	Вход EN (EN input)	29-17
30.	SCL-функции	30-1
30.1	Функции таймеров	30-1
30.2	Функции счетчиков	30-2
30.3	Математические функции	30-4
30.4	Функции сдвига (Shifting) и циклического сдвига (Rotating)	30-5
30.5	Функции преобразования (Conversion Functions)	30-6
30.5.1	Неявные функции преобразования (Implicit Conversion Functions)	30-7
30.5.2	Явные функции преобразования (Explicit Conversion Functions)	30-8
30.6	Программирование Ваших собственных функций на SCL	30-8
30.7	Программирование Ваших собственных функций на STL	30-13
30.8	Краткое описание примеров использования языка SCL	30-15
30.8.1	Пример "Conveyor" ("Конвейер")	30-15
30.8.2	Пример фрейма сообщения	30-16
30.8.3	Общие примеры	30-16

31	IEC-функции	31-1
31.1	Функции преобразования (Conversion Functions)	31-2
31.2	Функции сравнения (Comparison Functions)	31-4
31.3	Функции для данных типа STRING (STRING Functions)	31-8
31.4	Функции для данных типа Date/Time-of-Day (Date/Time-of-Day Functions)	31-11
31.5	Функции для обработки численных данных (Numerical Functions)	31-14
Приложения		32-1
32	S5/S7-конвертер	32-3
32.1	Общая информация	32-3
32.2	Подготовка	32-5
32.2.1	Проверка выполнимости программы в системе назначения (PLC)	32-5
32.2.2	Проверка параметров выполнения программы	32-6
32.2.3	Проверка модулей	32-8
32.2.4	Проверка адресации	32-10
32.3	Конвертирование	32-11
32.3.1	Создание макросов	32-11
32.3.2	Подготовка к конвертированию	32-13
32.3.3	Запуск конвертера	32-13
32.3.4	Конвертируемые функции	32-14
32.4	Последующее редактирование	32-17
32.4.1	Создание проекта в STEP 7	32-17
32.4.2	Неконвертируемые функции	32-18
32.4.3	Изменение адресов	32-19
32.4.4	Косвенная адресация	32-19
32.4.5	Доступ к "чрезмерно большим" блокам данных	32-21
32.4.6	Использование абсолютных адресов	32-21
32.4.7	Инициализация параметров	32-23
32.4.8	Специальные функции организационных блоков	32-23
32.4.9	Обработка ошибок	32-23
33	Библиотеки блоков	33-1
33.1	Организационные блоки (OB)	33-1
33.2	Системные функциональные блоки (SFB)	33-3
33.3	Функциональные IEC-блоки	33-9
33.4	Блоки для S5-S7-преобразования	33-11
33.5	Блоки для T1-S7-преобразования	33-15

33.6	Блоки ПИД-управления	33-16
33.7	Коммуникационные блоки	33-16
34	Общий обзор STL-инструкций	34-1
34.1	Базовые функции	34-2
34.1.1	Двоичные логические операции	34-2
34.1.2	Операции с памятью	34-3
34.1.3	Функции передачи	34-3
34.1.4	Функции таймеров	34-4
34.1.5	Функции счетчиков	34-5
34.2	Функции для обработки чисел	34-5
34.2.1	Функции сравнения	34-5
34.2.2	Математические функции	34-5
34.2.3	Арифметические функции	34-6
34.2.4	Функции преобразования	34-6
34.2.5	Функции сдвига	34-7
34.2.6	Логические функции для слов данных	34-7
34.3	Функции управления в программе	34-8
34.3.1	Функции перехода	34-8
34.3.2	Главное управляющее реле MCR	34-9
34.3.3	Функции обработки блоков	34-9
34.4	Косвенная адресация	34-10
35	Общий обзор SCL-инструкций и функций	35-1
35.1	Операторы	35-1
35.2	Управляющие операторы	35-2
35.3	Вызов блоков	35-2
35.4	Стандартные функции CSL	35-3
35.4.1	Функции таймеров	35-3
35.4.2	Функции счетчиков	35-4
35.4.3	Функции преобразования	35-5
35.4.4	Математические функции	35-6
35.4.5	Функции сдвига и циклического сдвига	35-7
	Предметный указатель	36-1
	Сокращения	37-1
	Демонстрационные программы для STEP 7	38-1