

Состояния и режимы работы системы

S7-400H

5

Эта глава дает введение в тематику отказоустойчивых систем S7-400H.

Вы познакомитесь с основными понятиями, которые используются при описании принципа действия отказоустойчивых систем.

После этого вы получите информацию о состояниях, в которых могут находиться отказоустойчивые системы. Эти состояния зависят от режимов отдельных отказоустойчивых CPU, которые будут описаны в следующем разделе.

При описании этих режимов работы делается упор на поведении, которое отличается от поведения стандартного CPU. Описание стандартного поведения CPU в соответствующем режиме работы вы найдете в руководстве *Программирование с помощью STEP 7*.

В последнем разделе приводятся данные об изменении временных характеристик отказоустойчивых CPU.

В разделе	Вы найдете	на стр.
5.1	Введение	5-2
5.2	Состояния системы S7-400H	5-4
5.3	Режимы работы CPU	5-5
5.4	Самотестирование	5-11
5.5	Временные характеристики	5-14
5.6	Анализ прерываний от процесса в системе S7-400H	5-14

5.1 Введение

S7–400H состоит из двух обеспечивающих резервирование подсистем, которые синхронизируются через волоконно-оптические кабели.

Эти две подсистемы образуют отказоустойчивую систему автоматизации, которая работает с двухканальной структурой (1–из–2) по принципу «активного резервирования».

Что означает активное резервирование ?

Активное резервирование, часто называемое также функциональным резервированием, означает, что все резервные ресурсы постоянно находятся в работе и одновременно задействованы в выполнении задачи управления.

Для S7–400H это значит, что в двух CPU находится абсолютно одинаковая программа пользователя, которая выполняется одновременно (синхронно) обоими CPU.

Соглашение

Для обозначения двух подсистем мы используем в этом описании традиционные для двухканальных отказоустойчивых систем понятия «главная» и «резервная». Резервная подсистема всегда работает так, что она синхронизирована с событиями в главной подсистеме, т.е. она не ожидает сбойной ситуации.

Различие между главным и резервным CPU важно, в первую очередь, чтобы обеспечить воспроизводимость реакций на ошибки. Так, например, резервный CPU переходит в состояние STOP при выходе из строя резервирующей связи, тогда как главный CPU остается в режиме RUN.

Назначение главный/резервный

Когда S7–400H включается впервые, CPU, запускаемый первым, становится главным CPU; другой CPU становится резервным.

Если назначение главный/резервный установлено, то оно сохраняется при одновременной подаче питания.

Назначение главный/резервный изменяется, если:

1. резервный CPU запускается раньше главного CPU (с интервалом не менее 3 с)
2. главный CPU выходит из строя или переходит в STOP, когда система находится в состоянии «Резервирование»
3. в режиме поиска ошибок ошибка не была обнаружена (см. также раздел 5.3.6)

Синхронизация подсистем

Главный и резервный CPU соединены волоконно-оптическими кабелями. Через это соединение оба CPU поддерживают управляемую событиями синхронную обработку программы.



Рис. 5–1. Синхронизация подсистем

Синхронизация выполняется автоматически операционной системой и не оказывает влияния на программу пользователя. Вы создаете свою программу так же, как вы привыкли это делать для стандартных CPU из S7–400.

Метод синхронизации, управляемой событиями

Для S7–400H был применен метод «синхронизации, управляемой событиями», запатентованный фирмой Siemens. Этот метод проверен на практике и уже применялся для контроллеров S5–115H и S5–155H.

Синхронизация, управляемая событиями, означает, что при любых событиях, которые могли бы привести к различным внутренним состояниям подсистем, выполняется синхронизация данных между главной и резервной подсистемами.

Главный и резервный CPU синхронизируются при:

- непосредственном обращении к периферии
- прерываниях
- актуализации таймеров пользователя, например, таймеров S7
- изменении данных коммуникационными функциями

Плавное продолжение работы даже при потере резервирования CPU

Синхронизация, управляемая событиями, обеспечивает в любой момент времени плавное продолжение работы даже при выходе из строя главного CPU.

Самотестирование

Неисправности и ошибки должны быть распознаны, локализованы и сообщены как можно быстрее. Поэтому в S7–400H реализованы обладающие широким диапазоном функции самотестирования, которые работают автоматически и полностью в фоновом режиме.

Тестируются следующие компоненты и функции:

- соединение между собой центральных устройств
- процессоры
- память
- периферийная шина

Если самотестирование обнаруживает ошибку, то отказоустойчивая система пытается устранить ее или подавить ее влияние.

5.2 Состояния системы S7–400H

Состояния системы S7–400H являются результатом режимов работы обоих CPU. Понятие «состояние системы» используется для получения упрощенного выражения, обозначающего одновременно существующие режимы работы обоих CPU.

Пример: Вместо выражения «главный CPU находится в режиме RUN, а резервный CPU в режиме установления связи (LINK–UP)» мы используем выражение «система S7–400H находится в состоянии установления связи».

Обзор состояний системы

В следующей таблице представлены возможные состояния системы S7–400H.

Таблица 5–1. Обзор состояний системы S7–400H

Состояния системы S7–400H	Режимы работы обоих CPU	
	Главный	Резервный
Стоп	STOP	STOP, обесточен, неисправен
Запуск	STARTUP	STOP, обесточен, неисправен, нет синхронизации
Одиночный режим	RUN	STOP, поиск неисправности, обесточен, неисправен, нет синхронизации
Установление связи	RUN	STARTUP (запуск), LINK–UP (установление связи)
Актуализация	RUN	UPDATE (актуализация)
Резервирование	RUN	RUN
Останов	HOLD	STOP, обесточен, неисправен

5.3 Режимы работы CPU

Режимы работы описывают поведение CPU в любой момент времени. Знание режимов работы CPU полезно для программирования запуска, тестирования и диагностики ошибок.

Режимы работы от включения питания до системного состояния «Резервирование»

Вообще говоря, оба CPU равноправны, так что любой из них может быть главным или резервным. На следующем рисунке для ясности предполагается, что главный CPU (CPU 0) включается раньше резервного CPU (CPU 1).

На рис. 5–2 рассматриваются режимы работы обоих CPU от включения питания до системного состояния «Резервирование». Состояния останова (HOLD) (см. раздел 5.3.5) и поиска ошибок (TROUBLESHOOTING) (см. раздел 5.3.6) не приведены, так как они занимают особое положение.

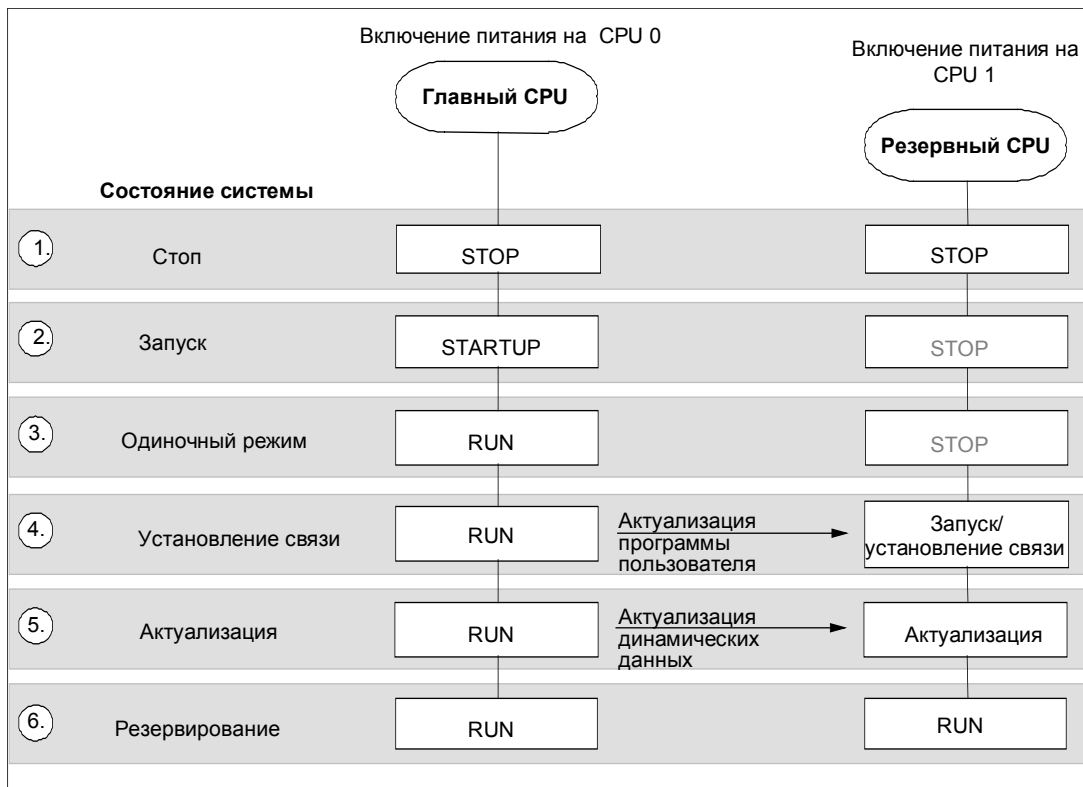


Рис. 5–2. Состояния и режимы работы отказоустойчивой системы

Пояснения к рис. 5-2

Таблица 5-2. Пояснения к рис. 5-2 Состояния и режимы работы отказоустойчивой системы

Пункт	Описание
1.	После включения питающего напряжения оба CPU (CPU 0 и CPU 1) находятся в состоянии STOP.
2.	CPU 0 переходит в режим запуска (STARTUP) и обрабатывает, в зависимости от типа запуска, OB 100 или OB 102. (см. также раздел 5.3.2)
3.	Если запуск был успешным, то главный CPU (CPU 0) переходит в одиночный режим (главный CPU обрабатывает программу пользователя один).
4.	Если резервный CPU (CPU 1) запрашивает установление связи (LINK-UP), то главный и резервный CPU сравнивают свои пользовательские программы. Если обнаруживаются расхождения, то главный CPU актуализирует программу пользователя резервного CPU. (См. раздел 5.3.3)
5.	После успешного установления связи начинается актуализация (см. раздел 6.2.2). В этот момент главный CPU обновляет динамические данные резервного CPU (динамические данные - это входы, выходы, таймеры, счетчики, биты памяти и блоки данных). После актуализации содержание памяти обоих CPU одинаково. (См. раздел 5.3.3)
6.	После актуализации главный и резервный CPU находятся в режиме RUN. Оба CPU синхронно обрабатывают программу пользователя. Исключение: при переключении главного и резервного CPU для изменения конфигурации или программы. Состояние «Резервирование» возможно только в том случае, если оба CPU относятся к одной и той же версии и имеют одну и ту же версию ПЗУ.

5.3.1 Состояние STOP

Кроме дополнений, описанных ниже, CPU S7-400H ведут себя в состоянии STOP точно так же, как стандартные CPU S7-400.

Когда оба CPU находятся в состоянии STOP, и вы хотите загрузить конфигурацию, вы должны обратить внимание на то, чтобы она была загружена в главный CPU. Только тогда системные блоки данных передаются в периферийные модули.

Сброс памяти

Сброс памяти всегда действует только на тот CPU, к которому эта функция применяется. Если вы хотите сбросить оба CPU, вы должны сделать это сначала для одного, а затем для второго.

5.3.2 Режим запуска

Кроме дополнений, описанных ниже, CPU S7–400H ведут себя в режиме запуска (STARTUP) точно так же, как стандартные CPU S7–400.

Виды запуска

Отказоустойчивые CPU делают различие между холодным и новым (теплым) пуском.

Повторный пуск отказоустойчивыми CPU не поддерживается.

Обработка запуска главным CPU

Запуск системы S7–400H обрабатывается исключительно главным CPU; резервный CPU в запуске не участвует.

При запуске главный CPU сравнивает существующую конфигурацию периферии с аппаратной конфигурацией, которую вы создали с помощью STEP 7. Если есть различия, то главный CPU реагирует так же, как это сделал бы стандартный CPU на S7–400.

Главный CPU проверяет и выполняет параметризацию

1. включенной периферии и
2. соответствующей ему односторонней, одноканальной периферии.

Дальнейшая информация

Подробную информацию о режиме запуска вы найдете в руководстве *Программирование с помощью STEP 7*.

5.3.3 Режимы установления связи и актуализации

Прежде чем отказоустойчивая система примет состояние «Резервирование», главный CPU проверяет и актуализирует содержимое памяти резервного CPU. (Исключение: при установлении связи и актуализации с последующим переключением на CPU с измененной конфигурацией).

Контроль и обновление содержимого памяти осуществляются в два этапа, которые выполняются последовательно и в дальнейшем будут называться «установление связи» и «актуализация».

При установлении связи и актуализации главный CPU всегда находится в режиме RUN, а резервный CPU в режиме установления связи (LINK–UP) или актуализации (UPDATE).

При установлении связи и актуализации делается различие, должно ли быть достигнуто системное состояние «Резервирование» или выполнено переключение главный/резервный (переключение главный/резервный для изменений конфигурации).

Подробную информацию о процессе установления связи и актуализации можно найти в разделе 6.2

5.3.4 Режим RUN

Кроме дополнений, описанных ниже, CPU S7–400H ведут себя в режиме RUN точно так же, как стандартные CPU S7–400.

Программа пользователя исполняется, по крайней мере, одним из двух CPU в следующих состояниях системы:

- одиночный режим
- установление связи, актуализация
- резервирование

Одиночный режим, установление связи, актуализация

В вышеназванных состояниях системы главный CPU находится в режиме RUN и выполняет программу пользователя один.

Состояние «Резервирование»

В состоянии «Резервирование» главный и резервный CPU находятся в режиме RUN. Оба CPU выполняют программу пользователя синхронно и производят взаимный контроль.

В состоянии «Резервирование» нет возможности тестировать программу пользователя с помощью точек останова.

Состояние «Резервирование» возможно только в том случае, если оба CPU относятся к одной и той же версии и имеют одну и ту же версию ПЗУ. Выход из этого состояния происходит при возникновении ошибок, причины которых приведены в таблице 5–3.

Таблица 5–3. Причины ошибок, ведущих к выходу из состояния резервирования

Причина ошибки	Реакция
Выход из строя одного CPU	см. раздел 10.1.1
Выход из строя связи, обеспечивающей резервирование (синхронизационный модуль или волоконно-оптический кабель)	см. раздел 10.1.5
Ошибка при сравнении ОЗУ (ошибка сравнения)	см. раздел 5.3.6

Модули, используемые для резервирования

В состоянии «Резервирование» действует следующее правило:

Модули, используемые для резервирования (например, интерфейсный модуль slave-устройства DP IM 153-2), должны быть идентичными, т.е. у них должны быть один и тот же заказной номер, одна и та же версия продукта и одна и та же версия ПЗУ.

5.3.5 Режим останова (HOLD)

Кроме дополнений, описанных ниже, CPU S7-400H ведут себя в режиме останова (HOLD) точно так же, как стандартные CPU S7-400.

Режим HOLD является особым случаем. Он используется только для целей тестирования.

Когда возможен режим HOLD?

Режим HOLD достижим только из режима запуска (STARTUP) и из режима RUN при одиночной работе.

Свойства

- Когда отказоустойчивый CPU находится в режиме HOLD, установление связи и актуализация невозможны; резервный CPU остается в состоянии STOP с диагностическим сообщением.
- Если отказоустойчивая система находится в состоянии резервирования, точки останова не могут быть установлены.

5.3.6 Режим поиска ошибок (TROUBLESHOOTING)

Во время самотестирования производится сравнение главного и резервного CPU. Если тест обнаруживает разницу, то появляется сообщение об ошибке. Возможными ошибками являются неисправности аппаратуры, ошибки контрольной суммы и ошибки сравнения ОЗУ и образа процесса на выходах.

Режим поиска ошибок запускается следующими событиями:

1. Если в режиме резервирования происходит односторонний вызов OB 121 (только на одном CPU), то предполагается, что произошла аппаратная ошибка, и этот CPU переходит в режим поиска ошибок. Второй CPU становится, если это необходимо, главным, и продолжает работу в одиночном режиме.
2. Если в режиме резервирования происходит ошибка контрольной суммы только на одном CPU, то этот CPU переходит в режим поиска ошибок. Второй CPU становится, если это необходимо, главным, и продолжает работу в одиночном режиме.
3. Если в режиме резервирования происходит ошибка сравнения ОЗУ и образа процесса на выходах, то резервный CPU переходит в режим поиска ошибок (реакция по умолчанию), а главный CPU продолжает работу в одиночном режиме.

Реакция на ошибку сравнения ОЗУ и образа процесса на выходах может быть изменена при проектировании (напр., резервный CPU переходит в состояние STOP).

Целью режима поиска ошибок является обнаружение и локализация неисправного CPU. Во время поиска ошибок резервный CPU выполняет полное самотестирование; главный CPU остается в режиме RUN.

Если ошибка обнаружена, то CPU переходит в режим DEFECTIVE [неисправен]. Если ошибка не обнаружена, то CPU подключается снова. Отказоустойчивая система снова переходит в состояние резервирования. Затем происходит автоматическое переключение главный/резервный. Это гарантирует, что при обнаружении следующей ошибки в режиме поиска ошибок аппаратура прежнего главного CPU будет тестироваться.

В режиме поиска ошибок обмен данными невозможен.

Дальнейшую информацию о самотестировании вы найдете в разделе 5.4.

5.4 Самотестирование

Обработка самотестирования

После небуферизованной подачи питания (напр., подача питания при первом включении CPU в сеть или подача питания без буферной батареи) и в режиме поиска ошибок CPU выполняет всю программу самотестирования. Время выполнения полного самотестирования зависит от конфигурации S7-400H и составляет приблизительно от 90 до 220 с.

В режиме RUN операционная система делит программу самотестирования на небольшие сегменты (кванты тестирования), которые обрабатываются в течение ряда циклов. Циклическое самотестирование организовано так, что оно выполняется один раз до конца в течение определенного времени. По умолчанию это время составляет 90 минут и может быть изменено при проектировании.

Реакция на ошибки при самотестировании

Если в результате самотестирования обнаруживается ошибка, то происходит следующее:

Таблица 5-4. Реакция на ошибки при самотестировании

Вид ошибки	Реакция системы
Неисправность аппаратуры (без одностороннего вызова OB 121)	Неисправный CPU переходит в режим DEFECTIVE [неисправен]. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим. Причина ошибки вносится в диагностический буфер.
Неисправность аппаратуры с односторонним вызовом OB 121	CPU с односторонним OB 121 переходит в режим поиска ошибок. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим (см. ниже).
Ошибка сравнения ОЗУ или образа процесса на выходах	Причина ошибки вносится в диагностический буфер. Принимается запроецированное состояние системы или режим работы (см. ниже).
Ошибка контрольной суммы	Реакция зависит от ситуации, в которой была обнаружена ошибка (см. ниже).

Неисправность аппаратуры с односторонним вызовом OB 121

Если неисправность аппаратуры с односторонним вызовом OB 121 возникает впервые после предыдущего небуферизованного включения питания, то неисправный CPU переходит в режим поиска ошибок. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим. Причина ошибки вносится в диагностический буфер.

Если неисправность аппаратуры с односторонним вызовом OB 121 возникает снова в течение 7 дней, то неисправный CPU переходит в режим DEFECTIVE [неисправен]. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим.

Ошибка сравнения ОЗУ и образа процесса на выходах

Если при самотестировании обнаруживается ошибка сравнения ОЗУ или образа процесса на выходах, то отказоустойчивая системы выходит из состояния резервирования, а резервный CPU переходит в режим поиска ошибок (запроектировано по умолчанию). Причина ошибки вносится в диагностический буфер.

Реакция на повторяющуюся ошибку сравнения ОЗУ или образа процесса на выходах зависит от того, возникает ли ошибка в следующем цикле самотестирования или только позднее.

Таблица 5–5. Реакция на повторяющуюся ошибку сравнения

Ошибка сравнения происходит снова ...	Реакция
в первом цикле самотестирования после поиска ошибок	Резервный CPU переходит в режим поиска ошибок, а затем в STOP. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим.
после двух или более циклов самотестирования после поиска ошибок	Резервный CPU переходит в режим поиска ошибок. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим.

Ошибка контрольной суммы

Если ошибка контрольной суммы происходит впервые после небуферизованного включения питания, то система реагирует следующим образом:

Таблица 5–6. Реакция на ошибку контрольной суммы

Время обнаружения	Реакция системы
При тестировании во время запуска после подачи питания	Неисправный CPU переходит в режим DEFECTIVE [неисправен]. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим.
При циклическом самотестировании (STOP или одиночный режим)	Ошибка исправляется. CPU остается в состоянии STOP или в одиночном режиме.

Таблица 5–6. Реакция на ошибку контрольной суммы, продолжение

Время обнаружения	Реакция системы
При циклическом самотестировании (состояние резервирования)	Ошибка исправляется. Неисправный CPU переходит в режим поиска ошибок. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим.
В режиме поиска ошибок	Неисправный CPU переходит в режим DEFECTIVE [неисправен]. Отказоустойчивая система переходит в одиночный режим.

Причина ошибки вносится в диагностический буфер.

Если ошибка контрольной суммы повторяется в течение 7 дней, то неисправный CPU переходит в режим DEFECTIVE [неисправен], а отказоустойчивая система переходит в одиночный режим.

В отказобезопасной системе отказобезопасная программа уже при первом возникновении ошибки контрольной суммы в состоянии STOP или в одиночном режиме сообщает, что самотестирование обнаружило ошибку. Как отказобезопасная программа реагирует на это, описано в руководстве *Automation Systems S7-400F and S7-400FH [Системы автоматизации S7-400F и S7-400FH]*.

Воздействие на циклическое самотестирование

С помощью SFC 90 H_CTRL вы можете оказывать влияние на объем и выполнение циклического самотестирования. Например, вы можете удалять или заменять отдельные компоненты теста. Кроме того, определенные компоненты теста могут быть явно вызваны и запущены на выполнение.

Подробную информацию об SFC 90 H_CTRL вы найдете в руководстве *Системное программное обеспечение для S7-300/400, Системные и стандартные функции*.

Внимание

У отказобезопасных систем циклическое самотестирование не может быть заблокировано, а затем снова разблокировано. Более подробную информацию можно найти в руководстве *S7-400F and S7-400FH Programmable Controllers [Программируемые контроллеры S7-400F и S7-400FH]*.

5.5 Временные характеристики

Времена выполнения команд

Времена выполнения команд STEP 7 вы найдете в списке команд для CPU S7–400.

Обработка прямых обращений к периферии

Обратите, пожалуйста, внимание на то, что каждое обращение к периферии требует синхронизации двух подсистем, что приводит к удлинению времени цикла.

Поэтому в своей пользовательской программе следует избегать прямого обращения к периферии, а использовать вместо этого доступ через образы процесса (или разделы образа процесса, например, для циклических прерываний). Это увеличивает производительность, так как при использовании образов процесса всегда можно одновременно синхронизировать весь набор значений.

Время реакции

Подробную информацию о расчете времен реакции вы найдете в справочном руководстве *Система автоматизации S7-400, M7-400. Данные модулей*.

Обратите внимание, что актуализация резервного CPU увеличивает время реакции на прерывание (см. также раздел 6.3.1).

Время реакции на прерывание зависит от класса приоритета, так как при актуализации производится поэтапная задержка прерываний.

5.6 Анализ прерываний от процесса в системе S7–400H

При использовании в системе S7–400H модулей, генерирующих прерывания от процесса, может оказаться, что данные процесса, которые могут быть считаны в ОВ прерываний от процесса при прямом доступе, не соответствуют данным процесса в момент прерывания. Вместо этого проанализируйте в ОВ прерываний от процесса временные переменные (стартовую информацию).

Поэтому при использовании модуля SM 321–7BH00, генерирующего прерывания от процесса, нецелесообразно по-разному реагировать через один и тот же вход на нарастающий и падающий фронт сигнала, так как это потребовало бы прямого обращения к периферии. Если вы в своей прикладной программе хотите по-разному реагировать на оба фронта сигнала, то приложите этот сигнал к двум входам, принадлежащим разным группам каналов, и параметризуйте один вход для реакции на нарастающий фронт, а другой вход для реакции на падающий фронт.