

# SIEMENS

## SIMATIC

### S7-1500

### Время цикла и время реакции системы

Руководство пользователя

Введение

---

Путеводитель по  
документации

---

1

Обработка программы

---

2

Обработка циклически  
выполняемой программы

---

3

Обработка программы,  
управляемой событием

---

4

## Информация

### Система предупредительных надписей

В данном руководстве представлены предупреждения, которые следует учитывать, чтобы обеспечить личную безопасность и предотвратить возможные повреждения имущества. Предупредительные надписи, относящиеся к личной безопасности, имеют специальный предупреждающий символ, в отличие от надписей, относящихся только к повреждению имущества. Такие предупреждения различаются по степени опасности, как указано ниже.

#### ОПАСНОСТЬ

Указывает на возможность смерти или серьезных травм, если не предприняты надлежащие меры безопасности.

#### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Указывает на возможность смерти или серьезных травм, если не предприняты надлежащие меры безопасности.

#### ВНИМАНИЕ

Указывает на возможность получения легких травм, если не предприняты надлежащие меры безопасности.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Указывает на возможность повреждения имущества, если не предприняты надлежащие меры безопасности.

При наличии более одной степени опасности используется предупредительная надпись, указывающая на максимальную степень опасности. Надпись, предупреждающая о возможности травм и имеющая соответствующий предупреждающий символ, также может указывать на возможность повреждения имущества.

### Квалифицированный персонал

Продукты и системы, описанные в настоящей документации, должны использоваться только персоналом, имеющим соответствующий уровень квалификации для выполнения конкретной задачи, в соответствии с указанными в документации предупредительными надписями и инструкциями по технике безопасности. Квалифицированный персонал – это лица, прошедшие обучение и имеющие навык определения рисков и предотвращения потенциальных опасностей при работе с такими продуктами или системами, на основании полученного профессионального опыта.

### Надлежащее использование продуктов Siemens

Следует обратить внимание на следующее:

#### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Продукты компании Siemens могут использоваться только в целях, указанных в каталоге и соответствующей технической документации. Условия применения изделий и комплектующих других производителей должны быть рекомендованы или согласованы с компанией Siemens. Для обеспечения надлежащей безопасной эксплуатации продуктов и во избежание неисправностей следует соблюдать требования к транспортировке, хранению, установке, монтажу, пуску в эксплуатацию и техническому обслуживанию. Допустимые условия внешней среды должны соответствовать изложенным в настоящем документе инструкциям. Следует соблюдать указания, приведенные в соответствующей документации.

### Торговые марки

Все названия, сопровождаемые символом ®, являются зарегистрированными торговыми знаками компании Siemens AG. Третьи лица, использующие в своих целях прочие наименования, встречающиеся в настоящем документе и относящиеся к торговым знакам, могут быть привлечены к ответственности за нарушение прав владельцев торговых знаков.

### Ответственность

Мы проверили содержание этого руководства на соответствие с описанным аппаратным и программным обеспечением. Поскольку отклонения не могут быть полностью исключены, мы не можем гарантировать полное соответствие. Однако информация данного руководства регулярно просматривается, и необходимые изменения включаются в последующие издания.

# Введение

## Назначение данной документации

Система управления поддерживает несколько вариантов выполнения программы с различными приоритетами запуска. Наиболее часто используются обработка циклически выполняемой программы и обработка программы, управляемой по времени. Таким образом, время реакции системы управления в значительной степени зависит от времени цикла обработки.

Кроме того, возможна обработка программы, управляемой событием. Обработка управляемой событием программы обычно ограничивается несколькими выбранными событиями.

Данное руководство содержит информацию по следующим темам:

- Типы обработки программы
- Приоритеты запуска
- Время цикла и время реакции системы, а также причины, оказывающие на них влияние
- Конфигурационные опции оптимизации Вашей пользовательской программы

## Необходимые базовые знания

Для понимания данной документации необходимы следующие базовые знания:

- Базовые знания по технологии автоматизации
- Знания по системе промышленной автоматизации SIMATIC
- Умение работать на компьютерах на базе операционной системы Windows
- Умение пользоваться STEP 7/TIA Portal

## Условные обозначения

STEP 7: В данной документации под термином "STEP 7" подразумевается программное обеспечение для конфигурирования и программирования "STEP 7 версии V12 (TIA Portal)" и последующие версии.

Также следует обращать особое внимание на примечания, например:

---

### Примечание

В примечаниях содержится важная информация об описываемом изделии, о работе с данным изделием или указывается раздел руководства, на который необходимо обратить особое внимание.

---

## Область применения данной документации

Данная документация в основном содержит описание влияния времени цикла и времени реакции компонентов CPU на общее время реакции системы автоматизации S7-1500. Для получения дополнительной информации о системах распределенного ввода/вывода ET 200MP и ET 200SP Вы можете использовать соответствующие ссылки.

## Дополнительная поддержка

Дополнительная информация о продуктах SIMATIC доступна в Интернет. Соответствующую документацию также можно найти в Интернете.

- Техническую документацию по отдельным продуктам SIMATIC можно найти на Интернет-странице: <http://www.siemens.com/simatic-tech-doku-portal>.
- Online-каталог и online-система оформления заказа доступны на Интернет странице: <http://mall.automation.siemens.com>.

## Замечание об информационной безопасности

Компания "Сименс" предлагает продукты автоматизации и приводов с использованием механизмов IT-безопасности, которые обеспечивают безопасное функционирование предприятий, машин и оборудования и/или сетей. Настоятельно рекомендуется регулярно проверять обновления продуктов обеспечения IT-безопасности.

Для обеспечения безопасной эксплуатации продуктов и решений необходимо принять дополнительные меры (например, концепция защиты ячеек) и интегрировать каждый компонент в комплексную систему безопасности. Также необходимо принимать во внимание использование продуктов сторонних производителей. Необходимую информацию о промышленной безопасности Вы можете найти в Интернете: <http://www.siemens.com/industrialsecurity>.

Чтобы регулярно получать информацию об обновлениях продукта, рекомендуется оформить подписку на рассылку для конкретного продукта. Более подробную информацию Вы можете найти в Интернете: <http://support.automation.siemens.com>.

# Содержание

	<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Путеводитель по документации .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Обработка программы .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Обработка циклически выполняемой программы .....</b>	<b>11</b>
3.1	Цикл .....	11
3.2	Время цикла .....	12
3.2.1	Различное время цикла .....	12
3.2.2	Факторы, влияющие на время цикла .....	16
3.2.2.1	Время обновления для образов процесса .....	16
3.2.2.2	Время обработки пользовательской программы .....	17
3.2.2.3	Увеличение времени цикла из-за коммуникационной нагрузки .....	19
3.3	Обработка управляемой по времени программы в циклических прерываниях .....	21
3.4	Время реакции при обработке программ, выполняемых циклически и управляемых по времени .....	23
3.5	Суммарное время реакции при выполнении циклических и управляемых по времени программ .....	26
<b>4</b>	<b>Обработка программы, управляемой событием .....</b>	<b>27</b>
4.1	Время реакции CPU при обработке программы, управляемой событием .....	27
4.2	Время реакции процесса при обработке программы, управляемой событием .....	29
	<b>Глоссарий .....</b>	<b>30</b>
	<b>Индекс .....</b>	<b>31</b>

## Путеводитель по документации

### Введение

Документация на изделия семейства SIMATIC имеет блочную структуру и охватывает тематику, относящуюся к Вашей системе автоматизации.

Полный комплект документации по системе S7-1500 содержит руководства пользователя, функциональные руководства и руководства на устройства.

Информационная система STEP 7 (online-справка) также поможет Вам при конфигурировании и программировании Вашей системы автоматизации.

### Обзор дополнительной документации по теме "Время цикла и время реакции системы"

В следующей таблице приведены ссылки на документы, дополняющие данное руководство по теме "Время цикла и время реакции системы".

Таблица 1-1 Документация по теме "Время цикла и время реакции системы"

Тема	Документация	Наиболее важные разделы
Описание системы	Система автоматизации S7-1500 ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59191792">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59191792</a> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проектирование приложений</li> <li>• Установка</li> <li>• Монтаж</li> <li>• Ввод в эксплуатацию</li> </ul>
	Система распределенного ввода/вывода ET 200SP ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/58649293">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/58649293</a> )	
	Система распределенного ввода/вывода ET 200MP ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193214">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193214</a> )	
CPU	Руководство по эксплуатации CPU 1511-1 PN ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/68020492">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/68020492</a> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Функциональная схема</li> <li>• Монтаж</li> <li>• Назначение параметров/адресация</li> <li>• Диагностические сообщения/прерывания</li> <li>• Технические характеристики</li> <li>• Габаритные размеры</li> </ul>
	Руководство по эксплуатации CPU 1513-1 PN ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59186494">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59186494</a> )	
	Руководство по эксплуатации CPU 1515-2 PN ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/81162167">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/81162167</a> )	

Тема	Документация	Наиболее важные разделы
	Руководство по эксплуатации CPU 1516-3 PN/DP <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59191914">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59191914</a>	
	Руководство по эксплуатации CPU 1518-4 PN/DP <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/81164632">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/81164632</a>	
Изохронный режим для PROFINET	Руководство пользователя PROFINET со STEP 7 V13 <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/49948856">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/49948856</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Изохронный режим для PROFINET</li> <li>Инструкции "SYNC_PI" и "SYNC_PO"</li> </ul>
Изохронный режим для PROFIBUS	Руководство пользователя PROFIBUS со STEP 7 V13 <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193579">http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193579</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Изохронный режим для PROFIBUS</li> <li>Инструкции "SYNC_PI" и "SYNC_PO"</li> </ul>

## Руководства по эксплуатации SIMATIC

Последние версии руководств по эксплуатации продуктов SIMATIC доступны на Интернет-странице: <http://www.siemens.com/automation/service&support>.

# Обработка программы

## Введение

Обычно вызов пользовательской программы происходит в циклически выполняемом ОВ, как правило, это ОВ 1. При использовании сложных приложений проблемы в основном возникают с реализацией необходимого времени реакции системы, управляемой приложением. Обычно проблемы с реализацией времени реакции системы решаются разделением пользовательской программы на несколько частей с различными требованиями к времени реакции. Для этой цели CPU содержит различные типы ОВ, свойства которых (приоритет, частота и т.д.) могут быть адаптированы к решению конкретных задач.

## Организация программы

Вы можете выбрать один из следующих типов обработки пользовательской программы:

### **Обработка в программе, циклически выполняемой в CPU:**

В простейшем случае, обработка пользовательской программы выполняется в программе, циклически выполняемой в CPU. Все задачи пользовательской программы будут выполняться с одинаковым приоритетом. Следовательно, время реакции системы для всех задач будет одинаковым.

В дополнение к обработке программы в циклически выполняемой программе, ниже рассматриваются обработка программы, управляемой по времени, и обработка программы, управляемой по событию.

### **Обработка программы, управляемой по времени:**

В сложной пользовательской программе часто встречаются участки с различными требованиями к времени реакции системы. Используя эти различия в требованиях, Вы можете оптимизировать время реакции системы. Для этого Вы можете перемещать части программы с высокими требованиями к времени реакции системы в высокоприоритетные ОВ с коротким временем цикла, например, в ОВ обработки циклических прерываний.

Обработка этих частей программы может выполняться с различной частотой и различным приоритетом.

### **Обработка программы, управляемой по событию:**

В зависимости от используемых модулей ввода/вывода, Вы можете конфигурировать аппаратные прерывания при возникновении специфических процессных событий (например, при изменении фронта сигнала на дискретном входе) в вызове соответствующего ОВ обработки аппаратного прерывания. Аппаратные прерывания обладают высоким приоритетом и прерывают циклическое выполнение программы в CPU. Очень короткого времени реакции в CPU Вы можете достигнуть с помощью аппаратных прерываний, инициирующих непосредственное выполнение программы.

Имейте в виду, что при интенсивном использовании аппаратных прерываний временные характеристики Вашего приложения становятся менее предсказуемыми. Причина в том, что интервалы времени, в течение которых происходят инициирующие события, могут привести к резкому различию в значениях времени реакции.

**Совет:** Используйте аппаратные прерывания только для небольшого количества выбранных событий.



## Использование разделов образа процесса

Если обработка программы распределена между различными ОВ, например, из-за различных требований к времени реакции системы, то желательно и, как правило, необходимо выполнять обновление используемых данных ввода/вывода непосредственно этими ОВ. В этом случае Вы можете использовать разделы образа процесса.

Ваш набор входных и выходных данных в разделе образа процесса соответствует данным, используемым в программе, и данным, назначенным соответствующему ОВ.

Время реакции системы должно быть оптимизировано таким образом, чтобы обновление информации используемых модулей ввода/вывода было синхронизировано непосредственно с их обработкой в программе.

Раздел образа процесса входов (PIPI) позволяет обновлять входные данные, соответствующие программе ОВ, непосредственно перед запуском ОВ обработки программы.

Раздел образа процесса выходов (PIPQ) позволяет выводить выходные данные, соответствующие программе ОВ, на выходы непосредственно после запуска ОВ обработки программы.

В Вашем распоряжении есть 32 (0 ... 31) раздела образа процесса. По умолчанию, раздел образа процесса, назначенный вводу/выводу имеет обозначение 0 (настройка: "Automatic updating" (Автоматическое обновление)). Раздел 0 образа процесса непосредственно назначается циклической обработке.

Вам необходимо сконфигурировать это "системное обновление разделов образа процесса". Дополнительную информацию о конфигурировании разделов образа процесса Вы можете найти в online-справке STEP 7, используя для поиска "Assign process image/process image partition" (Назначение образа процесса/раздела образа процесса).

## Возможность работы в режиме прерывания запущенной программы

Каждый организационный блок обрабатывается со своим приоритетом. Для большинства организационных блоков Вы можете настроить приоритет в соответствии с требованиями к времени реакции системы.

Все циклически выполняемые ОВ всегда обладают низшим приоритетом 1. Наивысший приоритет соответствует 26.

Коммуникационные задачи всегда имеют приоритет 15. Если необходимо, Вы можете изменить приоритет блоков и установить приоритет выше, чем у коммуникационных задач.

Организационные блоки или системные задания с приоритетами, более высокими, чем текущие обрабатываемые операционной системой, будут приостанавливать их обработку и, следовательно, увеличивать время выполнения прерванных заданий и блоков. Если две одинаковые задачи имеют одинаковый приоритет, то эти задачи будут обработаны в порядке их поступления.

---

### Примечание

#### Организационные блоки с высоким приоритетом

Коммуникационные возможности сильно зависят от количества ОВ, запущенных в рабочем цикле, с приоритетом > 15.

При использовании ОВ, имеющих приоритет > 15, Вам необходимо учитывать загрузку рабочего цикла для обеспечения необходимого уровня выполнения коммуникационных задач.

## Ссылка

Дополнительную информацию по вопросу о приоритетах Вы найдете в главе "Events and OBs" (События и организационные блоки) руководства по системе автоматизации S7-1500 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59191792>).

## Обработка циклически выполняемой программы

### 3.1 Цикл

#### Введение

В этой главе Вы узнаете о понятии "Цикл".

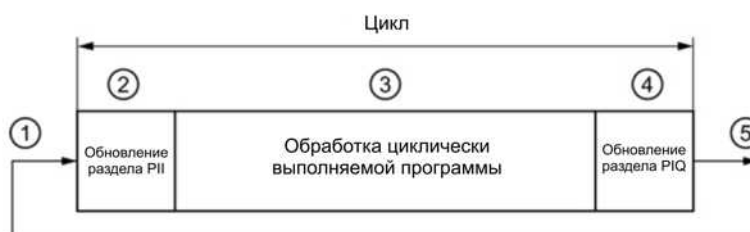
#### Определение цикла

В системе автоматизации S7-1500 понятие "Цикл" охватывает следующее:

- Обновление раздела 0 образа процесса входов (PIPI 0)
- Обработка циклически выполняемой программы
- Обновление раздела 0 образа процесса выходов (PIPQ 0)

Раздел 0 образа процесса непосредственно назначается циклической обработке. Для данного раздела образа процесса назначение адресов ввода/вывода выполняется с помощью настройки "Automatic updating" (Автоматическое обновление) (по умолчанию) в HW Config (TIA Portal) для модулей ввода/вывода.

На нижнем рисунке приведены этапы, выполняемые во время цикла:



- ① Операционная система запускает измерение времени цикла.
- ② CPU считывает состояние входов модулей ввода и записывает входные данные в раздел образа процесса входов.
- ③ CPU обрабатывает пользовательскую программу и выполняет инструкции, указанные в программе.
- ④ CPU записывает состояния из образа процесса выходов в модули вывода.
- ⑤ Операционная система оценивает измеренное время цикла и вновь запускает процесс измерения.

Рисунок 3-1 Цикл

## 3.2 Время цикла

### Введение

В данной главе Вы узнаете о понятии "Время цикла" и как выполнять оценку времени цикла.

### Определение времени цикла

Время цикла - это время, необходимое CPU для выполнения циклической программы, для обновления образов процессов входов и выходов, а также для всех частей программы и системных служб, которые вызывают прерывание данного цикла.

### 3.2.1 Различное время цикла

#### Введение

Значения времени, измеренного для каждого из циклов, ( $T_{\text{сyc}}$ ) различны, т.к. время обработки программы может меняться. Причинами этого могут быть, например:

- Запуск выполнения различных программ  
(например, циклы в программе, условное выполнения команд, условный вызов блоков или различные способы выполнения программы)
- Увеличение времени цикла из-за прерываний  
(например, обработка управляемого по времени прерывания, обработка аппаратных прерываний или коммуникации)

### Причины различных значений времени цикла

Время цикла  $T_{\text{сyc2}}$  больше времени цикла  $T_{\text{сyc1}}$ , т.к. в данном примере циклически выполняемая программа прервана ОВ обработки циклического прерывания (например: ОВ 30). В свою очередь, ОВ обработки циклического прерывания прерывается запуском коммуникации.

На рисунке показаны различия во времени циклов  $T_{\text{сyc1}}$  и  $T_{\text{сyc2}}$ .

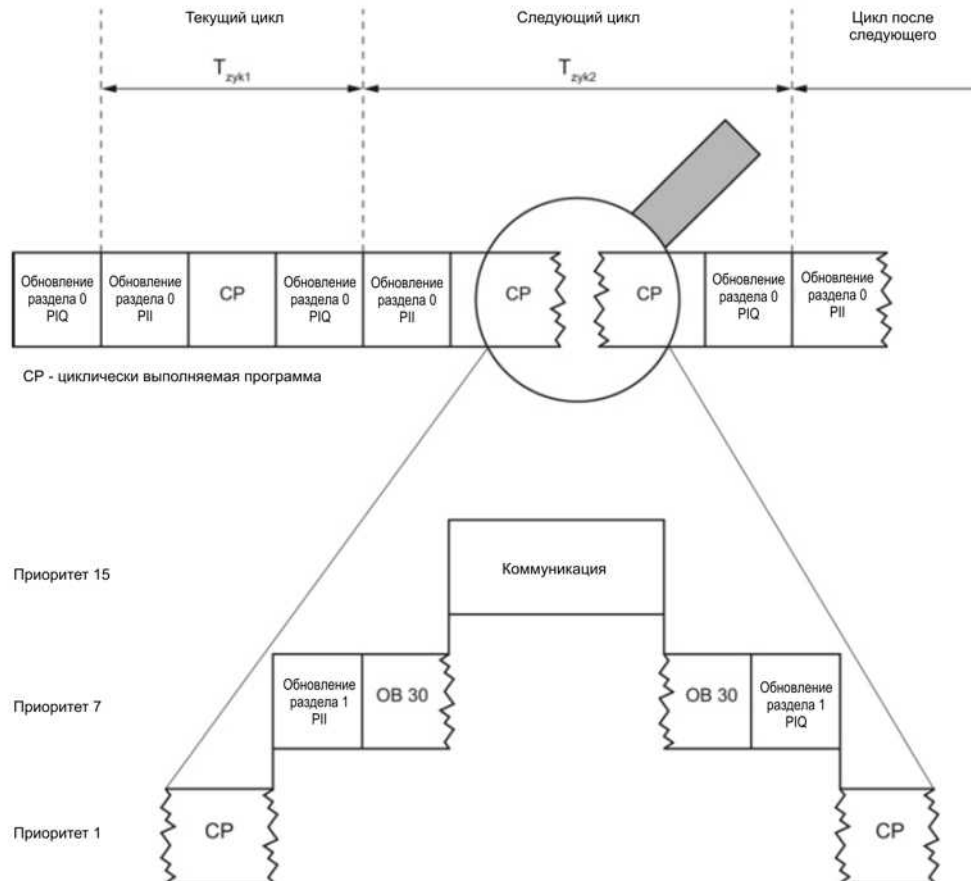


Рисунок 3-2 Возможные причины различного времени циклов

### Минимальное время цикла

В STEP 7 Вы можете устанавливать минимальное время цикла для CPU. По умолчанию минимальное время цикла составляет 1 миллисекунду. Данное значение целесообразно изменить в сторону увеличения в следующих случаях:

- Для уменьшения диапазона случайных отклонений времени цикла.
- Чтобы оставшееся машинное время было доступно для решения задач коммуникации.

### Максимальное время цикла

Контроль времени цикла осуществляется CPU. По умолчанию максимальное время цикла составляет 150 мс. Это значение может быть изменено при настройке параметров CPU. Если время цикла превышает максимальное значение, то вызывается OB обработки ошибки (OB 80).

С помощью инструкции "RE\_TRIGR" Вы можете перезапустить контроль максимального времени цикла "RE\_TRIGR", таким образом увеличивая его.

С помощью пользовательской программы в OB 80 Вы можете задать реакцию CPU на ошибку времени цикла. При возникновении следующих условий CPU переходит в режим STOP.

- Если Вы не загрузили OB 80.
- Если цикл остается незавершенным после увеличения максимального времени цикла.

Помните, что время цикла увеличивается на время прерывания, как показано на предыдущем рисунке.

### Статистические данные времени цикла

В STEP 7 и TIA Portal с помощью инструкции "RT\_INFO" Вы можете посмотреть статистические данные времени цикла и определить минимальное и максимальное время цикла. Эта информация необходима Вам для задания времени реакции пользовательской программы на ошибку превышения времени цикла.

Для просмотра статистических данных времени цикла выполните следующие шаги:

1. Установите online-подключение в TIA Portal.
2. Выберите карту задач "Online tools" (Online-инструменты), расположенную справа.

Результат: Статистические данные времени цикла будут отображаться в окне "Cycle time" в виде диаграммы.

На следующем рисунке приведены статистические данные времени цикла, взятые из TIA Portal. В данном примере - это диапазон значений времени цикла от 7 мс до 12 мс. Текущее значение времени цикла - 10 мс. Максимальное время цикла для данного примера может составлять 40 мс.

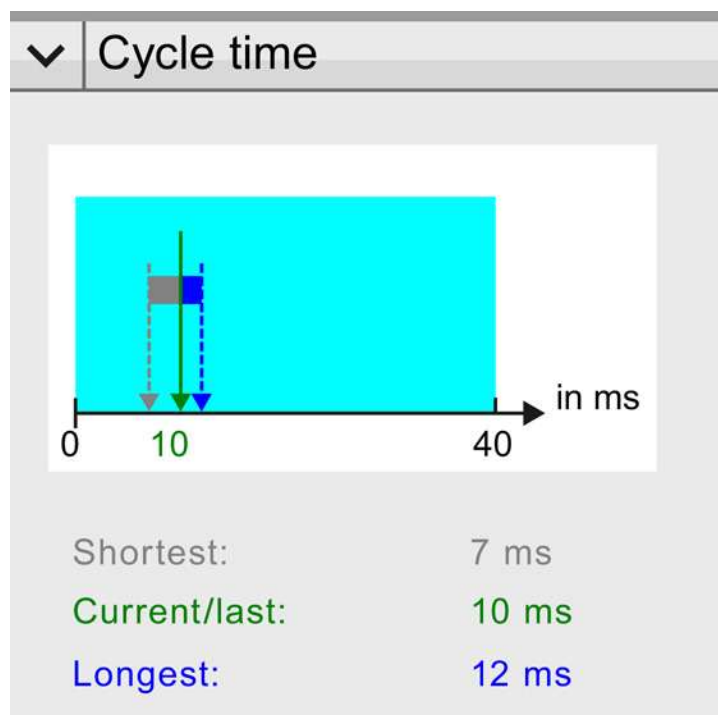


Рисунок 3-3 Статистические данные времени цикла

С помощью инструкции "RT\_INFO" в пользовательской программе Вы можете посмотреть дополнительную информацию о характеристиках рабочего цикла CPU. Вы можете считать коэффициент использования CPU (в процентах) программой управления и коммуникацией, а также статистические данные рабочего цикла отдельных организационных блоков.

### Ссылка

Дополнительную информацию об инструкции "RT\_INFO" Вы найдете в online-справке STEP 7.

## 3.2.2 Факторы, влияющие на время цикла

### 3.2.2.1 Время обновления для образов процесса

#### Введение

В этой главе вы узнаете, как можно оценить время обновления разделов образа процесса.

#### Время обновления для разделов образа процесса

Время обновления разделов образа процесса зависит от количества данных, назначаемых модулям централизованной и распределенной периферии.

Время обновления Вы можете оценить с помощью следующей формулы:

Базовая нагрузка на обновление образа процесса:

- + Количество слов в образе процесса x время копирования для модулей централизованной периферии
- + Количество слов в образе процесса через DP x время копирования для PROFIBUS I/O
- + Количество слов в образе процесса через PROFINET x время копирования для PROFINET I/O

---

**= Время обновления раздела образа процесса**

Приведенная ниже таблица содержит данные для оценки стандартного времени обновления разделов образа процесса.

Таблица 3- 1 Данные для оценки стандартного времени обновления разделов образа процесса

Компоненты	Время обновления CPU				
	1511-1 PN	1513-1 PN	1515-2 PN	1516-3 PN/DP	1518-4 PN/DP
Базовая нагрузка на обновление образа процесса	35 мкс	35 мкс	30 мкс	30 мкс	5 мкс
Время копирования для модулей централизованной периферии	9 мкс/слово	9 мкс/слово	8 мкс/слово	8 мкс/слово	4 мкс/слово
Время копирования для модулей распределенной периферии через PROFIBUS	0.5 мкс/слово	0.5 мкс/слово	0.5 мкс/слово	0.5 мкс/слово	0.3 мкс/слово
Время копирования для модулей распределенной периферии через PROFINET	0.5 мкс/слово	0.5 мкс/слово	0.5 мкс/слово	0.5 мкс/слово	0.3 мкс/слово



### 3.2.2.2 Время обработки пользовательской программы

#### Введение

Организационные блоки или системные задания с приоритетами, более высокими, чем текущие обрабатываемые операционной системой, будут приостанавливать их обработку и, следовательно, время выполнения организационных блоков и системных заданий с низким приоритетом будет увеличиваться.

#### Время выполнения программы без прерываний

Если нет прерываний, то выполнение пользовательской программы занимает определенное время цикла. Время выполнения зависит от количества операций, запущенных в пользовательской программе.

В следующей таблице приведены значения времени, необходимого для выполнения конкретных инструкций.

Таблица 3-2 Время выполнения инструкций

CPU	1511-1 PN	1513-1 PN	1515-2 PN	1516-3 PN/DP	1518-4 PN/DP
Битовые инструкции	60 нс	40 нс	30 нс	10 нс	1 нс
Инструкции со словами	72 нс	48 нс	36 нс	12 нс	2 нс
Математика с целыми числами	96 нс	64 нс	48 нс	16 нс	2 нс
Математика с плавающей точкой	384 нс	256 нс	192 нс	64 нс	6 нс

#### Примечание

##### Инструкция "RUNTIME"

С помощью инструкции "RUNTIME" Вы можете измерить время выполнения управляющей программы.

**Увеличение времени цикла из-за вставки высокоприоритетных ОВ и/или прерываний**

Прерывание пользовательской программы выполнением высокоприоритетных ОВ приводит к увеличению основного времени цикла. Данное увеличение основного времени цикла необходимо учитывать в дополнение к времени обновления назначенных разделов образа процесса и времени обработки пользовательской программы. Приведенная ниже таблица содержит значения времени, соответствующие различным прерываниям и событиям, вызывающим ошибки.

Таблица 3-3 Влияние прерываний на увеличение основного времени цикла

<b>CPU</b>	<b>1511-1 PN</b>	<b>1513-1 PN</b>	<b>1515-2 PN</b>	<b>1516-3 PN/DP</b>	<b>1518-4 PN/DP</b>
Аппаратное прерывание	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс
Прерывание по времени дня	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс
Прерывание с задержкой	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс
Циклическое прерывание	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс

Таблица 3-4 Влияние ОВ обработки ошибки на увеличение основного времени цикла

<b>CPU</b>	<b>1511-1 PN</b>	<b>1513-1 PN</b>	<b>1515-2 PN</b>	<b>1516-3 PN/DP</b>	<b>1518-4 PN/DP</b>
Ошибка программирования	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс
Ошибка доступа к периферии	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс
Ошибка времени	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс
Диагностическое прерывание	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс
Неисправность модуля/восстановление	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс
Режим STOP CPU/восстановление	90 мкс	90 мкс	80 мкс	80 мкс	12 мкс

**Ссылка**

Дополнительную информацию по вопросу обработки ошибок Вы найдете в системном руководстве для системы автоматизации S7-1500 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59191792>) в разделе "Events and OBs" (События и организационные блоки).

### 3.2.2.3 Увеличение времени цикла из-за коммуникационной нагрузки

#### Последствия коммуникации на время цикла

В последовательной модели CPU коммуникационные задачи обрабатываются с приоритетом 15. Коммуникация не оказывает влияния на части программы, выполняемые с приоритетом > 15.

#### Конфигурирование коммуникационной нагрузки

Операционная система CPU может использовать часть своих вычислительных ресурсов (в процентах) на решение коммуникационных задач. По умолчанию настройка коммуникационной нагрузки в TIA Portal для системы автоматизации S7-1500 составляет 50%. Если нет необходимости в выделении вычислительных ресурсов для коммуникации, то они могут быть распределены между операционной системой и пользовательской программой.

Время, необходимое на обработку коммуникации, выделяется с приращением в 1 мс и приоритетом 15. При 50%-й коммуникационной нагрузке 500 мкс из каждой 1 миллисекунды времени цикла используются на коммуникацию.

Для оценки влияния коммуникации на время цикла можно использовать следующую формулу:

$$\text{Фактическое время цикла} = \frac{\text{Время цикла без коммуникации} \times 100}{100 - \text{«Сконфигурированная коммуникационная нагрузка в \%»}}$$

Рисунок 3-4      Формула: Влияние коммуникационной нагрузки на время цикла

При выделении на коммуникацию 50% (по умолчанию) от всех вычислительных ресурсов, значение времени цикла будет следующим:

$$\text{Фактическое время цикла} = \text{Время цикла без коммуникации} \times 2$$

Рисунок 3-5      Увеличение времени цикла из-за коммуникационной нагрузки

При выделении на коммуникацию 50% (по умолчанию) от всех вычислительных ресурсов, значение времени цикла увеличится в 2 раза.

### Зависимость максимального времени цикла от сконфигурированной коммуникационной нагрузки

На диаграмме показана нелинейная зависимость максимального времени цикла от сконфигурированной коммуникационной нагрузки с "чистым" временем цикла 10 мс, т.е. без прерываний.

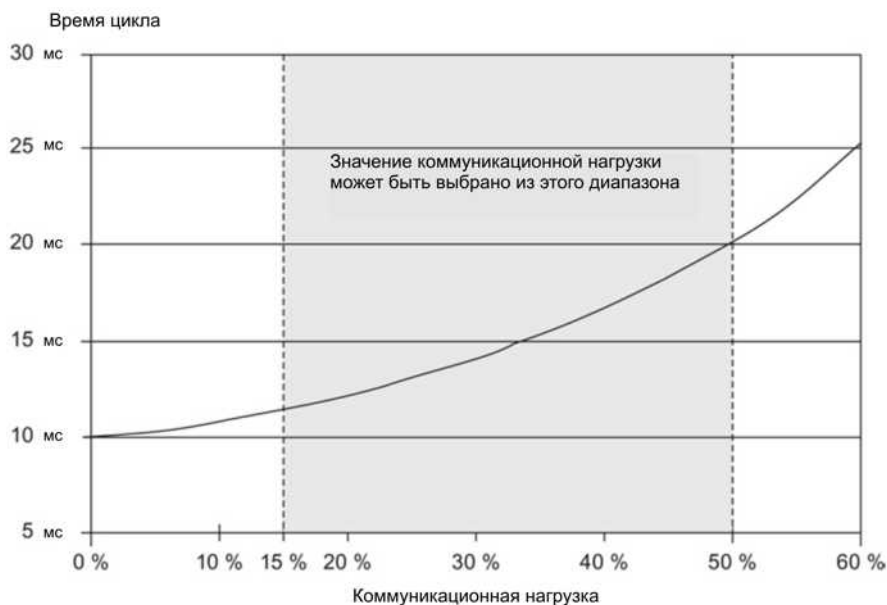


Рисунок 3-6 Зависимость максимального времени цикла от коммуникационной нагрузки

Влияние коммуникационной нагрузки на время обработки применимо ко всем организационным блокам с приоритетом  $\leq 15$ .

### Сокращение времени цикла за счет уменьшения коммуникационной нагрузки

В аппаратной конфигурации Вы можете изменить настройки для коммуникационной нагрузки в сторону уменьшения. Например, если для коммуникационной нагрузки Вы выбрали значение 20%, вместо 50% по умолчанию, то время цикла будет уменьшено с 2 x время цикла без коммуникации до 1.25 x время цикла с коммуникацией.

### Влияние на текущее время цикла

Коммуникация - единственная причина для увеличения времени цикла. Увеличение времени цикла приводит к тому, что в течение цикла может произойти все больше асинхронных событий, дополнительно увеличивающих время выполнения циклической программы. Увеличение времени цикла зависит от количества событий, происходящих в циклически выполняемой программе, и времени, необходимого для обработки этих событий.

---

#### Примечание

##### Проверка изменений в параметрах

- Во время эксплуатации системы проверьте влияние изменения значения параметра "Cycle load due to communication" (Циклическая нагрузка на коммуникации).
  - Во избежание временных ошибок, при установке максимального времени цикла необходимо учитывать коммуникационную нагрузку.
- 

### Рекомендации

Если возможно, то при конфигурировании коммуникационной нагрузки используйте значения по умолчанию.

Если Вы уменьшаете коммуникационную нагрузку, то помните, что коммуникационные задачи прерываются высоко-приоритетными организационными блоками. Это означает, что для обработки коммуникации необходимо большее время.

## 3.3 Обработка управляемой по времени программы в циклических прерываниях

С помощью циклического прерывания Вы можете в заданном цикле выполнять обработку части программы. Эта программа запускается с высоким приоритетом (назначается пользователем) и, таким образом, не зависит от времени выполнения циклической программы.

Совет: Переноса разделы программы в циклические прерывания, Вы можете уменьшить соответствующее время реакции или лучше адаптировать ее к Вашим требованиям.

В STEP 7, для обработки циклических прерываний используются организационные блоки с ОВ 30 по ОВ 38. Дополнительные циклические прерывания Вы можете создавать, начиная с организационного блока ОВ 123. Количество доступных организационных блоков зависит от используемого CPU.

### Определение

Циклическое прерывание - это прерывание, запускаемое в соответствии с заданным циклом, в котором вызывается ОВ обработки циклического прерывания.

### Цикл циклического прерывания

Цикл циклического прерывания представляет собой интервал времени с момента вызова ОВ обработки циклического прерывания до следующего вызова ОВ обработки циклического прерывания.

На следующем рисунке приведен пример цикла циклического прерывания



Рисунок 3-7 Интервал вызова циклического прерывания

### Погрешность циклического прерывания

Если обработка циклического прерывания не задерживается выполнением высоко-приоритетного ОВ или коммуникационными задачами, то, в зависимости от системы, заданная погрешность, тем не менее, может изменяться в ту или другую сторону.

В следующей таблице приведены значения погрешности вызова циклического прерывания:

Таблица 3-5 Погрешность циклических прерываний

СРУ	1511-1 PN	1513-1 PN	1515-2 PN	1516-3 PN/DP	1518-4 PN/DP
Циклическое прерывание	±90 мкс	±90 мкс	±80 мкс	±80 мкс	±25 мкс

## 3.4 Время реакции при обработке программ, выполняемых циклически и управляемых по времени

### Введение

В данной главе Вы изучите понятие "время реакции" и научитесь рассчитывать это время реакции.

### Описание

В случае использования циклически выполняемой или управляемой по времени программы время реакции - это время между обнаружением входного сигнала и изменением сигнала на выходе, управляемом программой.

### Нестабильность времени реакции CPU

Фактическое время реакции CPU для циклически выполняемой программы может занимать от одного до двух циклов программы, а при выполнении управляемой по времени программы - от одного до двух циклов циклических прерываний.

При конфигурировании системы всегда необходимо учитывать максимальное время реакции.

На следующем рисунке показаны наименьшее и наибольшее время реакции CPU на событие.

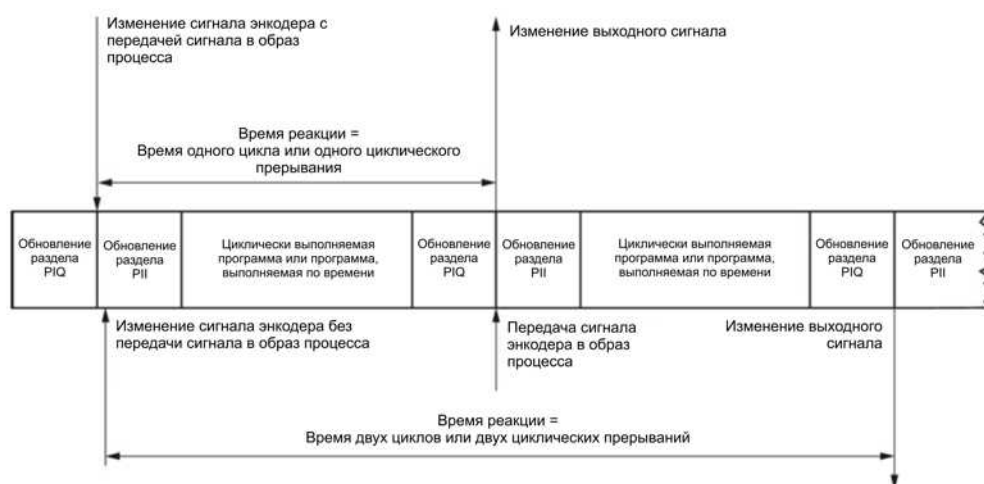


Рисунок 3-8 Наименьшее и наибольшее время реакции CPU

### Факторы

Для определения времени реакции процесса Вы должны учитывать следующие факторы в дополнение к описанному выше времени реакции CPU:

- Время задержки на входах и выходах модулей ввода/вывода
- Время обновления для PROFINET IO или DP времени цикла на PROFIBUS DP
- Время коммутации используемых датчиков и исполнительных устройств

### Время задержки на входах и выходах модулей

Задержка времени реакции происходит на входах и выходах модулей, а также в результате задержек сигнала внутри модулей (например, интерфейсных модулей).

Значения времени задержки и времени цикла Вы найдете в технических характеристиках на модули ввода/вывода.

### Время обновления для распределенного ввода/вывода

При использовании распределенного ввода/вывода, максимальное время реакции также распространяется и на время передачи по шине PROFIBUS или PROFINET. Время передачи по шине - это время, необходимое для считывания и вывода частей образа процесса. Время передачи по шине соответствует времени обновления шинного цикла распределенной периферии.

#### PROFINET IO

Если для конфигурирования PROFINET IO системы Вы используете STEP 7, то STEP 7 рассчитывает время обновления. Выберите PROFINET-интерфейс модуля ввода/вывода. На вкладке "General" (Основная информация) выберите "Advanced options > Real time settings > I/O cycle" (Расширенные опции > Настройка реального времени > Цикл ввода/вывода). Значение времени обновления будет отображаться в поле "Update time".

#### PROFIBUS DP

Если для конфигурирования PROFIBUS DP мастер-системы Вы используете STEP 7, то STEP 7 рассчитывает время DP-цикла. В окне отображения сети (network view) выберите сегмент PROFIBUS. В окне контроля (Inspector window) перейдите к параметрам шины на вкладке "General". Время DP-цикла, как правило, отображается как "Ttr typical" в поле "Parameters" (Параметры).

На следующем рисунке показано дополнительное время шинного цикла, используемого распределенным вводом/выводом.

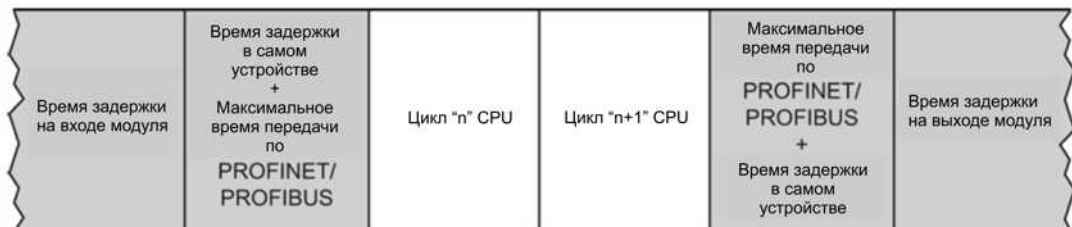


Рисунок 3-9 Дополнительное время исполнения при использовании распределенной периферии

Используя изохронный режим, Вы можете добиться дополнительной оптимизации времени реакции.



## Ссылки

Дополнительную информацию можно найти, перейдя по следующим ссылкам:

- Инструмент для расчета времени реакции на PROFINET (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/21869080>)
- Инструмент для расчета времени реакции на PROFIBUS (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/21178141>)
- Значения времени передачи и изохронный режим в функциональном руководстве по PROFINET со STEP 7 V13 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/49948856>); обратите внимание на раздел "Tips on assembly" (Рекомендации по сборке)
- Значения времени передачи и изохронный режим в функциональном руководстве по PROFIBUS со STEP 7 V13 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59193579>); обратите внимание на раздел "Network settings" (Настройки сети)
- Значение времени задержки на входе или выходе модулей Вы найдете в руководстве на соответствующее устройство.
- Значения времени задержки в самом устройстве Вы найдете в руководстве по системам распределенного ввода/вывода ET 200MP и ET 200SP.

### 3.5 Суммарное время реакции при выполнении циклических и управляемых по времени программ

#### Оценка наименьшего и наибольшего времени реакции

Для оценки наименьшего и наибольшего времени реакции могут быть использованы следующие формулы

#### Оценка наименьшего времени реакции

Наименьшее время реакции - это сумма:

- 1 x время задержки на входах модуля ввода/вывода
- + 1 x (время обновления PROFINET IO или PROFIBUS DP)\*
- + 1 x время передачи образа процесса входов
- + 1 x время обработки пользовательской программы
- + 1 x время передачи образа процесса выходов
- + 1 x (время обновления PROFINET IO или PROFIBUS DP)\*
- + 1 x время задержки на выходах модуля ввода/вывода

---

\_\_\_\_\_ = **Наименьшее время реакции**

\* Время зависит от конфигурации и протяженности сети.

Наименьшее время реакции - это сумма времени цикла плюс время задержки на входах и выходах.

#### Оценка наибольшего времени реакции

Наибольшее время реакции состоит из:

- 1 x время задержки на входах модуля ввода/вывода
- + 2 x (время обновления PROFINET IO или PROFIBUS DP)\*
- + 2 x время передачи образа процесса входов
- + 2 x 1 x время обработки пользовательской программы
- + 2 x время передачи образа процесса выходов
- + 2 x (время обновления PROFINET IO или PROFIBUS DP)\*
- + 1 x время задержки на выходах модуля ввода/вывода

---

\_\_\_\_\_ = **Наибольшее время реакции**

\* Время зависит от конфигурации и протяженности сети.

Наибольшее время реакции - это сумма удвоенных значений времени цикла плюс время задержки на входах и выходах. Наибольшее время реакции включает в себя удвоенное значение времени обновления для PROFINET IO или удвоенное значение времени DP-цикла на PROFIBUS DP.

## Обработка программы, управляемой событием

### 4.1 Время реакции CPU при обработке программы, управляемой событием

#### Введение

Для обнаружения событий непосредственно при обработке пользовательской программы и для реагирования на них с помощью соответствующей программы, используются аппаратные прерывания. В STEP 7 для обработки аппаратных прерываний используются организационные блоки с ОВ 40 по ОВ 47. Вы можете создавать дополнительные аппаратные прерывания, начиная с организационного блока ОВ 123. Количество доступных организационных блоков зависит от используемого CPU.

#### Определение

Аппаратное прерывание - это прерывание, которое происходит во время выполнения программы из-за события, вызвавшего прерывание. Операционная система вызывает назначенный ОВ обработки прерывания; в результате прерывается выполнение циклической программы или частей программы с низким приоритетом.

#### Время реакции CPU на прерывание

Время реакции CPU на прерывание начинается с события в CPU, вызвавшего аппаратное прерывание, и завершается запуском назначенного ОВ обработки прерывания.

Значения этого времени - следствие отклонений, свойственных системе, и представляют собой минимальное и максимальное время реакции на прерывание.

В следующей таблице приведены значения времени реакции CPU для аппаратных прерываний.

Таблица 4-1 Значения времени реакции CPU на аппаратные прерывания

CPU		1511-1 PN	1513-1 PN	1515-2 PN	1516-3 PN/DP	1518-4 PN/DP
Время реакции на прерывание	мин.	100 мкс	100 мкс	90 мкс	90 мкс	20 мкс
	макс.	400 мкс	400 мкс	360 мкс	360 мкс	90 мкс

Помните, что значения времени увеличиваются, если высокоприоритетные прерывания ставятся в очередь для обработки, и если ОВ обработки аппаратного прерывания назначается разделу образа процесса. Эти значения времени Вы найдете в таблице на странице 18.

### **Влияние коммуникации на прерывания**

Коммуникационные задачи всегда обрабатываются CPU с приоритетом 15. Если Вы не хотите, чтобы обработка прерываний была задержана или прервана коммуникацией, то сконфигурируйте приоритет обработки прерываний > 15. Настройка по умолчанию для приоритета обработки прерываний - 16.

### **Ссылка**

Дополнительную информацию о количестве доступных организационных блоков в системе автоматизации S7-1500 Вы найдете в системном руководстве (<http://support.automation.siemens.com/WWW/view/en/59191792>) в главе "Events and OBs" (События и организационные блоки).

Дополнительную информацию по теме "Конфигурирование аппаратных прерываний" Вы найдете в online-справке STEP 7.

### **Смотрите также**

Время обработки пользовательской программы (стр. 17)

## 4.2 Время реакции процесса при обработке программы, управляемой событием

При обработке программы, управляемой событием, время реакции процесса определяется следующим:

- Временем задержки на входах и выходах используемых модулей
- Временем обновления для PROFIBUS/PROFINET, если используются модули распределенной периферии
- Временем реакции CPU на прерывание
- Рабочим циклом ОВ обработки прерывания, включая время обновления раздела образа процесса

На следующем рисунке показаны отдельные шаги обработки программы, управляемой событием

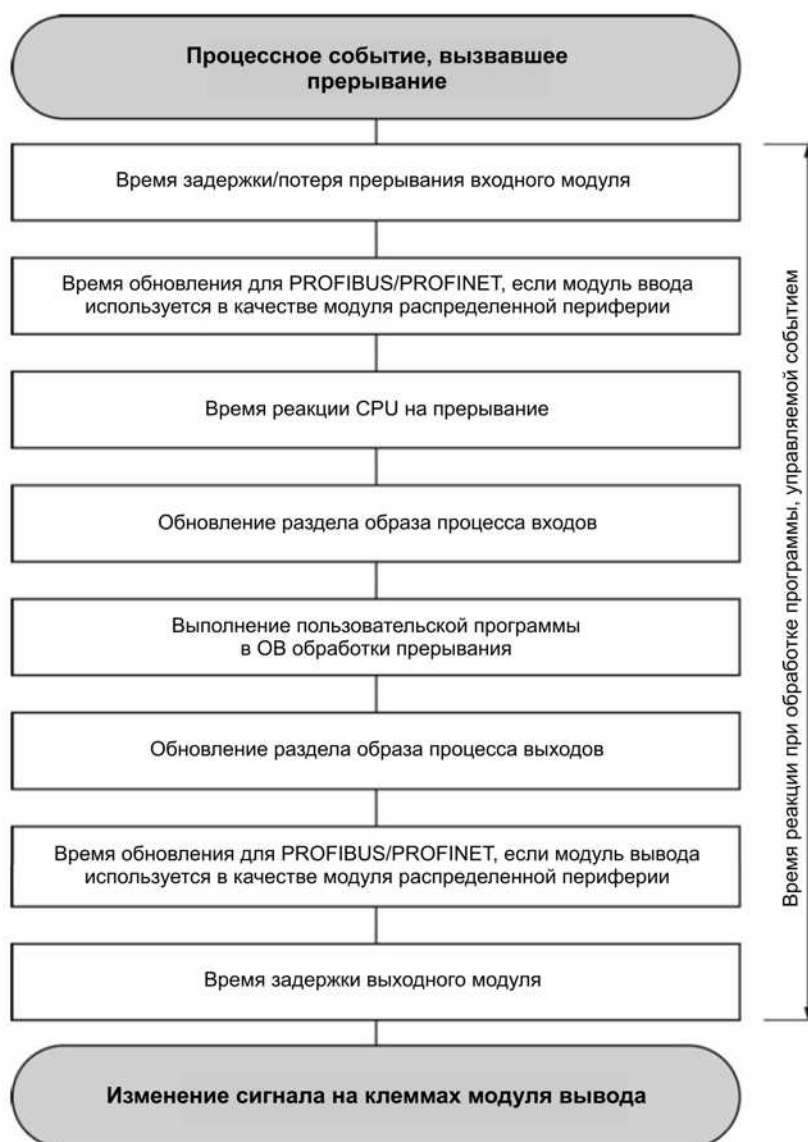


Рисунок 4-1 Схематичное представление обработки программы, управляемой событием

# Глоссарий

## Автоматизированная система

В контексте SIMATIC S7 под автоматизированной системой подразумевается программируемый логический контроллер.

## Аппаратное прерывание

Аппаратное прерывание запускается модулями, вызывающими прерывание, при возникновении специфического события во время обработки. Аппаратное прерывание передается в CPU. Назначенный организационный блок обрабатывается в соответствии с приоритетом прерывания.

## Время цикла

Время цикла - это время, необходимое CPU для однократной обработки пользовательской программы.

## Диагностическое прерывание

Модули, поддерживающие диагностические инструкции, посредством диагностических прерываний передают CPU информацию об обнаруженных системных ошибках.

## Прерывание

Операционная система CPU учитывает отличия между различными классами приоритетов управления обработкой пользовательской программы. Эти классы приоритетов включают в себя прерывания, например, аппаратные прерывания. При возникновении прерываний операционная система автоматически вызывает назначенный организационный блок, в котором обрабатывается программа пользователя с необходимой реакцией на событие, вызвавшее прерывание.

## Образ процесса

Образ процесса - это часть системной памяти CPU. В начале циклического выполнения программы состояния сигналов на входах модулей передаются в образ процесса входов. В конце циклического выполнения программы образ процесса выходов передается в виде состояний сигналов на выходах модулей.

## Циклическое прерывание

Циклическое прерывание - это прерывание, периодически генерируемое CPU в течение конфигурируемого интервала времени. Время, соответствующее обработке организационного блока.

# Индекс

## О

ОВ обработки ошибки  
Увеличение основного времени, 18

## А

Аппаратное прерывание, 27

## В

Возможность работы в режиме прерывания, 9

Время выполнения одной операции, 17, 18

Время выполнения программы  
Без прерывания, 17

Влияние коммуникации на прерывания, 28

Время реакции  
Время обновления, 24  
Описание, 23

Время реакции CPU на прерывание, 27

Время реакции CPU, 23  
Отклонения, 23

Время цикла, 12  
Раздел образа процесса, 16  
Различное время цикла, 13  
Обновление, 16  
Описание, 12

## К

Коммуникация  
Прерывания, 28  
Коммуникационная нагрузка, 19

## М

Максимальное время цикла, 14  
Минимальное время цикла, 13

## О

Обработка  
Управляемая событием, 8  
Обработка программы, 8  
Обработка циклически выполняемой программы, 8  
Организация программы, 8

## П

Прерывание  
Увеличение основного времени, 18

## Р

Разделы образа процесса, 9

## С

Статистические данные времени цикла, 15

## Ц

Цикл, 11  
Описание, 11  
Циклическое прерывание, 22  
Описание, 21  
Точность, 22