PLCopen®

for efficiency in automation

Техническая документация PLCopen

рабочая группа

Создание руководств по разработке ПО

представляет

Руководство по созданию библиотек

версия 1.0, официальный релиз

Дата публикации: 04.05.2017

Переводчик: Е.Кислов
Редактор: А.Осинский
Версия перевода: 1.0
Дата публикации: 14.06.2018

Оглавление

Список авторов и история версий

Данный документ является официальным документом организации **PLCopen**:

Руководство по созданию библиотек

Он представляет собой результат работы комитета **Разработка руководств по созданию библиотек PLCopen** рабочей группы **Создание руководств по разработке ПО** и включает вклад каждого из участников:

Участник	**Компания**
Peter Erning	ABB
Andrew Hollom	ABB
Bert van der Linden	ATS International
Roland Wagner	B&R Automation
Bernhard Werner	3S / Codesys
Wolfgang Doll	3S / Codesys
Rolf Hänisch	Fraunhofer FOKUS
Wolfgang Zeller	HS Augsburg
Denis Chalon	Itris
Geert Vanstraelen	Macq
Barry Butcher	Omron
Hiroshi Yoshida	Omron
Andreas Weichelt	Phoenix Contact
Kevin Hull	Yaskawa
Eelco van der Wal	PLCopen

История версий

Версия	**Дата**	**Описание**
0.1	21.10.2015	Первая версия на базе нескольких встреч и видеоконференций.
0.2	23.10.2015	Дополнения по результатам видеоконференции с 3S.
0.3	28.10.2015	Дополнения по результатам видеоконференции.
0.4	11.11.2015	Дополнения по результатам видеоконференции.
0.5	15.06.2016	Дополнения по результатам видеоконференции и обратной связи.
0.6	30.06.2016	Дополнения по результатам видеоконференции.
0.61	15.07.2016	Небольшие изменения в структуре документа.
0.7	15.08.2016	Дополнения по результатам видеоконференции и обратной связи.
0.8	25.08.2016	Дополнения по результатам видеоконференции и обратной связи.
0.99	30.09.2016	Дополнения по результатам видеоконференции.
0.99A	14.03.2017	Дополнения по результатам видеоконференции и обратной связи.
1.0	04.05.2017	Официальный релиз с публикацией исходных кодов.

Глоссарий

SFC (*Sequential Function Chart, язык последовательных схем*) – высокоуровневый графический язык программирования ПЛК, представляющий приложение в виде конечного автомата;

ST (*Structured Text, структурированный текст*) – высокоуровневый текстовый язык программирования ПЛК, напоминающий Паскаль;

Модель поведения – спецификация интерфейса ФБ, которая описывает набор основных входов и выходов, а также их взаимное влияние друг на друга. Модель поведения не специфицирует входы и выходы, связанные с конкретной задачей, делая акцент на универсальном интерфейсе, который может быть адаптирован под потребности пользователя;

ООП – объектно-ориентированный подход;

Подтверждение (*стандартное* и *быстрое*) – условие сброса ФБ. При быстром подтверждении сброс блока происходит после окончания выполнения операции или ее прерывания (к этому моменту вход **xExecute/xEnable** уже имеет значение FALSE). При стандартном подтверждении сброс происходит по заднему фронту на входе **xExecute/xEnable** после окончания выполнения операции;

Тип ФБ – в данном документе под типом ФБ подразумевается один из наборов требований, описанных в модели поведения;

ФБ – функциональный блок.

1. Введение

Одним из важнейших побочных эффектов разработки спецификаций PLCopen для управления движением (*Motion Control*), промышленной безопасности (*Safety*) и коммуникации систем управления (*Communication*) является создание универсальной модели поведения функциональных блоков. Модель позволяет создать ФБ с простым и понятным интерфейсом, который легко может быть адаптирован под конкретные задачи. Модель определяет две категории ФБ:

- Выполняемые по уровню (**Enable**);
- Выполняемые по фронту (**Execute**).

В настоящий момент ключевыми задачами являются развитие модели для возможности последующего применения в любых приложениях и помощь пользователям в создании библиотек, соответствующих модели. По этой причине один из комитетов рабочей группы **Создание руководств по разработке ПО** приступил к написанию данного руководства.

Следуя основным принципам приведенной в документе спецификации можно создавать ФБ с удобным интерфейсом, предсказуемым поведением, высокой надежностью и связностью кода. Наличие битов и кодов ошибок (**Error** и **ErrorID**) упрощает их обработку в программе. Всё это повышает переносимость кода приложения и облегчает его отладку.

1.1. Правила именования переменных в этом документе

В соответствии с Руководством по кодированию рекомендуется использовать префиксы в именах переменных. Префиксы позволяют закодировать тип переменной: например, по именам **xError**, **eError** и **iError** можно понять, что соответствующие переменные имеют тип BOOL, ENUM и INT. Определить тип переменных с названиями **Error** и **ErrorID** не представляется возможным. В данном документе имена с префиксами используются в исходном коде примеров, а имена без префиксов могут быть использованы в тексте.

Также в примерах кода используются следующие регистры текста:

- UPPER_SNAKE_CASE для констант, пользовательских типов данных и ключевых слов (таких, как BOOL, FOR и т.д.);
- lowerCamelCase для имен переменных, содержащих префиксы;
- UpperCamelCase для всех остальных составных названий.

Для обозначения названий входов/выходов используется **полужирный текст**, для названий шагов и методов – *выделенный курсивом.*

1.2. Примечания о примерах и EN/ENO

Любые фрагменты кода, приведенные в данном документе, являются лишь примерами. Они не проверены на практике и могут содержать ошибки. Таким образом, эти примеры можно использовать для ознакомления с описываемыми в документе концепциями, но не следует применять их в конкретном приложении. Пользователю необходимо создать свою реализацию, соответствующую описанным интерфейсам ФБ и диаграммам состояний.

Входы **Enable/Execute** перекрывают функционал дополнительного входа EN, определенного в стандарте МЭК 61131-3 (см. п. 6.6.1.5 в 3-й редакции стандарта).

2. Обзор спецификаций PLCopen

2.1. Основная информация

В этом разделе приводится обзор моделей ФБ из различных спецификаций PLCopen:

- Управление движением (*Motion Control*);
- Промышленная безопасность (*Safety*);
- Коммуникация систем управления (*Communication*).

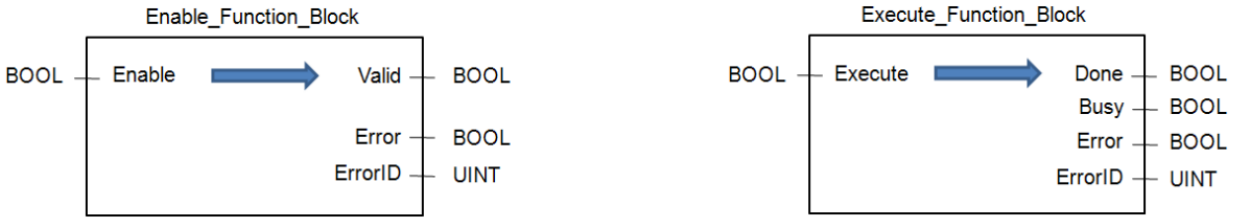
В рамках раздела приводится лишь краткое описание моделей; более подробная информация доступна в исходных текстах спецификаций. Информация об унифицированной модели ФБ приведена в главах 5 и 6.

2.2. Типы функциональных блоков

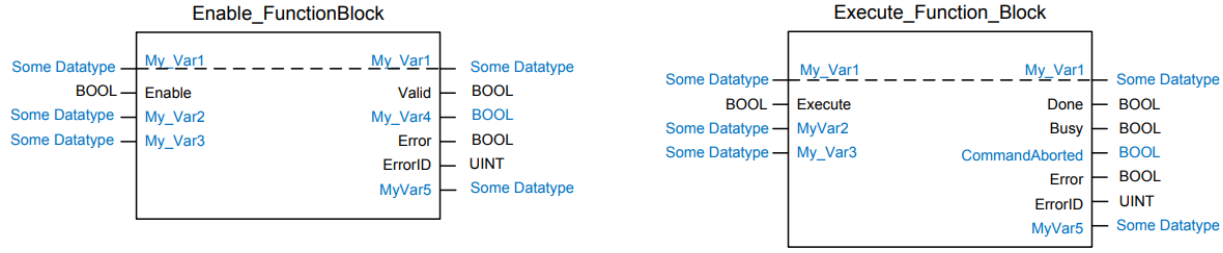
В рамках данного документа рассматриваются два основных типа функциональных блоков:

- Выполняемые по уровню (**Enable**);
- Выполняемые по фронту (**Execute**).

На рисунке ниже приведено графическое представление обоих типов с минимально необходимым числом входов и выходов. ***Обратите внимание***, что входу **Execute** всегда соответствует выход **Done**, а входу **Enable** – выход **Valid**[1]. Это упрощает использование ФБ на графических языках программирования (LD, FBD).



В зависимости от конкретной задачи число входов и выходов ФБ может быть расширено. Более подробная информация о доступных входах/выходах приведена в следующих главах. На рисунке ниже эти входы и выходы выделены голубым цветом.



[1] Это справедливо для ФБ из спецификаций управления движением. В рамках данного документа соответствующий выход имеет название Busy (прим. пер.)

2.3. Управление движением

Организация PLCopen разработала набор спецификаций для решения задач управления движением (*Motion Control*). В рамках этих спецификаций использовалась общая модель функциональных блоков, основные сведения о которой приведены в этой главе. Более подробная информация доступна в Приложении 4.

Интерфейс ФБ управления движением можно разделить на две концептуальные части: вход активации и статусные выходы.

Существует два варианта активации ФБ:

1. По фронту (через вход **Execute**). В этом случае происходит однократное выполнение ФБ, которое в случае отсутствия ошибок завершается сигналом на выходе **Done**. Вместо **Done** ФБ может иметь выход **InXxx** (**InVelocity**, **InGear**) – он принимает значение TRUE, пока выполняется заданное действие (перемещение, вращение и т.д.).
2. По уровню (через вход **Enable**). В этом случае активность блока характеризует значение TRUE на выходе **Valid**.

С релизом версии 2.0 для первой части спецификации также был добавлен вход **Continuous Update**, который объединяет функционал обоих вариантов активации:

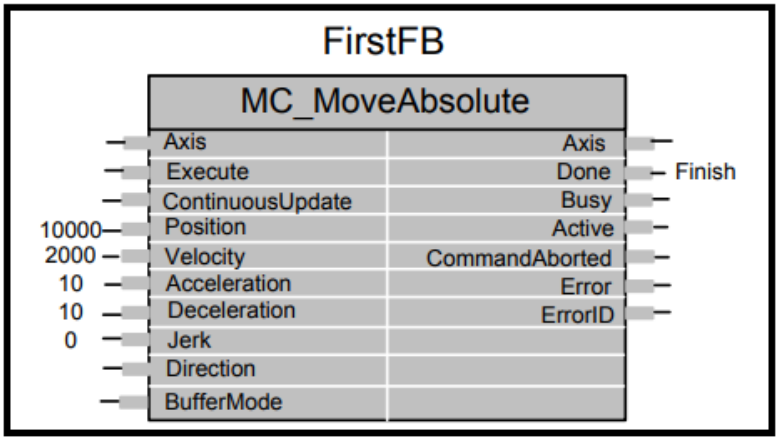
- Если этот вход имеет значение TRUE, то по переднему фронту на входе **Execute** начинается выполнение ФБ и при этом чтение значений аргументов ФБ происходит в каждом цикле (т.е. параметры блока могут меняться динамически в процессе выполнения);
- Если этот вход имеет значение FALSE, то по переднему фронту на входе **Execute** начинается выполнение ФБ со значениями аргументов, считанными в момент запуска (т.е. применение новых значений аргументов произойдет только при следующем запуске ФБ).

В спецификации определены следующие статусные выходы ФБ:

- **Busy** – блок находится в процессе работы, значения выходов еще не достоверны;
- **Active** – блок управляет движением по выбранной оси;
- **CommandAborted** – работа блока была прервана сигналом на входе **Abort**;
- **Error** – в процессе работы блока произошла ошибка;
- **ErrorID** – код возникшей ошибки.

Пример ФБ управления движением

В качестве примера ФБ управления движением приведем графическое представление и циклограмму функционального блока **MC_MoveAbsolute**.



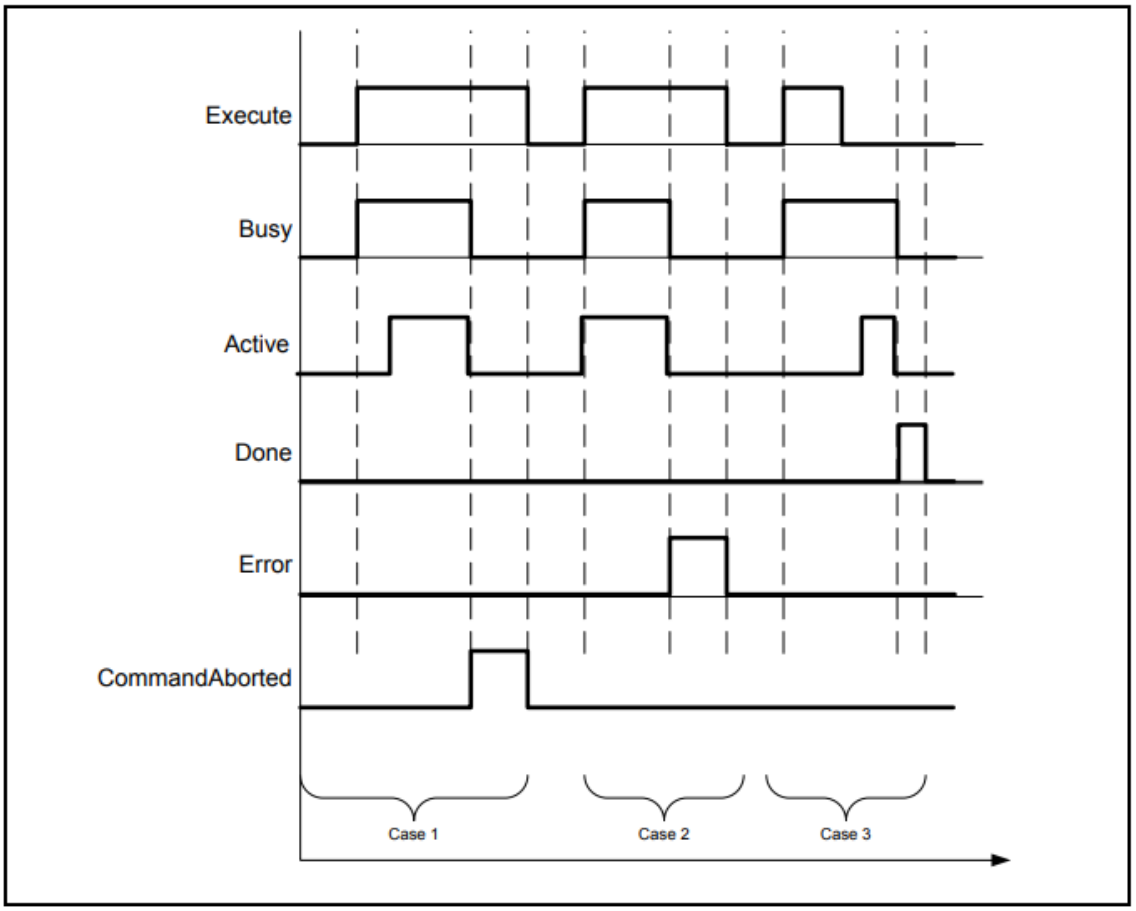


Рис. 1. Циклограмма ФБ модели Execute/Done

Пример циклограммы ФБ с выходом **InXxx** (**InVelocity**, **InGear** и т.п.):

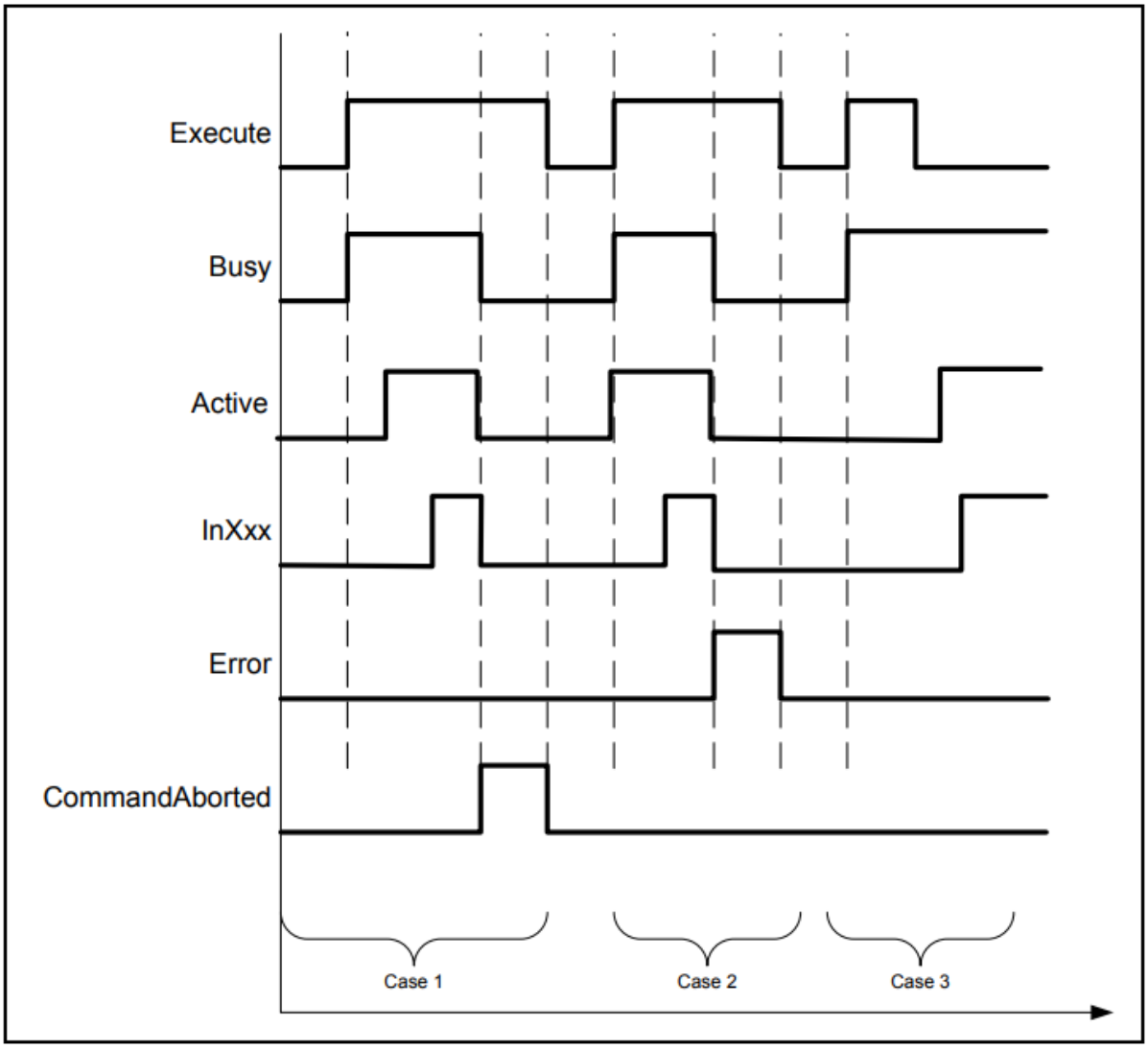
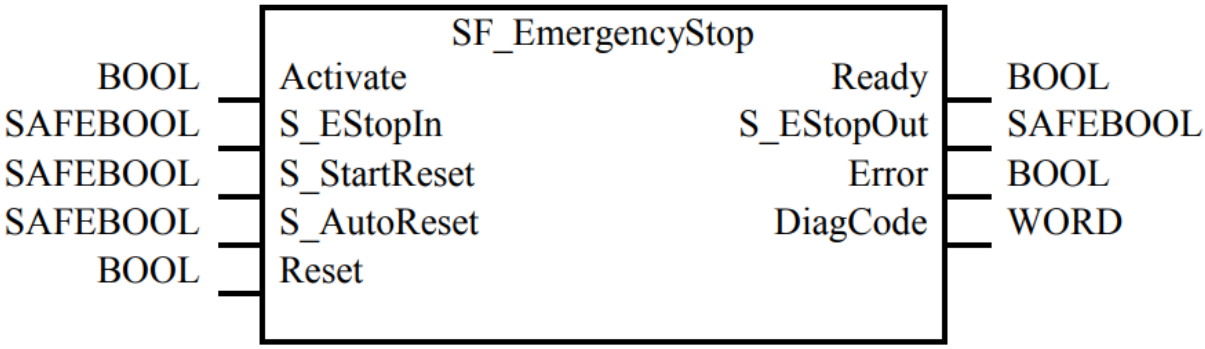


Рис. 2. Циклограмма ФБ модели Execute/InXxx

2.4. Промышленная безопасность

Организация PLCopen разработала набор спецификаций для создания безопасного (*safety*) промышленного ПО. При работе над спецификациями было решено использовать в них модели ФБ, максимально близкие к моделям, применявшимся в спецификациях по управлению движением. Из-за особенностей предметной области число используемых типов данных и выполняемых блоками функций сведены до минимально необходимого. Также спецификация вводит понятие безопасных (SAFE) типов данных. Из-за этого набор доступных входов и выходов ФБ меньше, чем в спецификациях по управления движением. Существует также небольшая разница между типом **Activate/Ready**, который представлен в спецификациях по безопасности, и рассматриваемым в предыдущих пунктах типом **Execute/Done**.

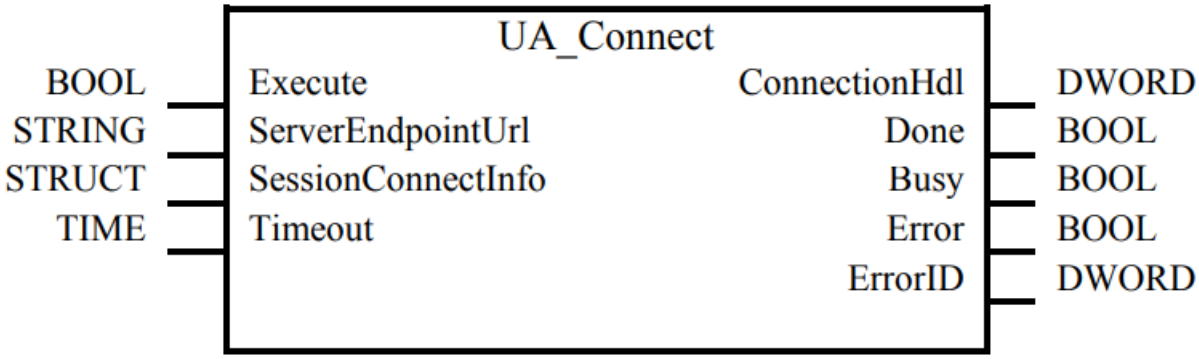
Пример безопасного ФБ



2.5. Коммуникация систем управления

Организация PLCopen совместно с промышленным консорциумом OPC Foundation разработала набор ФБ для организации обмена по OPC UA. Функциональные блоки соответствуют модели **Execute/Done** и имеют выходы **Busy**, **Error**, **ErrorID** (аналогично ФБ из спецификаций управления движением).

Пример коммуникационного ФБ



2.6. Заключение

В спецификациях PLCopen используются два типа интерфейса ФБ:

- **Основной** – соответствующий типу **Execute/Done** (или **Activate/Ready**) с выходами **Busy**, **Error** и **ErrorID** (при этом тип переменной **ErrorID** может быть разным);
- **Расширенный** – с дополнительными выходами **Active** и **CommandAborted**.

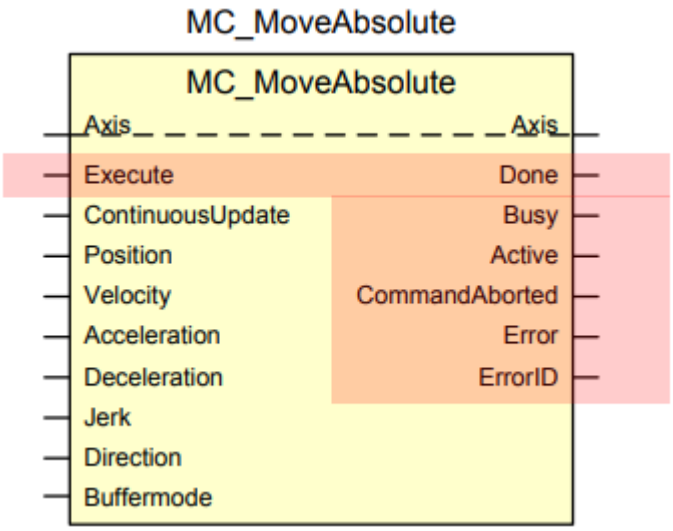


Рис. 3. Входы и выходы расширенного типа интерфейса ФБ **PLCopen**

Список входов и выходов, используемых в различных спецификациях **PLCopen**:

Библиотека	**MC v1.0**		**MC v2.0**	**Safety**	**Communication**
Модель ФБ	Enable	Execute	Enable/Execute	Activate	Execute
Доступные входы и выходы					
Execute		+	+		+
ContinuousUpdate			+		
Enable	+		+		
Activate				+	
Ready				+	
Valid	+		+		
Enabled	+				
Done		+	+		+
Busy	+	+	+		+
Active	+	+	+		
CommandAborted		+	+		
Error	+	+	+	+	+
ErrorID	+	+	+		+
DiagCode				+	

3. Основная информация о модели поведения ФБ PLCopen

В этой главе описываются основные особенности интерфейса функциональных блоков из спецификации **PLCopen**. Эти особенности в совокупности можно назвать **моделью поведения PLCopen**. Модель включает в себя два типа ФБ: выполняемые по уровню и выполняемые по фронту. Более подробная информация о реализации ФБ, соответствующих модели, приведена в главах 5 и 6, а также Приложении 1.

3.1. Основная информация

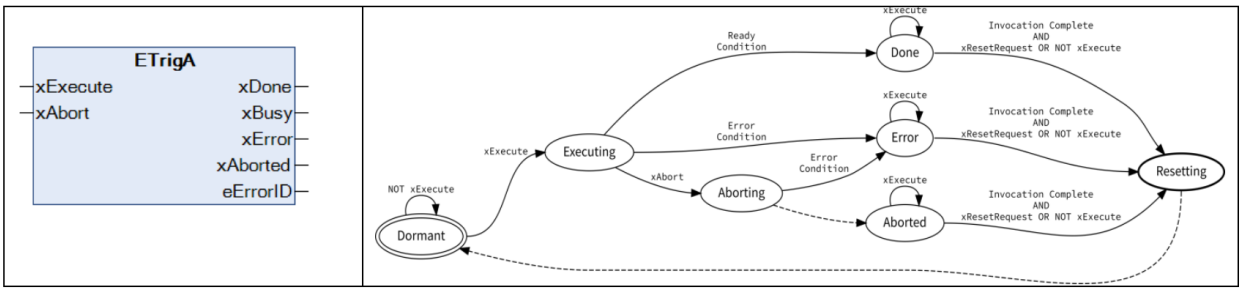
Как упоминалось выше, в спецификациях PLCopen используются два основных типа функциональных блоков:

- Выполняемые по уровню (со входом **Enable**);
- Выполняемые по фронту (со входом **Execute**).

При создании пользовательского ФБ его тип должен соответствовать требованиям решаемой задачи. Например, следует отметить, что для детектирования фронта требуется два цикла ПЛК. Таким образом, при необходимости обрабатывать значения входов ФБ каждый цикл тип **Execute** не подойдет; следует использовать тип **Enable**.

3.2. Принцип работы ФБ типа Execute

В качестве примера ФБ типа **Execute** рассмотрим функциональный блок **ETrigA** (**E**dge **Trig**gered with **A**bort functionality). Ниже приведены его графическое представление и диаграмма состояний.



Блок работает по следующему принципу:

- по переднему фронту на входе **xExecute** начинается выполнение заданной операции;
- значения всех входов ФБ (кроме **xExecute** и **xAbort**) копируются в блок при его запуске, и их изменение в процессе работы блока не произведет никакого эффекта[2];
- входу **xExecute** может быть присвоено значение FALSE после появления значения TRUE на выходе **xBusy**;

[2] В некоторых ситуациях могут потребоваться дополнительные входы, которые могут влиять на состояние ФБ в процессе его работы. Эти переменные должны быть хорошо документированы.

- по заднему фронту на входе **xExecute** работа ФБ не прекращается. Работа блока может быть завершена только в случае успешного окончания заданной операции (**xDone**), принудительного прерывания операции (**xAborted**) или же возникновения ошибки (**xError**);
- по переднему фронту на входе **xAbort** выполнение операции прекращается;
- если при вызове блока и вход **xExecute,** и вход **xAbort** имеют значение TRUE, то блок переходит в состояние *Aborting;*
- в пределах цикла ПЛК только один из статусных выходов блока (**xDone**, **xBusy**, **xError** или **xAborted**) может иметь значение TRUE[3,4];
- после детектирования прерывания операции (**xAbort**) выход **xBusy** принимает значение **FALSE**, а выход **xAborted** – значение TRUE;
- по заднему фронту на выходе **xBusy** инвертированное значение входа **xExecute** копируется внутрь ФБ и будет использоваться как условие сброса ФБ. Как следует из диаграммы состояний (см. выше), сброс ФБ производится:
  - при *быстром подтверждении* – сразу же после завершения операции;
  - при *стандартном подтверждении* – по заднему фронту входа **xExecute**.
- значения выходов ФБ являются действительными[5] как минимум один цикл ПЛК, даже если вход **xExecute** к этому времени уже имеет значение FALSE. В этом случае локальные переменные ФБ будут переинициализированы. Если же **xExecute** к моменту завершения операции имеет значение TRUE, то переинициализация локальных переменных произойдет по его заднему фронту (*стандартное подтверждение*);
- значения нестатусных выходов ФБ (т.е. всех выходов, кроме **xDone, xBusy, xError, eErrorID** и **xAborted**) являются действительными только в том случае, если выход **xDone** имеет значение TRUE;
- после появления на одном из перечисленных выходов (**xDone, xError** или **xAborted**) значения TRUE вход **xExecute** может быть опять установлен в значение TRUE для повторного выполнения операции (*быстрое подтверждение*).

Более подробная информация о реализации блоков типа **Execute** приведена в Приложении 1.3.

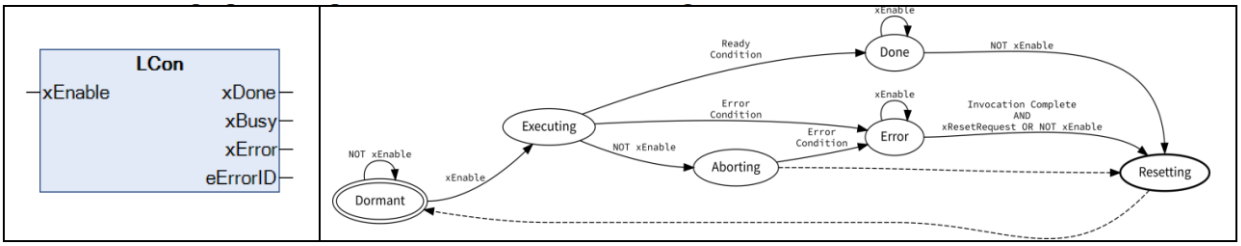
[3] В некоторых ситуациях могут потребоваться дополнительные статусные выходы, которые имеют действительные значения, даже если выход xDone=FALSE. Эти переменные должны быть хорошо документированы.

[4] В некоторых ситуациях могут потребоваться дополнительные статусные выходы, которые имеют действительные значения при конкретных значениях других статусных выходов. Эти переменные и их зависимость от других переменных должна быть хорошо документирована.

[5] Под «действительным» значением в данном случае подразумевается корректное значение выхода, допускающее его использование другими программными модулями (прим. пер.).

3.3. Принцип работы ФБ типа Enable

В качестве примера ФБ типа **Enable** рассмотрим функциональный блок **LCon** (**L**evel **Con**trolled). Ниже приведены его графическое представление и диаграмма состояний.



Блок работает по следующему принципу:

- пока вход **xEnable** имеет значение TRUE, блок выполняет заданную операцию. Результатом работы блока является успешное выполнение операции или возникновение ошибки. Если вход **xEnable** принимает значение FALSE, то выполнение операции прерывается и происходит переинициализация выходов блока, после чего он ожидает следующего запуска (*стандартное подтверждение*);
- значения входов блока не копируются, а используются напрямую. Таким образом, изменение значений входов в процессе работы блока влияет на его поведение;
- в пределах цикла ПЛК только один из статусных выходов блока (**xDone**, **xBusy** или **xError**) может иметь значение TRUE[6,7];
- значения выходов ФБ являются действительными[8] только в том случае, если выход **xBusy** или **xDone** имеет значение TRUE;
- по заднему фронту на выходе **xBusy** инвертированное значение входа **xEnable** копируется внутрь ФБ и будет использоваться как условие сброса ФБ;
- значения выходов ФБ являются действительными как минимум один цикл ПЛК, даже если вход **xEnable** к этому времени уже имеет значение FALSE. В этом случае ФБ будет автоматически переинициализирован. Чаще всего такая ситуация происходит, если возникла ошибка в процессе прерывания (*Aborting*) работы блока.
- значения нестатусных выходов ФБ (т.е. всех выходов, кроме **xDone**, **xBusy**, **xError** и **eErrorID**) являются действительными только в том случае, если выход **xDone** имеет значение TRUE[5,6];
- после появления на одном из перечисленных выходов (**xDone** или **xError**) значения TRUE вход **xEnable** может быть опять установлен в значение TRUE для повторного выполнения операции (*быстрое подтверждение*).

[6] В некоторых ситуациях могут потребоваться дополнительные статусные выходы, которые имеют действительные значения, даже если выход xDone=FALSE. Эти переменные должны быть хорошо документированы.

[7] В некоторых ситуациях могут потребоваться дополнительные статусные выходы, которые имеют действительные значения при конкретных значениях других статусных выходов. Эти переменные их зависимость от других переменных должна быть хорошо документирована.

[8] Под «действительным» значением в данном случае подразумевается корректное значение выхода, допускающее его использование другими программными модулями (прим. пер.).

В некоторых случаях требуется модель поведения, которая не подразумевает завершение операции. В качестве примеров можно привести блок **MC_Power** из спецификации по управлению движением и блок TCP-сервера, рассматриваемый в п. 3.7. Такие блоки не имеют выхода **xDone** и относятся к типу **Continuous Behaviour**. В рамках данного документа будут рассмотрены блоки LConC и LConTIC, принадлежащие данному типу.

Более подробная информация о реализации блоков типа **Enable** приведена в Приложении 1.4.

3.4. Общие свойства ФБ модели PLCopen

- если при вызове ФБ выполняется условие начала операции, то выход **xBusy** в этом же цикле принимает значение TRUE;
- пока ФБ выполняет заданную операцию, выход **xBusy** имеет значение TRUE;
- если операция успешно завершена, то выход **xDone** принимает значение TRUE, а выход **xBusy** – значение FALSE;
- если во время выполнения операции возникает ошибка, то выход **xError** принимает значение TRUE, выход **xBusy** – значение FALSE, а выход **eErrorID** – значение, отличное от *ERROR.NO_ERROR*. Выход **eErrorID** имеет тип *Перечисление (ENUM)*, но пользователь может определить его как INT, WORD и т.д.;
- если операция успешно завершается в течение первого цикла после начала ее выполнения, то выход **xDone** сразу принимает значение TRUE, а выход **xBusy** остается в состоянии FALSE;
- в момент появления переднего фронта на выходе **xDone** значения остальных выходов фиксируются;
- ФБ необходимо вызывать до тех пор, пока один из перечисленных выходов (**xDone**, **xBusy** или **xError**) имеет значение FALSE.

Функциональные блоки могут иметь входы, ограничивающие время их работы:

- **udiTimeLimit** (в мкс, 0 – время выполнения операции не ограничено).
  ФБ может выполнять сложную операцию, и это займет длительное время. Вход **udiTimeLimit** позволяет определить максимальное время, которое блок может потратить на выполнение операции в пределах одного цикла ПЛК. Таким образом, сложные операции будут выполняться несколько циклов, но при этом не будут блокировать работу других задач приложения;
- **udiTimeOut** (в мкс, 0 – время ожидания не ограничено).
  При выполнении некоторых операций функциональному блоку могут потребоваться сигналы о возникновении определенных внешних событий (например, получения ответа от другого устройства). Блок ожидает их либо в своем внутреннем цикле (состояние *BUSY WAIT*), либо выполняет проверку их возникновения при каждом своем вызове. Вход **udiTimeOut** позволяет ограничить время этого ожидания. При его превышении блок детектирует ошибку – выход **xError** принимает значение TRUE, а выход **eErrorID** – значение *ERROR.TIME_OUT*.

3.5. Обработка ошибок

В состав каждой библиотеки, соответствующей модели **PLCopen**, входит перечисление **ERROR**. Это перечисление скрыто за пространством имен библиотеки и содержит наименования и коды ошибок, которые могут возникнуть при работе функциональных блоков, входящих в библиотеку.

Каждый ФБ, рассмотренный в данном документе, имеет логический выход **xError**, который позволяет детектировать факт возникновения ошибки при работе блока. Если этот выход имеет значение TRUE, то на выход **eErrorID** транслируется код конкретной ошибки, описанной в перечислении **ERROR**. Фактически перечисление представляет собой численный тип данных, в котором можно связать значения с символьными именами (см. рис. ниже). Во многих случаях удобно конвертировать код ошибки в ее строковое описание на нужном языке с помощью дополнительного ФБ. Набор конкретных кодов уникален для каждой библиотеки. При объединении нескольких библиотек может возникнуть ситуация, когда одному коду ошибки будет соответствовать несколько разных символьных имен (т.е. произойдет перекрытие). В этом случае следует либо создать отдельные «конвертирующие» ФБ для каждой вложенной библиотеки, либо распределить между ними коды ошибок таким образом, чтобы избежать перекрытия.

Обработка ошибок должна быть реализована таким образом, чтобы на выход блока возвращались только те ошибки, которые задокументированы в библиотеке (т.е. присутствуют в перечислении **ERROR**). Если внутри ФБ происходит вызов блоков других библиотек, то кажется очень подходящим решением транслировать на его выходы коды ошибок этих блоков; тем не менее, это будет крайне неудобно для пользователя, который увидит недокументированные коды ошибок. Поэтому в данном случае рекомендуется скопировать нужные коды вложенных ФБ в перечисление **ERROR** разрабатываемого блока.

Рассмотрим приведенный выше материал на конкретном примере. Пусть у нас есть две библиотеки – **Memory Block Manager library** с пространством имен **MBM** и **Function Block Factory** с пространством имен **FBF**. Каждая библиотека содержит перечисление **ERROR** с кодами ошибок.

The ERROR Enum of the library "Memory Block Manager" (MBM)

```
{attribute 'qualified_only'}
TYPE ERROR : (
    NO_ERROR := 0, // The defined operation was executed successfully
    NO_MEMORY := 10 // The memory pool has no further capacity
    HANDLE_INVALID := 20, // The object was not created properly or has been already released
    WRONG_ALIGNMENT := 30, // The structure description aligns not properly to the block specification
    (*...*)
END_TYPE
```

The ERROR Enum of the library "Function Block Factory" (FBF)

```
{attribute 'qualified_only'}
TYPE ERROR : (
    NO_ERROR := 0, // The defined operation was executed successfully
    TIMEOUT := 1, // The specified operation time was exceeded
    INVALID_PARAM := 10, // One or more function parameters have no valid value
    NO_MEMORY := 20, // The extension of memory pool is not possible
    (*...*)
END_TYPE
```

- каждая библиотека имеет пространство имен (**MBM** и **FBF**);
- каждое перечисление **ERROR** должно содержать код *NO_ERROR* (0) и может содержать код *TIME_OUT* (1);
- если код *TIME_OUT* не требуется, то значение 1 не может соответствовать другой ошибке;
- для каждой ошибки требуется комментарий с коротким, но ясным описанием;
- перечисление **ERROR** должно быть изолировано от других перечислений с помощью атрибута *'qualified_only'*. Таким образом, *MBM.ERROR.NO_MEMORY* и *FBF.ERROR.NO_MEMORY* будут представлять собой разные ошибки с разными кодами.

При работе с вложенными библиотеками возникает потребность в создании общего перечисления, в которое будут «проброшены» ошибки из перечислений отдельных библиотек. Ниже приведен пример функции, которая транслирует ошибки из перечислений **ERROR** библиотек с пространствами имен **CS** и **CO** в общее перечисление **CANOPEN_KERNEL_ERROR**. Следует отметить, что все перечисления в данном случае должны принадлежать одинаковому целочисленному типу данных (например, INT).

```
FUNCTION MapError : CANOPEN_KERNEL_ERROR
VAR_INPUT
       iError : INT;
END_VAR

MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_KERNEL_UNKNOWN_ERROR;
IF iError = CS.ERROR.NO_ERROR THEN
    MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_KERNEL_NO_ERROR;
ELSIF iError > CS.ERROR.FIRST_ERROR AND iError < CS.ERROR.LAST_ERROR THEN
    CASE iError OF
        CS.ERROR.TIME_OUT           : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_KERNEL_TIMEOUT;
        CS.ERROR.REQUEST_ERROR      : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_REQUEST_ERROR;
        CS.ERROR.WRONG_PARAMETER    : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_WRONG_PARAMETER;
        CS.ERROR.NODEID_UNKNOWN     : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_NODEID_UNKNOWN;
        CS.ERROR.SDOCHANNEL_UNKNOWN : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_SDOCHANNEL_UNKNOWN;
    ELSE
        MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_KERNEL_OTHER_ERROR;
    END_CASE
ELSIF iError > CO.ERROR.FIRST_ERROR AND iError < CO.ERROR.LAST_ERROR THEN
    CASE iError OF
        CO.ERROR.TIME_OUT       : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_KERNEL_TIMEOUT;
        CO.ERROR.NO_MORE_MEMORY : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_NO_MORE_MEMORY;
        CO.ERROR.WRONG_PARAMETER: MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_WRONG_PARAMETER;
        CO.ERROR.NODEID_UNKNOWN : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_NODEID_UNKNOWN;
        CO.ERROR.NETID_UNKNOWN  : MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_NETID_UNKNOWN;
    ELSE
        MapError := CANOPEN_KERNEL_ERROR.CANOPEN_KERNEL_OTHER_ERROR;
    END_CASE
END_IF
```

В рамках функции предполагается, что ошибки *CS.ERROR.NO_ERROR* и *CO.ERROR.NO_ERROR* имеют одинаковые коды, а коды остальных ошибок перечислений никак не связаны между собой.

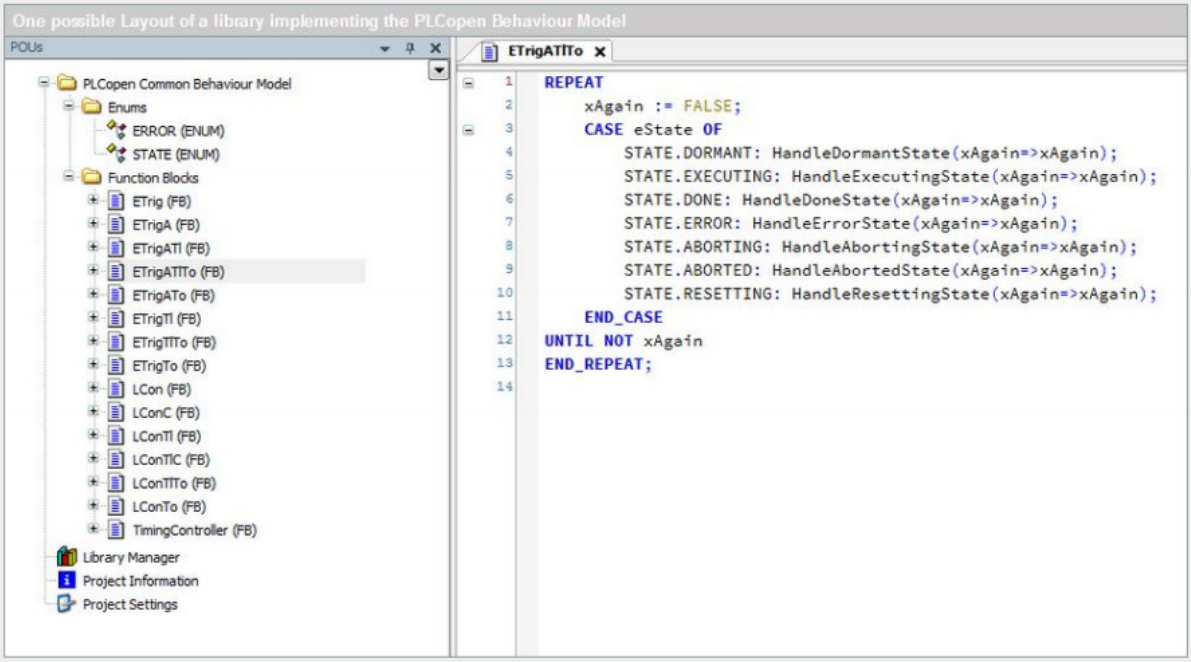
3.6. Имена шагов

Реализация ФБ, соответствующего конкретной модели поведения, тесно связана с разработкой машины состояний, имена шагов которой содержатся в перечислении **STATE**. В рамках данного документа в каждом примере используется свое перечисление **STATE**, которое содержит необходимые для этого примера шаги. В настоящих библиотеках присутствует только одно перечисление **STATE**, которые содержит все шаги, необходимые для реализации ФБ библиотеки.

One possible design of the STATE enumeration data type for the PLCopen Behaviour Model

```
TYPE STATE :
(
    DORMANT,    // Waiting for Start condition
    EXECUTING,  // CyclicAction is running
    DONE,       // Ready condition reached
    ERROR,      // Error condition reached
    ABORTING,   // AbortAction is running
    ABORTED,    // Abort Condition reached
    RESETTING   // ResetAction is running
);
END_TYPE
```

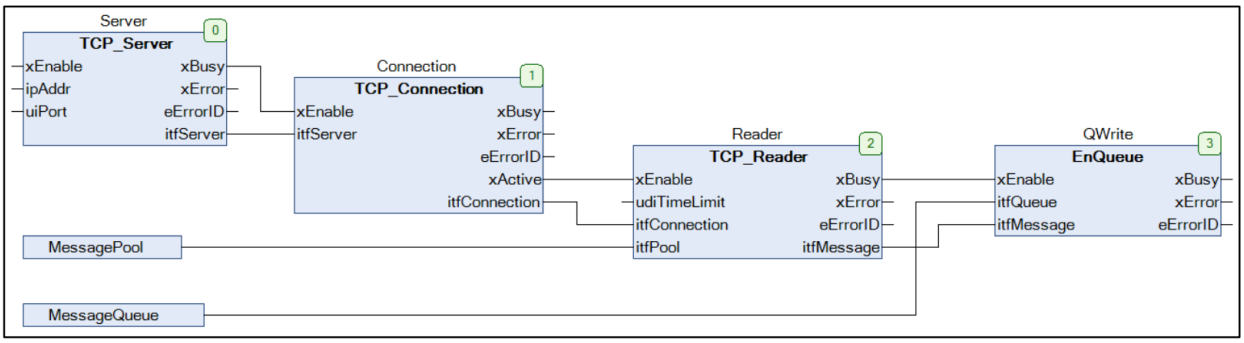
One possible Layout of a library implementing the PLCopen Behaviour Model



3.7. Совместное использование ФБ

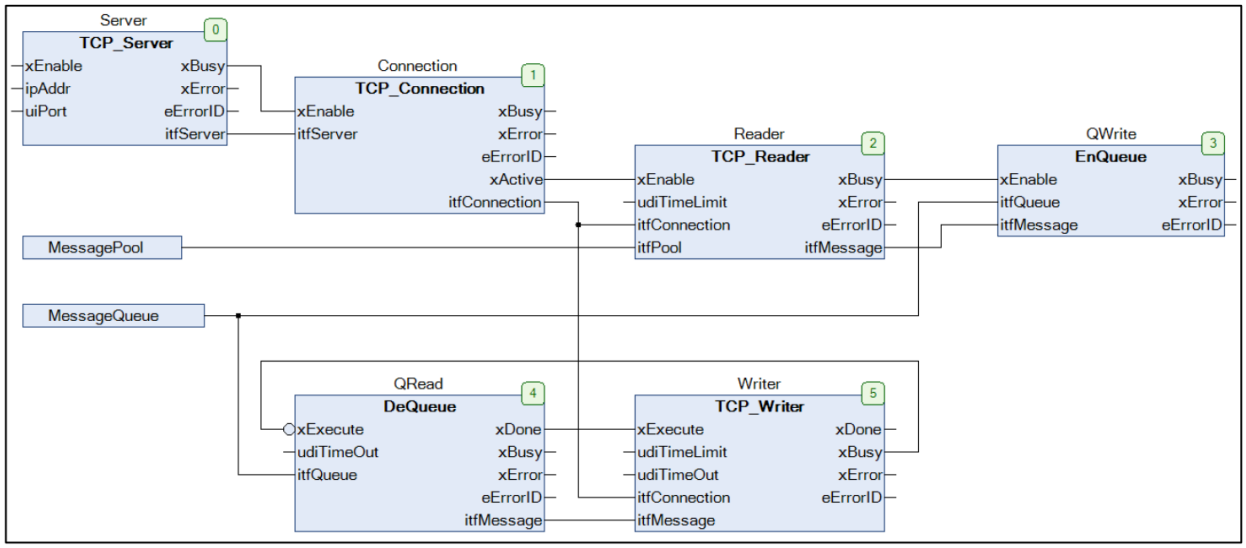
Совместное использование функциональных блоков осуществляется по одной из вышеописанных моделей поведения. Если блоки соответствуют модели поведения **PLCopen**, то установить связи между экземплярами очень легко, в особенности на графических языках программирования. Приведенный ниже пример демонстрирует преимущества модели **PLCopen**.

Пример: чтение данных по TCP



ФБ **TCP_Server** (LConC) создает слушающий сокет. Сокет представляет собой пару «IP-адрес – порт». После подключения клиента активируется блок **TCP_Connection** (LConC), который обрабатывает соединение. С помощью ФБ **TCP_Reader** (LConTlC) полученное от клиента сообщение размещается в структуре **MessagePool**. Для последующей работы с этими сообщениями используется блок **QWrite** (LCon), который обрабатывает их в порядке очереди.

Расширенный пример: эхо-сервер

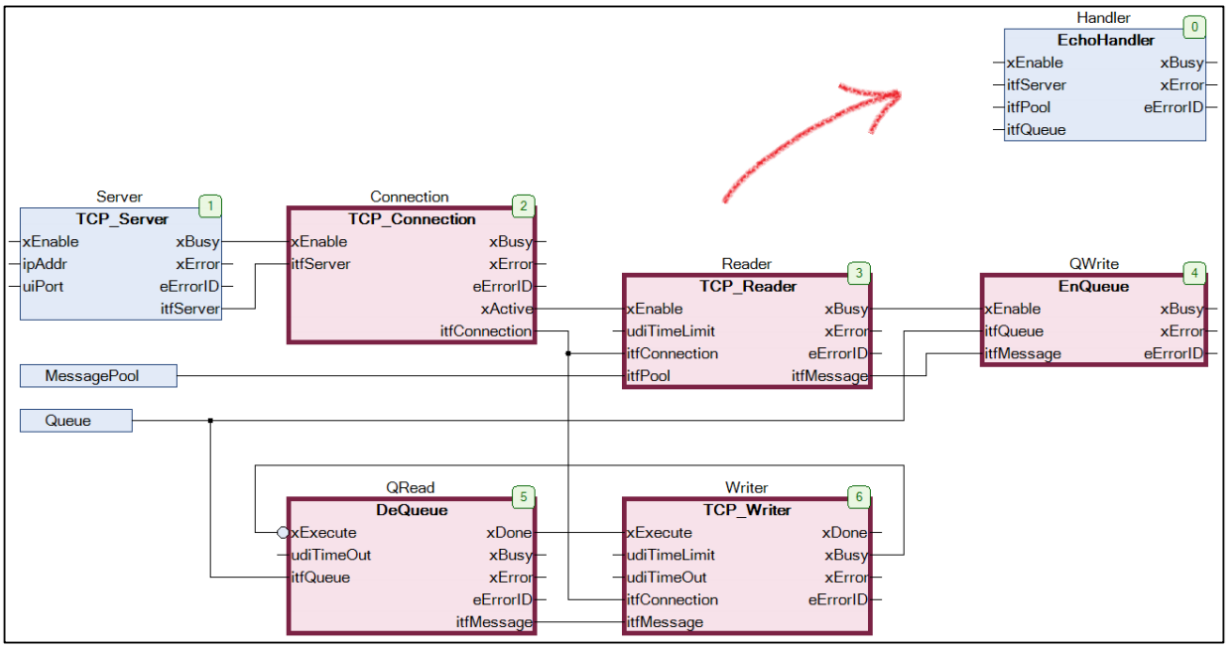


Функциональный блок **TCP_Writer** (ETrigTlTo) в порядке очереди получает сообщения из структуры **MessageQueue** помощью ФБ **QRead** и отправляет их обратно клиенту через установленное с ним соединение (**TCP_Connection**). Таким образом, предыдущий пример был расширен до эхо-сервера.

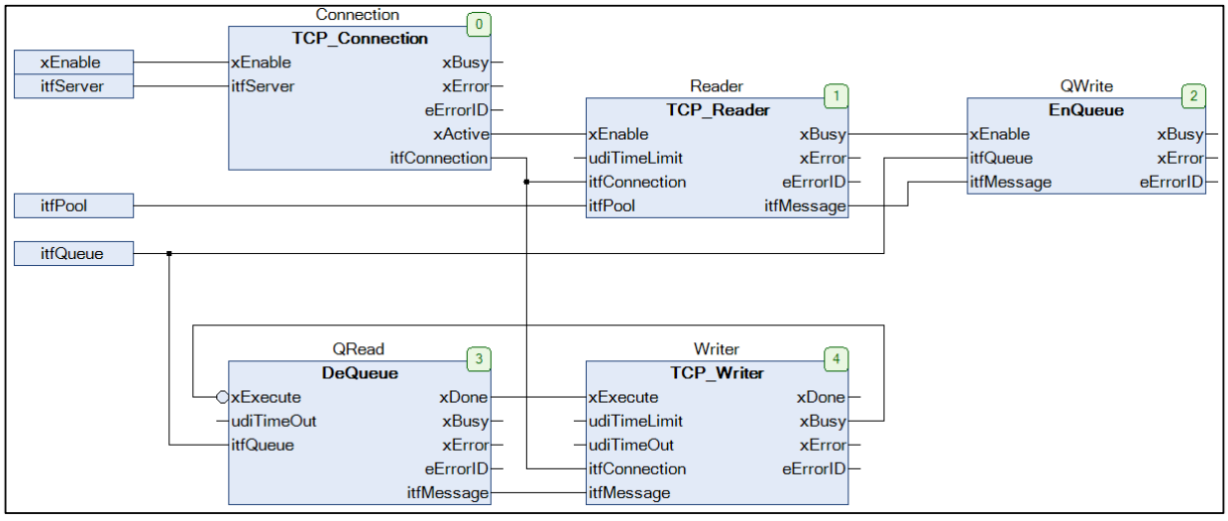
Примечание: функциональный блок **TCP_Reader** должен иметь возможность обновлять сообщение на выходе каждый цикл. Если в текущем цикле нет нового сообщения, то выход должен иметь нулевое значение. Соответственно, для данного ФБ подойдет тип **Enable**. Отправка сообщения с помощью ФБ **TCP_Writer** может занимать несколько циклов, поэтому для данного блока следует использовать тип **Execute**. Для совместной работы ФБ разных типов требуется дополнительный промежуточный блок, который будет создавать очередь сообщений. В данном примере таким блоком является **QRead**. Обратите внимание, что на вход **xExecute** этого блока подается инвертированное значение выхода **xBusy** ФБ **TCP_Reader** – таким образом, не требуется дополнительный цикл на переду данных между блоками и ни одно сообщение не будет пропущено.

Полный пример: многопоточный эхо-сервер

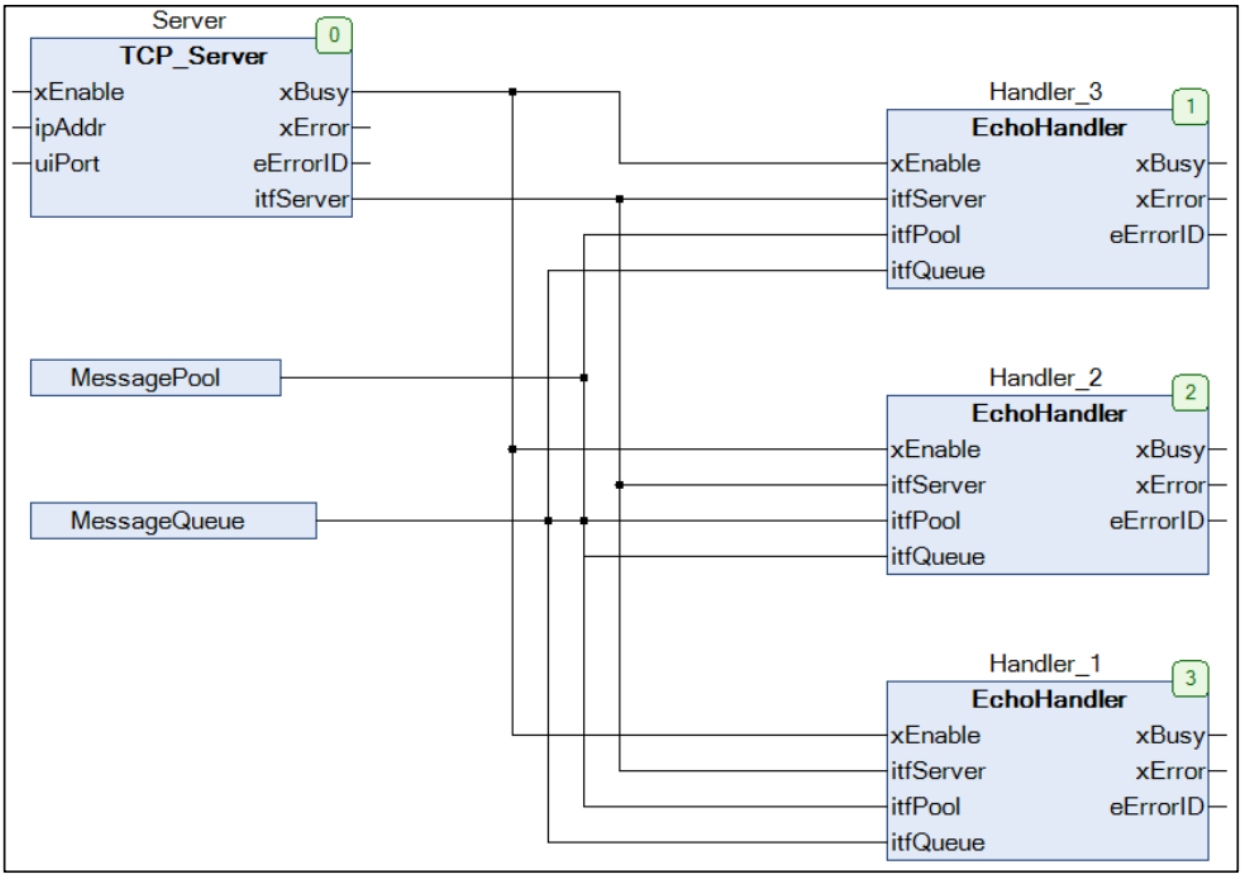
Объедините блоки **TCP_Reader, QWrire, QRead** и **TCP_Writer** в один функциональный блок с названием **EchoHandler**.



Состав ФБ **EchoHandler**:



Объявите нужное количество экземпляров ФБ **EchoHandler**:



В результате вы получите многопоточный эхо-сервер.

4. Введение в объектно-ориентированные расширения МЭК 61131-3

В 3-й редакции стандарта **МЭК 61131-3** были добавлены объектно-ориентированные расширения: классы, методы, интерфейсы, наследование и т.д. В данном документе не приводится подробное описание этих расширений; подразумевается, что читатель с ними знаком.

Возможности ООП в спецификациях используются с осторожностью; из всего набора доступных средств применяются только методы с защищенным (PROTECTED) и закрытым (PRIVATE FINAL) интерфейсом – это позволяет оптимизировать внутреннюю структуру ФБ.

Функциональные блоки базируются на машине состояний, которая определяет доступные состояния и переходы между ними, но не содержит операций, которые должны выполняться в том или ином состоянии. Поэтому описанные в документе ФБ не предназначены для использования в программе в чистом виде; пользователю следует создать свой ФБ на базе одного из существующих с помощью наследования. Методы с защищенным интерфейсом должны быть переписаны в соответствии с конкретной задачей.

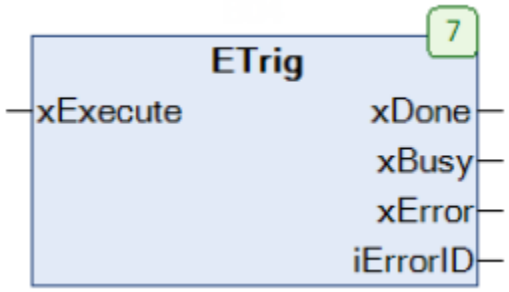
Тем не менее, использование ООП расширений не является обязательным требованием при создании ФБ, совместимых с моделью поведения **PLCopen**. В рассматриваемых примерах каждый вызов метода может быть заменен на код этого метода. Для создания пользовательского ФБ вместо наследования можно скопировать и отредактировать существующий блок, заменив его методы на нужный для выполнения задачи код.

5. Описание ФБ типа Execute

5.1. Базовый ФБ: ETrig

ФБ **ETrig** является простейшим блоком типа **Execute** и имеет только один вход. Ниже приведено текстовое и графическое представление входов и выходов блока.

Текстовое представление	Графическое представление

`FUNCTION_BLOCK ETrig`
`VAR_INPUT`
`  xExecute:  BOOL;`
`END_VAR`
`VAR_OUTPUT`
`  xDone:  BOOL;`
`  xBusy:  BOOL;`
`  xError:  BOOL;`
`  iErrorID:  INT;`
`END_VAR`
	

На рис. 4 приведена диаграмма состояний ФБ **ETrig.** Блок имеет 5 возможных состояний: *Dormant*, *Busy*, *Done*, *Reset* и *Error*.

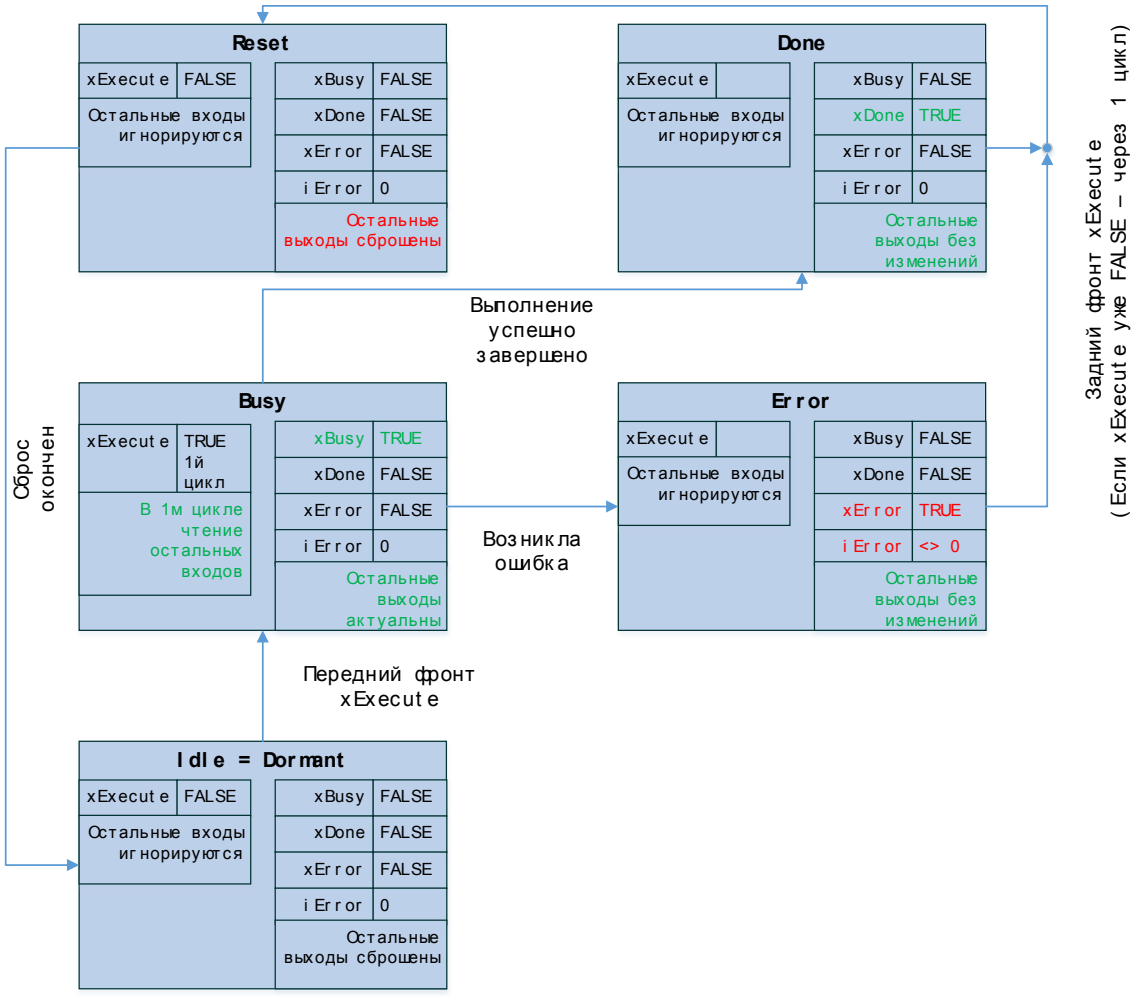


Рис. 4. Диаграмма состояний ФБ **ETrig**

По переднему фронту на входе **xExecute** блок переходит из состояния *Dormant* в состояние *Busy*, при этом значения пользовательских входов[9] копируются и сохраняются внутри блока. Изменение значений входов в процессе работы блока не повлияет на выполняемую операцию. Выход **xBusy** принимает значение TRUE. Блок начинает выполнять заданную операцию. В процессе работы при выполнении одного из следующих условий произойдет переход из состояния *Busy*, при этом выход **xBusy** примет значение FALSE:

- если операция будет успешно завершена, то произойдет переход в состояние *Done*, при этом выход **xDone** примет значение TRUE;
- если во время выполнения операции возникнет ошибка, то произойдет переход в состояние *Error*, при этом выход **xError** примет значение TRUE, а на выходе **eError** будет отображаться код соответствующей ошибки из перечисления **ERROR**.

В каждый момент времени только один из статусных выходов (**xDone** или **xError**) может иметь значение TRUE. Это значение должно удерживаться как минимум один цикл ПЛК.

Если ФБ находился в состоянии *Done* или *Error*, то после появления значения FALSE на входе **xExecute** блок перейдет в состояние *Reset*. Все выходы инициализируются их начальными значениями. Выполнение всех операций прекращается, и все занятые ресурсы системы освобождаются. Выходы **xDone** и **xError** устанавливаются в значение FALSE. После переинициализации блока происходит переход в состояние *Dormant*.

Пример реализации ФБ ETrig на языке ST с использованием ООП

В приведенном ниже примере используются элементы ООП. Пример реализации данного ФБ без использования ООП приведен в Приложении 2.

Перечисление STATE:

```
TYPE STATE :
(
      DORMANT,      // ожидание запуска
      EXECUTING,    // выполнение операции
      DONE,         // завершение операции
      ERROR,        // ошибка
      RESETTING     // переинициализация
);
END_TYPE
```

Перечисление ERROR:

```
TYPE ERROR :
(
      NO_ERROR :=0,
      TIME_OUT := 1
      (*...*)
);
END_TYPE
```

[9] Речь идет о входах реального ФБ, связанных с конкретной задачей (прим. пер.).

Код ФБ ETrig:

```
FUNCTION_BLOCK ETrig
 VAR_INPUT
       // по переднему фронту начинается выполнение заданной операции
       // по заднему фронту после завершения операции блок будет переинициализирован
       xExecute     : BOOL;
 END_VAR

 VAR_OUTPUT
        // флаг «операция успешно завершена»
        xDone       : BOOL;
        // флаг «операция в процессе выполнения»
        xBusy       : BOOL;
        // флаг «произошла ошибка»
        xError      : BOOL;
        // код ошибки
        eErrorID    : ERROR;
 END_VAR

 VAR
       eState              : STATE;
       xFirstInvocation    : BOOL := TRUE;
       xResetRequest       : BOOL;
 END_VAR

 VAR_TEMP
       xAgain              : BOOL;
 END_VAR

 REPEAT
       xAgain := FALSE;
       CASE eState OF
              STATE.DORMANT: HandleDormantState(xAgain=>xAgain);
              STATE.EXECUTING: HandleStartState(xAgain=>xAgain);
              STATE.DONE: HandleDoneState(xAgain=>xAgain);
              STATE.ERROR: HandleErrorState(xAgain=>xAgain);
              STATE.RESETTING: HandleResettingState(xAgain=>xAgain);
        END_CASE

 UNTIL NOT xAgain
 END_REPEAT;
```

Обработчик для состояния Dormant:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
       xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xExecute THEN
        xBusy  := TRUE;
        eState := STATE.EXECUTING;
        xAgain := TRUE;
END_IF
```

Обработчик для состояния Executing:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
	xAgain   : BOOL;
END_VAR
VAR
	xComplete : BOOL;
END_VAR

CyclicAction
(
	xComplete=>xComplete,
	eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
	eState := STATE.ERROR;
	xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
	eState := STATE.DONE;
	xAgain := TRUE;
END_IF
```

Обработчик для состояния Done:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
	xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
	eState := STATE.RESETTING;
	xAgain := TRUE;
ELSE
	xBusy := FALSE;
	xDone := TRUE;
	xResetRequest := NOT xExecute;
	xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

Обработчик для состояния Error:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
	xAgain : BOOL;
END_VAR
IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
	eState := STATE.RESETTING;
	xAgain := TRUE;
ELSE
	xBusy := FALSE;
	xError := TRUE;
	xResetRequest := NOT xExecute;
	xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

Обработчик для состояния Resetting:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
	xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
	xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);
IF xComplete THEN
	 xBusy := FALSE;
	 xDone := FALSE;
	 xError := FALSE;
	 eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
	 eState := STATE.DORMANT;
	 xFirstInvocation := TRUE;
	 xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
	 xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

Пример реализации уникальных методов ФБ

Приведенный ниже код следует использовать только в качестве примера. Программист должен написать свою реализацию для конкретной задачи.

Реализация CyclicAction:

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
	xComplete : BOOL;
	eErrorID : ERROR;
END_VAR

IF xFirstInvocation THEN
	(* Starting *)
	 // при первом вызове сохраняем запоминаем значения входов ФБ
	xFirstInvocation := FALSE;
END_IF
(* Executing *)
// выполняем заданную операцию. Если она успешно завершена, то ⇒ xComplete := TRUE
// если произошла ошибка, то xError := TRUE и присваиваем eErrorID код ошибки

xComplete := TRUE;
eErrorID  := ERROR.NO_ERROR;

IF xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
 (* Cleaning *)
 // если необходимо, освобождаем ресурсы системы
END_IF
```

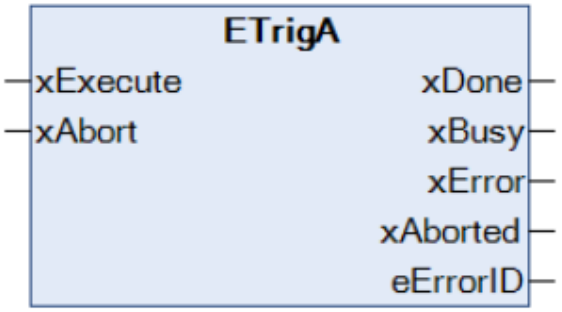
Реализация ResetAction:

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
	 xComplete : BOOL;
END_VAR
// освобождаем все используемые ресурсы системы
// переинициализируем переменные
xComplete := TRUE;
```

5.2. Добавляем возможность прерывания операции (ETrigA)

Теперь расширим функционал ФБ **ETrig** возможностью прерывания операции. Для этого добавим вход **xAbort**, который будет использоваться для подачи команды на прерывание, и выход **xAborted**, с помощью которого можно будет определить, что работа блока была прервана[10]. Новый блок будет называться **ETrigA**. Ниже приведено текстовое и графическое представление его входов и выходов.

Текстовое представление	Графическое представление

`FUNCTION_BLOCK ETrigA`
`VAR_INPUT`
`  xExecute:  BOOL;`
`  xAbort:  BOOL;`
`END_VAR`
`VAR_OUTPUT`
`  xDone:  BOOL;`
`  xBusy:  BOOL;`
`  xError:  BOOL;`
`  xAborted:  BOOL;`
`  eErrorID:  INT;`
`END_VAR`
	

На рис. 5 приведена диаграмма состояний ФБ **ETrigA**. Блок имеет 7 возможных состояний: *Dormant*, *Executing*, *Aborting*, *Done*, *Error*, *Aborted* и *Resetting*.

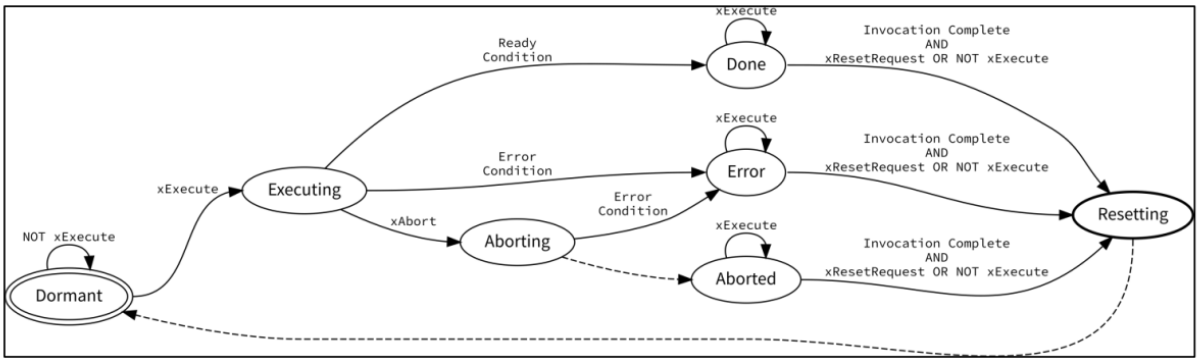


Рис. 5. Диаграмма состояний ФБ **ETrigA**

[10] В спецификации по управлению движением (Motion Control) ФБ не имеют входа xAbort. Прерывание работы этих блоков происходит не по команде пользователя, а по заложенным в них алгоритмам.

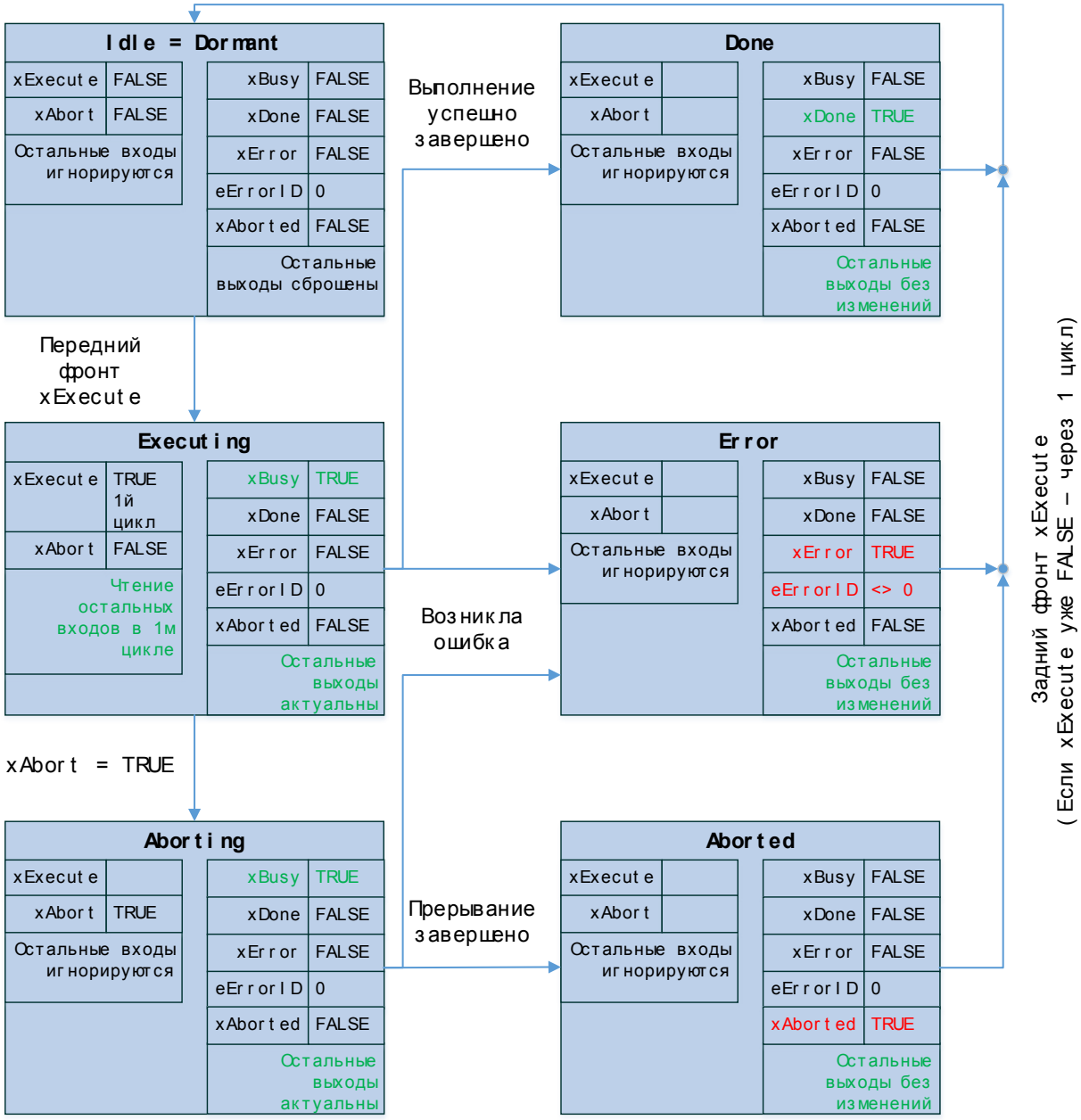


Рис. 6. Диаграмма состояний ФБ **ETrigA** с описаниями входов/выходов[11]

По переднему фронту на входе **xExecute** блок переходит из состояния *Dormant* в состояние *Executing*, при этом значения пользовательских входов[12] копируются и сохраняются внутри блока. Изменение значений входов в процессе работы блока не повлияет на выполняемую операцию. Выход **xBusy** принимает значение TRUE. Блок начинает выполнять заданную операцию. В процессе работы при выполнении одного из определенных условий произойдет переход из состояния *Executing*, при этом выход **xBusy** примет значение FALSE:

[11] На этом рисунке состояние Resetting объединено с состоянием Dormant.
[12] Речь идет о входах реального ФБ, связанных с конкретной задачей (прим. пер.).

- если операция будет успешно завершена, то произойдет переход в состояние *Done*, при этом выход **xDone** примет значение TRUE;
- если во время выполнения операции возникнет ошибка, то произойдет переход в состояние *Error*, при этом выход **xError** примет значение TRUE, а на выходе **eError** будет отображаться код соответствующей ошибки из перечисления **ERROR**;
- если во время выполнения операции поступит команда на ее прерывание (вход **xAbort** примет значение TRUE), то произойдет переход в состояние *Aborting*. Выполняемая операция будет прервана, и на выходе **xAborted** будет установлено значение TRUE. После этого произойдет переход в состояние *Aborted*.

В каждый момент времени только один из статусных выходов (**xDone**, **xError**, **xAborted**) может иметь значение TRUE. Это значение должно удерживаться как минимум один цикл ПЛК.

Если ФБ находился в состоянии *Done* или *Error*, то после появления значения FALSE на входе **xExecute** блок перейдет в состояние *Reset*. Все выходы инициализируются их начальными значениями. Выполнение всех операций прекращается, и все занятые ресурсы системы освобождаются. Выходы **xDone**, **xError** и **xAborted** устанавливаются в значение FALSE. После переинициализации блока происходит переход в состояние *Dormant*.

Пример реализации ФБ ETrigA на языке SFC

Ниже приведен пример реализации ФБ **ETrigA** на языке SFC в соответствии с диаграммой состояний, изображенной на рис. 5. Каждое состояние представляет собой шаг SFC, содержащий нужные действия. Каждое действие имеет соответствующий классификатор.

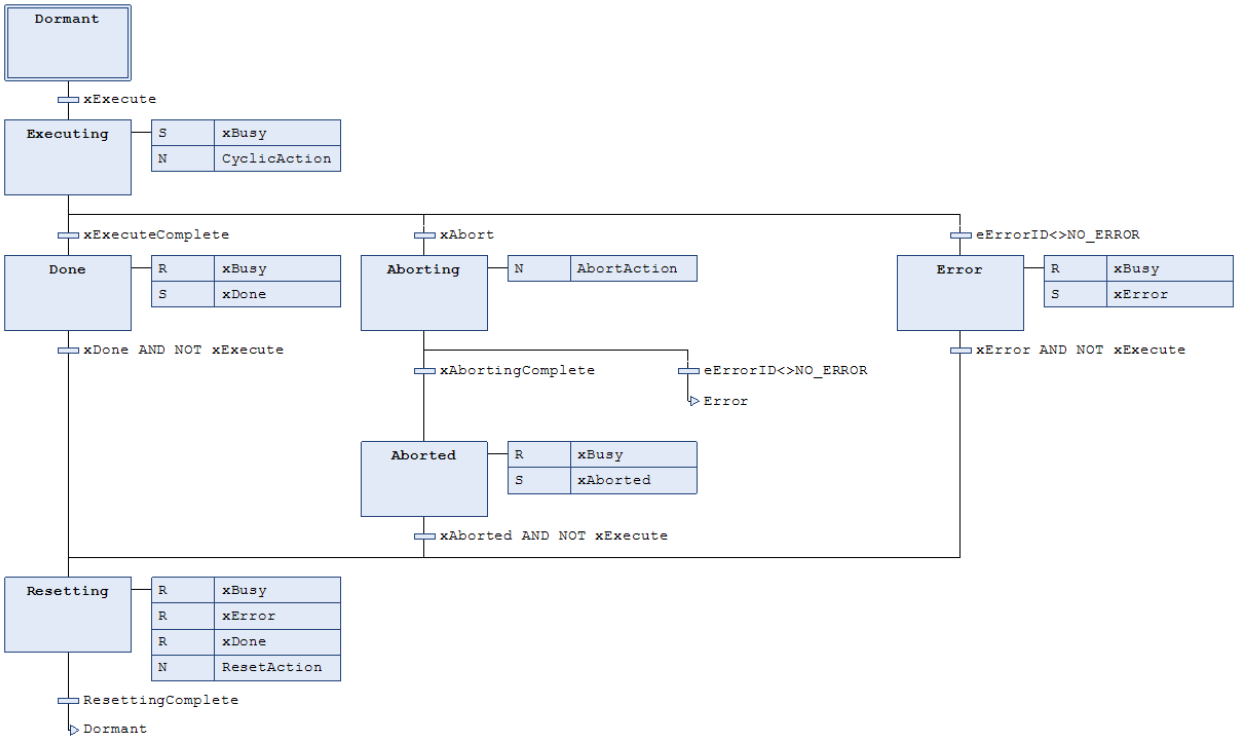


Рис. 7. Пример реализации ФБ **ETrigA** на языке SFC

Описание используемых в примере классификаторов действий:

N	Несохраняемое действие (*Non-stored*). Данное действие будет выполняться в каждом рабочем цикле, пока активен шаг.
R	Сброс (*Reset*). Действие деактивируется.
S	Сохраняемое действие (*Stored*). Действие активируется и остается активным до сброса. Действие продолжит выполняться в каждом цикле даже тогда, когда шаг уже неактивен.

Более детальная информация приведена в стандарте МЭК 61131-3.

Пример реализации ФБ **ETrigA** на языке ST приведен в Приложении 1.3.5.

5.3. Добавляем таймеры

Независимо от наличия входа прерывания **xAbort** можно ограничить время выполнения ФБ с помощью таймеров. Существует три варианта ограничения:

1. **TimeLimit (Tl**) – время, затрачиваемое на выполнении операции в пределах одного цикла ПЛК, ограничивается значением входа **udiTimeLimit** (задается в микросекундах). Таким образом, сложные операции будут выполняться несколько циклов, но при этом не будут блокировать работу других задач приложения;
2. **TimeOut (To)** – общее время выполнения операции ограничивается значением входа **udiTimeOut** (задается в микросекундах);
3. Совместное использование вариантов 1 и 2 (**TlTo**).

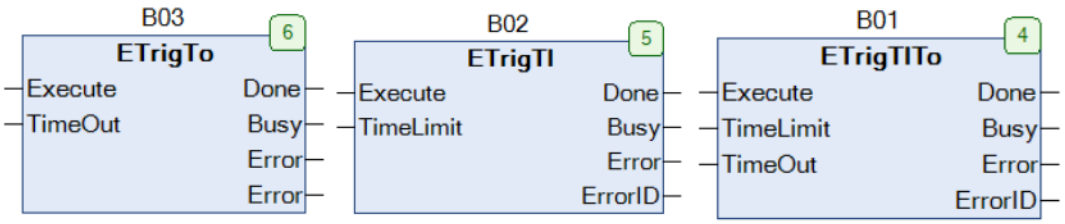
Как работает вход udiTimeLimit?

ФБ может выполнять сложную операцию, и это потребует длительного времени. Вход **udiTimeLimit** позволяет определить максимальное время, которое блок может потратить на попытку выполнения операции в пределах одного цикла ПЛК. Таким образом, сложные операции будут выполняться несколько циклов, но при этом не будут блокировать работу других задач приложения.

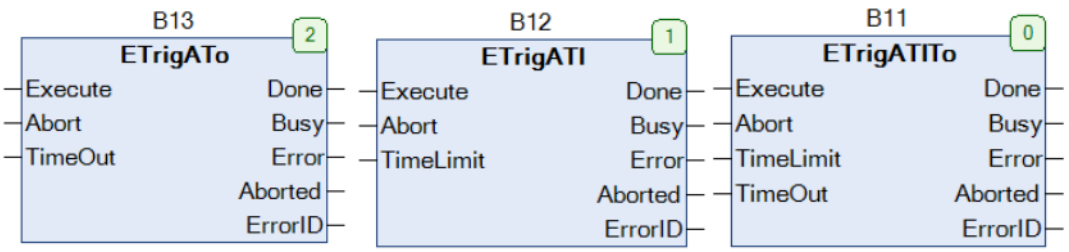
Как работает вход udiTimeOut?

При выполнении некоторых операций функциональному блоку могут потребоваться сигналы о возникновении определенных внешних событий (например, получения ответа от другого устройства). Блок ожидает их либо в своем внутреннем цикле (состояние *BUSY WAIT*), либо выполняет проверку их возникновения при каждом своем вызове. Вход **udiTimeOut** позволяет ограничить время этого ожидания. При его превышении блок детектирует ошибку – выход **xError** принимает значение TRUE, а выход **eErrorID** – значение *ERROR.TIME_OUT*.

Примеры ФБ с таймерами и без входа прерывания



Примеры ФБ с таймерами и входом прерывания



Примечание: в данных примерах названия входов/выходов приведены без префиксов.

Ниже приведена диаграмма состояний для наиболее сложного ФБ – **ETrigATlTo**. Выполнение условия TimeOut приводит к переходу в состояние **ERROR**. Условие TimeLimit проверяется в состоянии *Executing*.

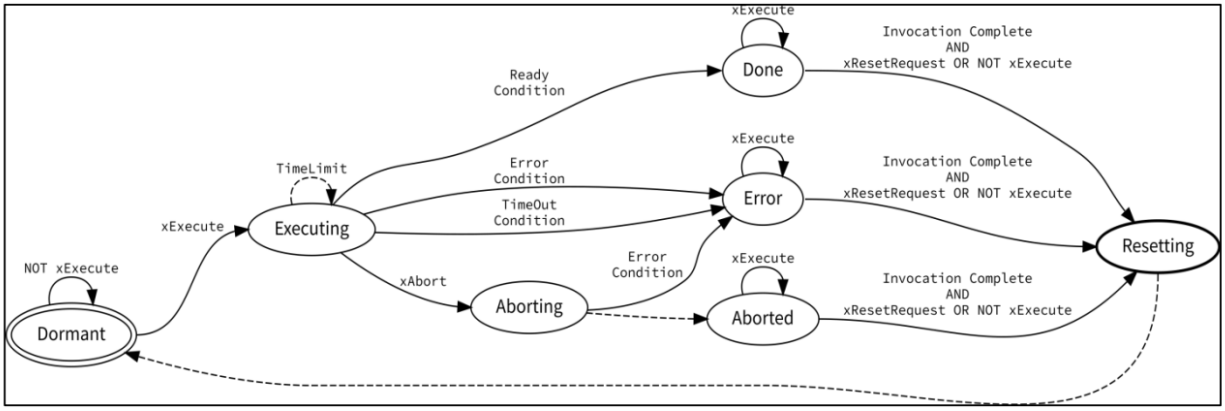


Рис. 9. Диаграмма состояний ФБ **ETrigATlTo**

Примечание: в приведенных выше диаграммах не используются триггеры переднего и заднего фронта (R_TRIG и F_TRIG). Вместо этого контролируются значения входов. Например, значение TRUE переменной **xExecute** определяет переход из состояния *Dormant* в состояние *Executing*.

Детальное описание принципа работы ФБ ETrigATlTo

1. Функциональный блок однократно вызывается в каждом цикле ПЛК независимо от каких-либо условий;
2. По переднему фронту на входе **xExecute** блок переходит из состояния *Dormant* в состояние **Executing**;

- Значения пользовательских входов[13] копируются и сохраняются внутри блока. Изменение значений входов в процессе работы блока не повлияет на выполняемую операцию;
- Выход **xBusy** устанавливается в значение TRUE. После этого переменной **xExecute** можно присвоить значение FALSE (*быстрое подтверждение*);

3. Начинается выполнение заданной операции;
4. Если время выполнения операции превышает значение **udiTimeLimit** (в мкс), то операция останавливается и будет продолжена при следующем вызове ФБ;
5. После окончания операции или выполнении определенных условий блок переходит в состояние *Done*, *Error* или *Aborted*. При этом выход **xBusy** принимает значение FALSE, а статусный выход, соответствующий новому состоянию (**xDone**, **xError** или **xAborted)** принимает значение TRUE как минимум на один цикл ПЛК. В каждый момент времени только один из статусных выходов может иметь значение TRUE. По заднему фронту на выходе **xBusy** инвертированное значение входа **xExecute** копируется внутрь ФБ и будет использоваться как условие сброса ФБ (см. **xResetRequest** в методах *HandleDoneState*, *HandleErrorState* и *HandleAbortedState*). Как следует из диаграммы состояний (см. выше), сброс ФБ производится:

- при *быстром подтверждении* – сразу же после завершения операции;
- при *стандартном подтверждении* – по заднему фронту входа **xExecute**.

[13] Речь идет о входах реального ФБ, связанных с конкретной задачей (прим. пер.).

Описание состояний, в которые блок может перейти после выполнения операции, приведено ниже:

a. *Done*:
Если заданная операция успешно завершена, то блок переходит в состояние *Done* и выход **xDone** принимает значение TRUE;

b. *Error*:
Если в процессе выполнения операции происходит ошибка, то блок переходит в состояние *Error*. Выход **xError** принимает значение TRUE, а на выход **eErrorID** транслируется код ошибки, определенный в перечислении **ERROR**;

c. *Timeout*:
Если общее время выполнения операции превышает значение входа **udiTimeOut** (в мкс), то блок переходит в состояние *Error*. Выход **xError** принимает значение TRUE, а на выход **eErrorID** транслируется код ошибки *ERROR.TIME_OUT*;

d. *Abort*:
Если вход **xAbort** принимает значение TRUE, то блок переходит в состояние *Aborting*. Выполнение заданной операции прерывается, после чего выход **xAborted** устанавливается в значение TRUE и блок переходит в состояние *Aborted*. Если при прерывании операции возникают ошибки в работе блока, то блок переходит в состояние *Error*. Выход **xError** принимает значение TRUE, а на выход **eErrorID** транслируется код ошибки, определенный в перечислении **ERROR**;

6. После появления на одном из статусных выходов (**xDone, xError** или **xAborted**) значения TRUE вход **xExecute** может быть опять установлен в значение TRUE для повторного выполнения операции (*быстрое подтверждение*);
7. Значения статусных выходов должны устанавливаться в TRUE как минимум на один цикл ПЛК. В каждый момент времени может быть активен только один из этих выходов;
8. Значения нестатусных выходов ФБ (т.е. всех выходов, кроме **xDone, xBusy, xError, eErrorID** и **xAborted**) являются действительными только в том случае, если выход **xDone** имеет значение TRUE;
9. Если после окончания выполнения операции вход **xExecute** принимает значение FALSE (*стандартное подтверждение*) или выполняется условие сброса ФБ (*быстрое подтверждение*), то блок переходит в состояние *Resetting*;
10. Все выходы инициализируются их начальными значениями. Выполнение всех операций прекращается, и все занятые ресурсы системы освобождаются. Выходы **xDone**, **xError** и **xAborted** устанавливаются в значение FALSE;
11. После переинициализации блока происходит переход в состояние *Dormant*.

5.4. Пример реализации ФБ ETrigATlTo на языке ST

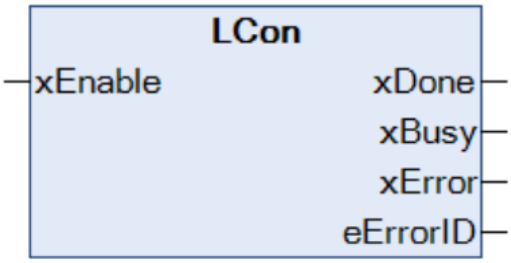
Пример реализации ФБ **ETrigATlTo** на языке ST приведен в Приложении 1.3.8.

6. Описание ФБ типа Enable

6.1. Базовый ФБ: LCon

ФБ **LCon** является простейшим блоком типа **Enable** и имеет только один вход. Ниже приведено текстовое и графическое представление входов и выходов блока.

Текстовое представление	Графическое представление

FUNCTION_BLOCK LCon
VAR_INPUT
    xEnable: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    xDone: BOOL;
    xBusy: BOOL;
    xError: BOOL;
    eErrorID: INT;
END_VAR
	

На рис. 9 приведена диаграмма состояний ФБ **LCon**. Блок имеет 6 возможных состояний: *Dormant*, *Executing*, *Done, Aborting*, *Error* и *Resetting*.

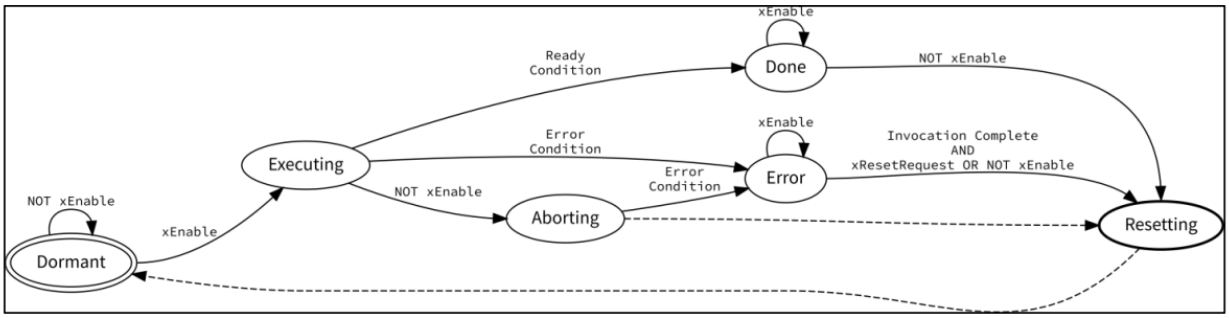


Рис. 9. Диаграмма состояний ФБ **LCon**

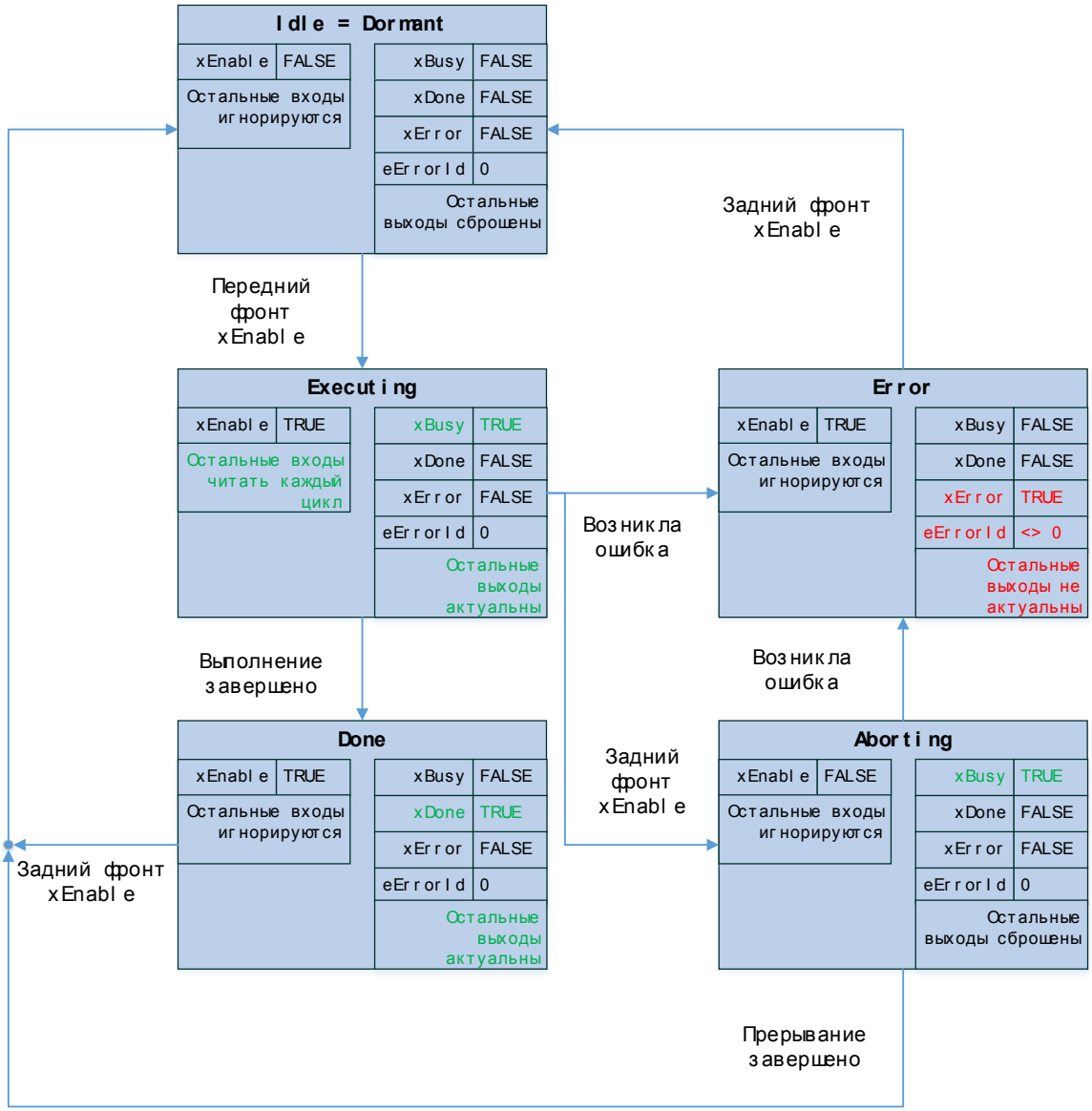


Рис. 10. Диаграмма состояний ФБ **LCon** с описаниями входов/выходов[14]

6.2. Пример реализации ФБ LCon на языке ST с использованием ООП

Перечисление STATE:

```
TYPE STATE :
(
      DORMANT,      // ожидание запуска
      EXECUTING,    // выполнение операции
      ABORTING,     // прерывание операции
      DONE,         // завершение операции
      ERROR,        // ошибка
      RESETTING     // переинициализация
);
END_TYPE
```

[14] На этом рисунке состояние Resetting объединено с состоянием Dormant.

Перечисление ERROR:

```
TYPE ERROR :
(
      NO_ERROR :=0,
      TIME_OUT := 1
      (*...*)
);
END_TYPE
```

Код ФБ LCon:

```
FUNCTION_BLOCK LCon
VAR_INPUT
      // пока вход имеет значение TRUE – операция выполняется
      // если вход принимает значение FALSE, то выполнение операции прекращается
      xEnable:   BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
      // флаг «операция успешно завершена»
      xDone:     BOOL;
      // флаг «операция в процессе выполнения»
      xBusy:     BOOL;
      // флаг «произошла ошибка»
      xError:    BOOL;
      // код ошибки
      eErrorID:  ERROR;
END_VAR
VAR
       eState:   STATE;
       xResetRequest: BOOL;
END_VAR
VAR_TEMP
       xAgain:   BOOL;
END_VAR

REPEAT
      xAgain := FALSE;
      CASE eState OF
            STATE.DORMANT: HandleDormantState(xAgain=>xAgain);
            STATE.EXECUTING: HandleExecutingState(xAgain=>xAgain);
            STATE.DONE: HandleDoneState(xAgain=>xAgain);
            STATE.ERROR: HandleErrorState(xAgain=>xAgain);
            STATE.ABORTING: HandleAbortingState(xAgain=>xAgain);
            STATE.RESETTING: HandleResettingState(xAgain=>xAgain);
      END_CASE
UNTIL NOT xAgain
END_REPEAT;
```

Обработчик для состояния Dormant:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
      xAgain: BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
       xBusy  := TRUE;
       eState := STATE.EXECUTING;
       xAgain := TRUE;
END_IF
```

Обработчик для состояния Executing:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
```

```
VAR_OUTPUT
	xAgain    : BOOL;
END_VAR
VAR
	xComplete : BOOL;
	xTimeOut  : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
	CyclicAction
	(
		xComplete=>xComplete,
		eErrorID=>eErrorID
	);
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
	eState := STATE.ERROR;
	xAgain := TRUE;
ELSIF NOT xEnable THEN
	eState := STATE.ABORTING;
	xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
	eState := STATE.DONE;
	xAgain := TRUE;
END_IF
```

Обработчик для состояния Aborting:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
	xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
	xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction
(
	xComplete=>xComplete,
	eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
	eState := STATE.ERROR;
	xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
	eState := STATE.RESETTING;
	xAgain := TRUE;
END_IF
```

Обработчик для состояния Done:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
	xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND NOT xEnable THEN
	eState := STATE.RESETTING;
	xAgain := TRUE;
ELSE
	xBusy := FALSE;
	xDone := TRUE;
	xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

Обработчик для состояния Error:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
	xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xEnable) THEN
	eState := STATE.RESETTING;
	xAgain := TRUE;
ELSE
	xBusy  := FALSE;
	xError := TRUE;
	xResetRequest := NOT xEnable;
	xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

Обработчик для состояния Resetting:

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
	xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
	 xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
	 xBusy := FALSE;
	 xDone := FALSE;
	 xError := FALSE;
	 eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
	 eState := STATE.DORMANT;
	 xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
	 xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

Пример реализации уникальных методов ФБ

Приведенный ниже код следует использовать только в качестве примера. Программист должен написать свою реализацию для конкретной задачи.

Реализация CyclicAction:

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
	xComplete : BOOL;
	eErrorID  : ERROR;
END_VAR

IF xEnable THEN
	(* Executing *)
	// при каждом вызове считываем значения входов
	// выполняем операцию. Если она успешно завершена, то ⇒ xComplete := TRUE
	// если произошла ошибка, то xError := TRUE и присваиваем eErrorID код ошибки
	 xComplete := TRUE;
	 eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
END_IF
```

```
IF NOT xEnable OR xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
       (* Cleaning *)
       // освобождаем все используемые ресурсы системы
END_IF
```

Реализация AbortAction:

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
        xComplete : BOOL;
        eErrorID : ERROR;
END_VAR

// прекращаем выполнение операции
// если произошла ошибка, то xError := TRUE и присваиваем eErrorID код ошибки
xComplete := TRUE;
eErrorID  := ERROR.NO_ERROR;
```

Реализация ResetAction:

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
        xComplete : BOOL;
END_VAR
// освобождаем все используемые ресурсы системы
// переинициализируем переменные
xComplete := TRUE;
```

6.3. Добавляем таймеры

Время выполнения ФБ можно ограничить с помощью таймеров. Существует три варианта ограничения:

1. **TimeLimit** (**Tl** и **TlC**[15]) – время, затрачиваемое на выполнении операции в пределах одного цикл ПЛК, ограничивается значением входа **udiTimeLimit** (задается в микросекундах). Таким образом, сложные операции будут выполняться несколько циклов, но при этом не будут блокировать работу других задач приложения;
2. **TimeOut (To)** – общее время выполнения операции ограничивается значением входа **udiTimeOut** (задается в микросекундах);
3. Совместное использование вариантов 1 и 2 (**TlTo**).

Более подробная информация приведена в п. 3.4.

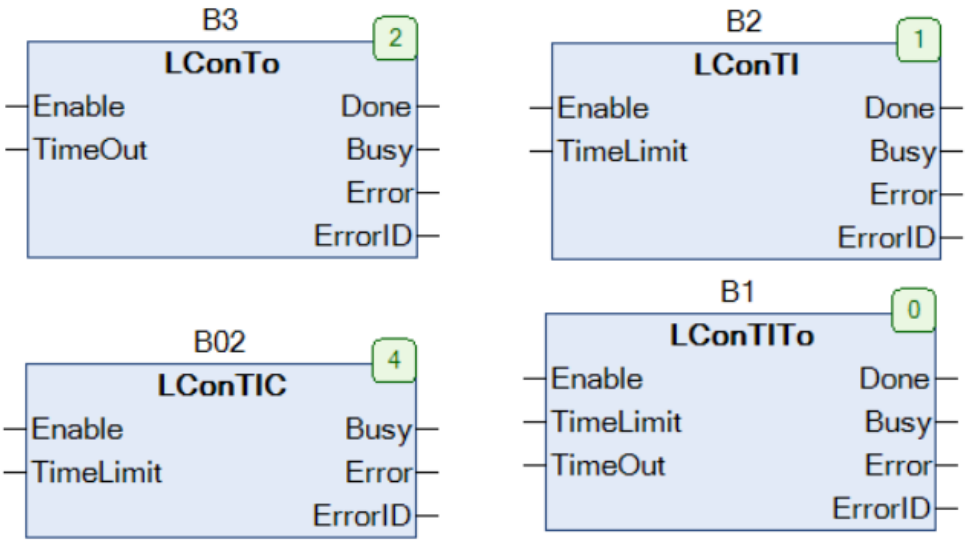


Рис. 11. Примеры ФБ типа **Enable** с таймерами

Примечание: в данных примерах названия входов/выходов приведены без префиксов.

Пример реализации ФБ LConTl на языке SFC

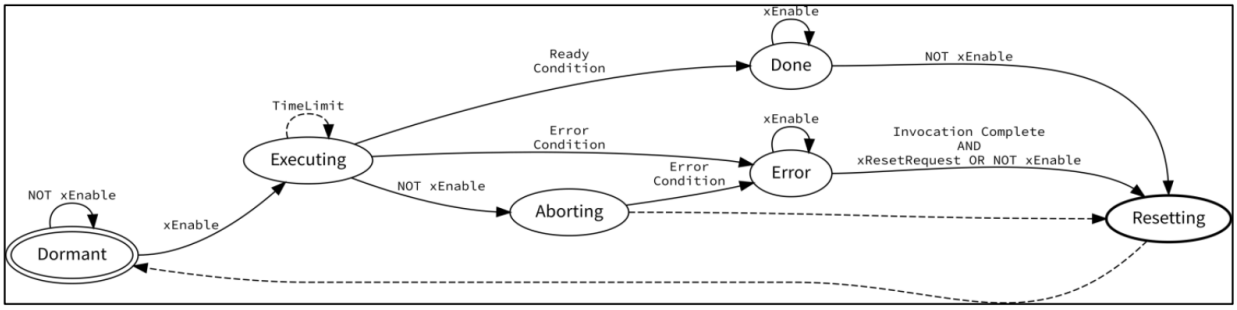


Рис. 12. Диаграмма состояний ФБ **LConTl**

[15] «TlC» означает TimeLimit Continuous – такие ФБ не имеют выхода xDone (т.е. выполняемая ими операция не имеет условия завершения)

Ниже приведен пример реализации ФБ **LConTl** на языке SFC в соответствии с диаграммой состояний, изображенной на рис. 12. Каждое состояние представляет собой шаг SFC, содержащий нужные действия. Каждое действие имеет соответствующий классификатор.

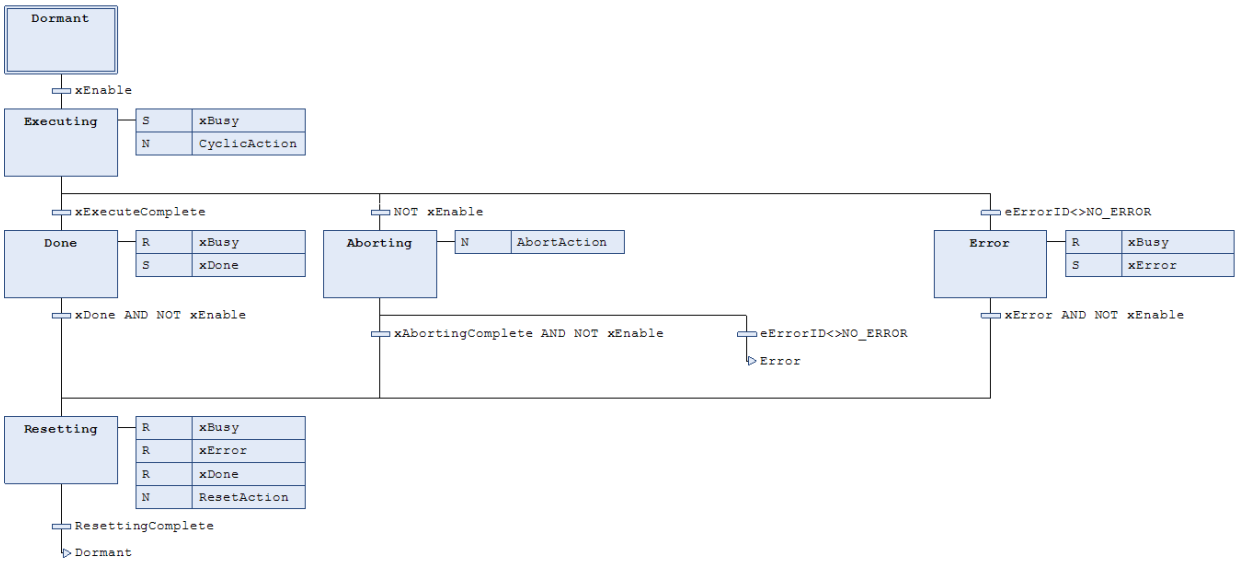


Рис. 13. Пример реализации ФБ **LConTl** на языке SFC

Пример реализации ФБ LConTlTo на языке SFC

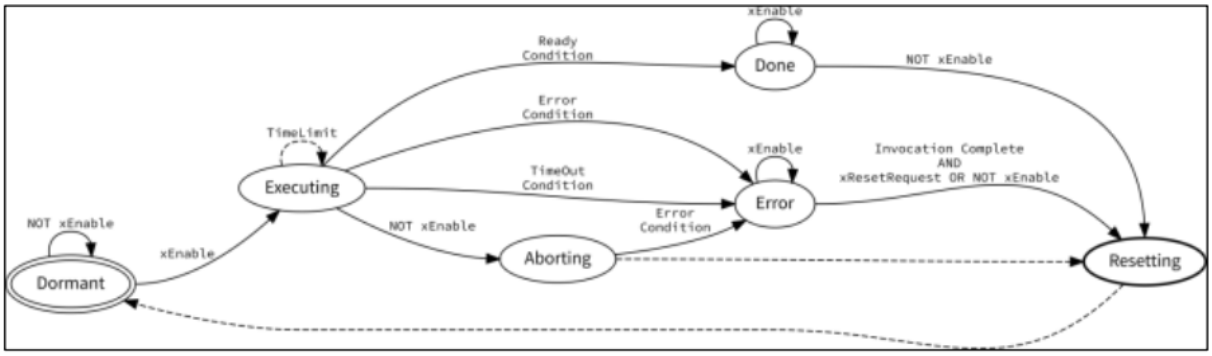


Рис. 14. Диаграмма состояний ФБ **LConTlTo**

Детальное описание принципа работы ФБ LConTlTo

1. Функциональный блок однократно вызывается в каждом цикле ПЛК независимо от каких-либо условий;

2. По переднему фронту на входе **xEnable** блок переходит из состояния *Dormant* в состояние *Executing*;

- Значения пользовательских входов[16] не сохраняются внутри блока. Изменение значений входов в процессе работы блока будет влиять на выполняемую операцию;
- Выход **xBusy** устанавливается в значение TRUE;

3. Начинается выполнение заданной операции;

4. Если время выполнения операции превышает значение **udiTimeLimit** (в мкс), то операция останавливается и будет продолжена при следующем вызове ФБ;

[16] Речь идет о входах реального ФБ, связанных с конкретной задачей (прим. пер.).

5. После окончания операции или выполнении определенных условий блок переходит в состояние *Done*, *Error* или *Aborted*. При этом выход **xBusy** принимает значение FALSE, а выход, соответствующий новому состоянию (**xDone**, **xError** или **xAborted**) принимает значение TRUE как минимум на один цикл ПЛК. В каждый момент времени только один из статусных выходов (**xDone**, **xError** или **xAborted**) может иметь значение TRUE. По заднему фронту на выходе **xBusy** инвертированное значение входа **xEnable** копируется внутрь ФБ и будет использоваться как условие сброса ФБ (см. **xResetRequest** в методе, *HandleErrorState*). Как следует из диаграммы состояний (см. выше), сброс ФБ производится:

- при *быстром подтверждении* – сразу же после завершения операции;
- при *стандартном подтверждении* – по заднему фронту входа **xEnable**.

Описание состояний, в которые блок может перейти после выполнения операции, приведено ниже:

a. *Done*[17]:

Если заданная операция успешно завершена, то блок переходит в состояние *Done* и выход **xDone** принимает значение TRUE;

b. *Error*:

Если в процессе выполнения операции происходит ошибка, то блок переходит в состояние *Error*. Выход **xError** принимает значение TRUE, а на выход **eErrorID** транслируется код ошибки, определенный в перечислении **ERROR**;

c. *Timeout*:

Если общее время выполнения операции превышает значение входа **udTimeOut** (в мкс), то блок переходит в состояние *Error*. Выход xError принимает значение TRUE, а на выход **eErrorID** транслируется код ошибки *ERROR.TIME_OUT*;

d. *Abort*:

Если вход **xEnable** принимает значение FALSE, то блок переходит в состояние *Aborting*. Выполнение заданной операции прерывается, после чего выход **xAborted** устанавливается в значение TRUE и блок переходит в состояние *Resetting*. Если при прерывании операции возникают ошибки в работе блока, то блок переходит в состояние *Error*. Выход **xError** принимает значение TRUE, а на выход **eErrorID** транслируется код ошибки, определенный в перечислении *ERROR*;

6. После появления на выходе **xError** значения TRUE вход **xEnable** может быть опять установлен в значение TRUE (*быстрое подтверждение*);

7. Значения перечисленных выходов (**xDone** и **xError**) должны устанавливаться в TRUE как минимум на один цикл ПЛК. В каждый момент времени может быть активен только один из этих выходов;

8. Если вход **xEnable** принимает значение FALSE (*стандартное подтверждение*) или выполняется условие сброса ФБ (*быстрое подтверждение*), то блок переходит в состояние *Resetting*;

9. Все выходы инициализируются их начальными значениями. Выполнение всех операций прекращается, и все занятые ресурсы системы освобождаются. Выходы **xDone** и **xError** устанавливаются в значение FALSE;

10. После переинициализации блока происходит переход в состояние *Dormant.*

Пример реализации ФБ **LConTlTo** на языке SFC идентичен реализации ФБ **LConTl** (см. рис. 13). Пример реализации на языке ST приведен в Приложении 1.4.4.

[17] В некоторых ситуациях может потребоваться ФБ без выхода Done. Примерами таких ФБ могут служить MC_Power из спецификации управления движением и TCP_Server, рассмотренный в п. 3.7. В этом случае в качестве основы для блока следует выбрать ФБ LConC или LConTlC.

Приложение 1. Спецификации ФБ типов Execute и Enable

В этом разделе представлены примеры реализации ФБ согласно модели **PLCopen**. Исходный код примеров доступен на сайте http://www.plcopen.org в виде текстовых файлов. Их содержимое может быть легко скопировано в любую среду разработки с поддержкой языка ST.

Приложение 1.1. Основная информация о примерах

Некоторые фрагменты примеров очень похожи. Методы с модификатором **PRIVATE FINAL** являются критически важной частью реализации и должны использоваться именно в приведенной форме. Методы с модификатором **PROTECTED** являются шаблонами, которые пользователь должен адаптировать под свои задачи.

Необходимо обратить внимание на следующие принципиальные моменты:

- Порядок обработки переменных **xExecute**, **xComplete**, **eErrorID** и **xAbort** определяет поведение блока в тех случаях, когда их значения изменяются одновременно (в одном цикле ПЛК);
- Обработка переменной **xResetRequest** определяет поведение блока при *быстром подтверждении* сброса;
- Обработка встроенного ФБ **TimingController** определяет поведение блока при превышении общего максимального времени выполнения (**xTimeOut**) или времени выполнения, выделенного на один цикл ПЛК (**xTimeLimit**);
- Если блок перешел в состояние *Abort* или *Error*, то он не может перейти в состояние *Done* до следующего перезапуска. В этих состояниях выход **eErrorID** не может иметь значение *ERROR.NO_ERROR*. При возникновении ошибки во время прерывания операции блок может перейти в состояние *Error*, при этом код ошибки **eErrorID** будет перезаписан;
- Ошибка превышения общего максимального времени выполнения ФБ (*ERROR.TIME_OUT*) имеет наименьший приоритет, и ее код не может перезаписать любую другую ошибку (**eErrorID** ≠ *ERROR.TIME_OUT*);
- Выполнение шагов, в названиях которых есть суффикс *–ing* (например, *Executing*), может занимать несколько циклов ПЛК. Они будут выполняться до тех пор, пока не перейдут в одно из своих внутренних состояний (*Done, Abort, Timeout* или *Error*).

Любая реализация модели поведения **PLCopen** должна учитывать описанные выше особенности и соответствовать спецификациям из данного документа. Чтобы избежать неверных интерпретаций, в дополнение к исходному коду примеров также приведены циклограммы ФБ.

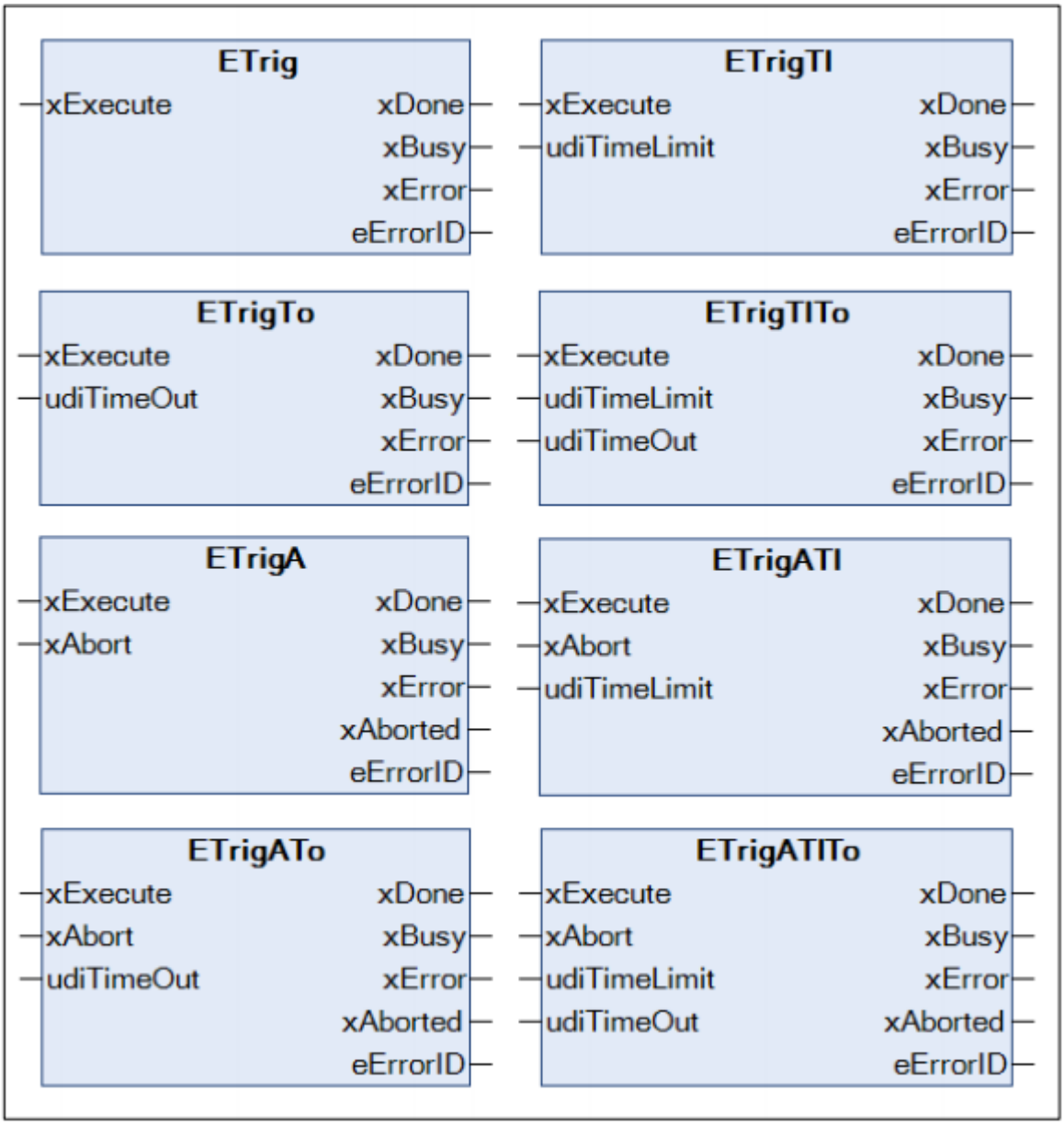
Приложение 1.2. Обзор входов/выходов

ФБ	Входы				Выходы				Описание
	Execute	TimeOut	TimeLimit	Abort	Done	Busy	Error/ErrorID	Aborted	
ETrig	+				+	+	+		Базовый ФБ типа Execute.
ETrigTl	+		+		+	+	+		ФБ типа Execute со входом TimeLimit.
ETrigTo	+	+			+	+	+		ФБ типа Execute со входом TimeOut.
ETrigTlTo	+	+	+		+	+	+		ФБ типа Execute со входами TimeLimit и TimeOut.
ETrigA	+			+	+	+	+	+	ФБ типа Execute со входом Abort.
ETrigATl	+		+	+	+	+	+	+	ФБ типа Execute со входами Abort и TimeLimit.
ETrigATo	+	+		+	+	+	+	+	ФБ типа Execute со входами Abort и TimeOut.
ETrigATlTo	+	+	+	+	+	+	+	+	ФБ типа Execute со входами Abort, TimeLimit и TimeOut.

ФБ	Входы			Выходы			Описание
	Enable	TimeOut	TimeLimit	Busy	Error/ErrorID	Done	
LCon	+			+	+	+	Базовый ФБ типа Enable.
LConTl	+		+	+	+	+	Базовый ФБ типа Enable со входом TimeLimit.
LConTo	+	+		+	+	+	Базовый ФБ типа Enable со входом TimeOut.
LConTlTo	+	+	+	+	+	+	Базовый ФБ типа Enable со входами TimeLimit и TimeOut.
LConC	+			+	+		Базовый ФБ типа Enable Continuous[18].
LConTlC	+		+	+	+		Базовый ФБ типа Enable Continuous[17] со входом TimeLimit.

[18] Такие ФБ не имеют выхода xDone (т.е. выполняемая ими операция не имеет условия завершения).

Приложение 1.3. Обзор ФБ типа Execute

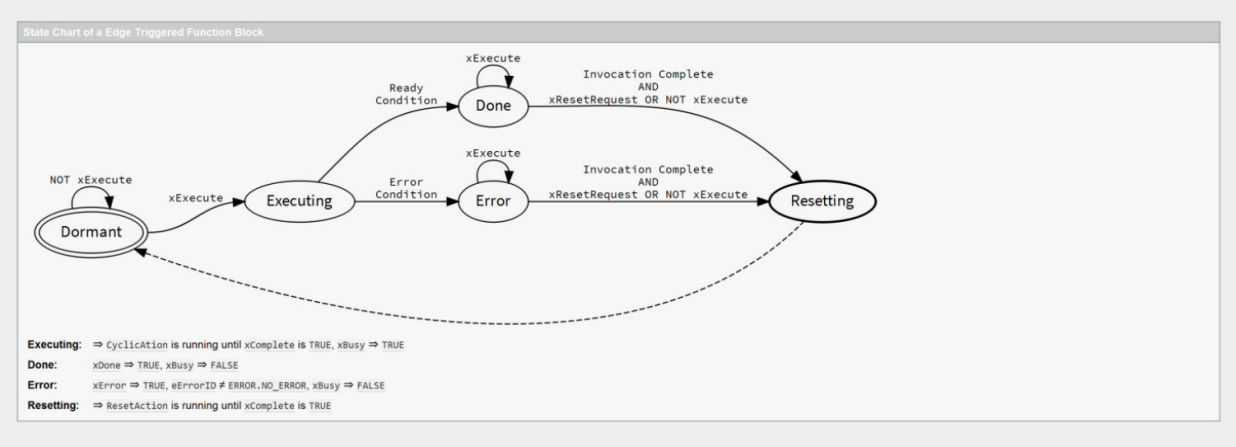


Примечание: на практике перечисления STATE и ERROR являются общими для библиотеки, а не объявляются для каждого ФБ, как в примерах ниже.

Приложение 1.3.1. ФБ ETrig

ETrig (Edge Triggered | Not Abortable | Not Time Limited | Not Time Out Constraint)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)

The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xExecute THEN
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

CyclicAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler of the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xFirstInvocation := TRUE;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

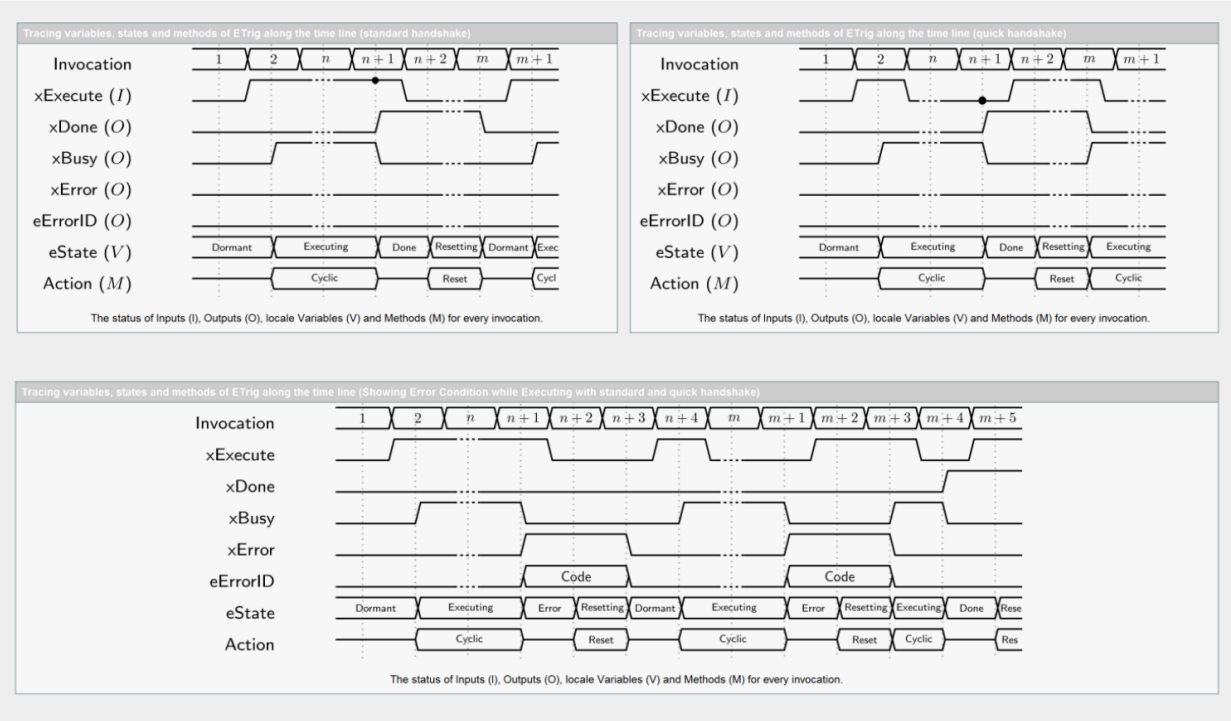
The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

IF xFirstInvocation THEN
    (* Starting *)
    // for the first (!) invocation,
    // sample the input variables
    xFirstInvocation := FALSE;
END_IF

(* Executing *)
// working to reach the ready condition
// => xComplete := TRUE
// if an error condition is reached
// => set eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;

IF xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

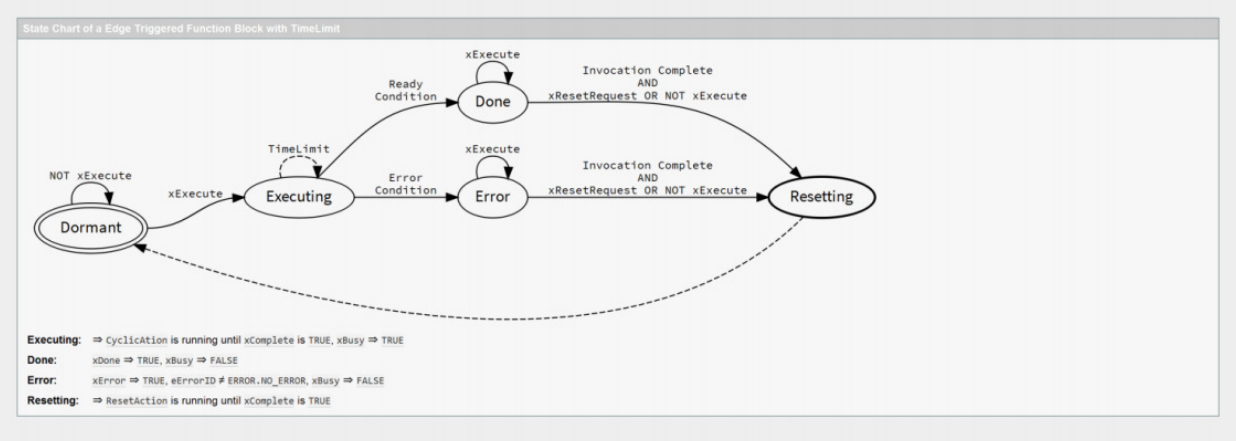
Циклограмма



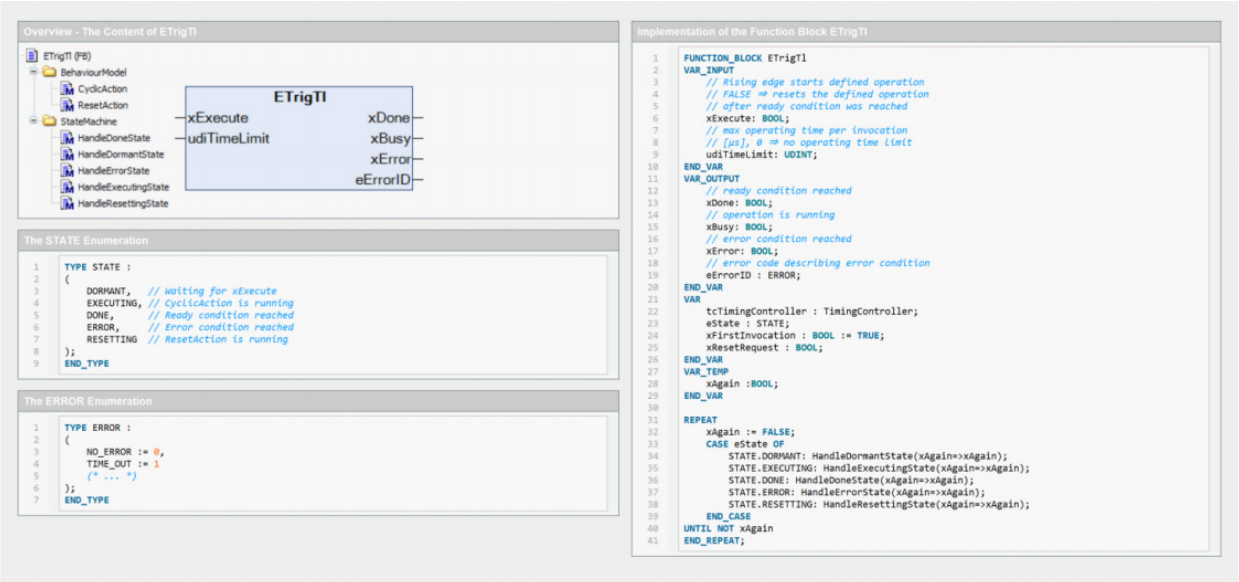
Приложение 1.3.2. ФБ ETrigTl

ETrigTl (Edge Triggered | Not Abortable | Time Limited | Not Time Out Constraint)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xExecute THEN
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
    xTimeLimit : BOOL;
END_VAR

tcTimingController.StartInvocationTimer();

CyclicAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler of the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xFirstInvocation := TRUE;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

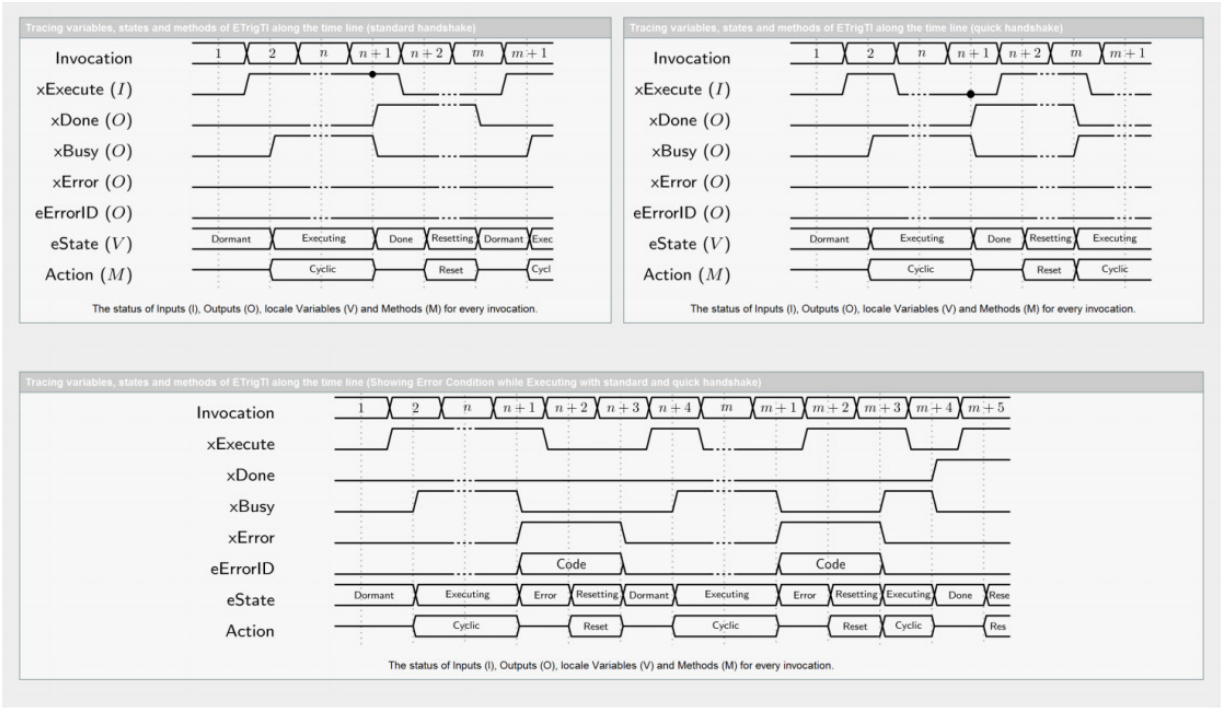
The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeLimit : BOOL;
END_VAR

IF xFirstInvocation THEN
    (* Starting *)
    // for the first (!) invocation,
    // sample the input variables
    tcTimingController.TimeLimit := udiTimeLimit;
    xFirstInvocation := FALSE;
END_IF

REPEAT
    (* Executing *)
    // working to reach the ready condition
    // => xComplete := TRUE
    // if the maximum invocation time is reached
    // => xTimeLimit := TRUE
    // if an error condition is reached set
    // eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
    tcTimingController.CheckTiming(
        xTimeLimit=>xTimeLimit
    );

    xComplete := TRUE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;

UNTIL xComplete OR xTimeLimit OR
      eErrorID <> ERROR.NO_ERROR
END_REPEAT

IF xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

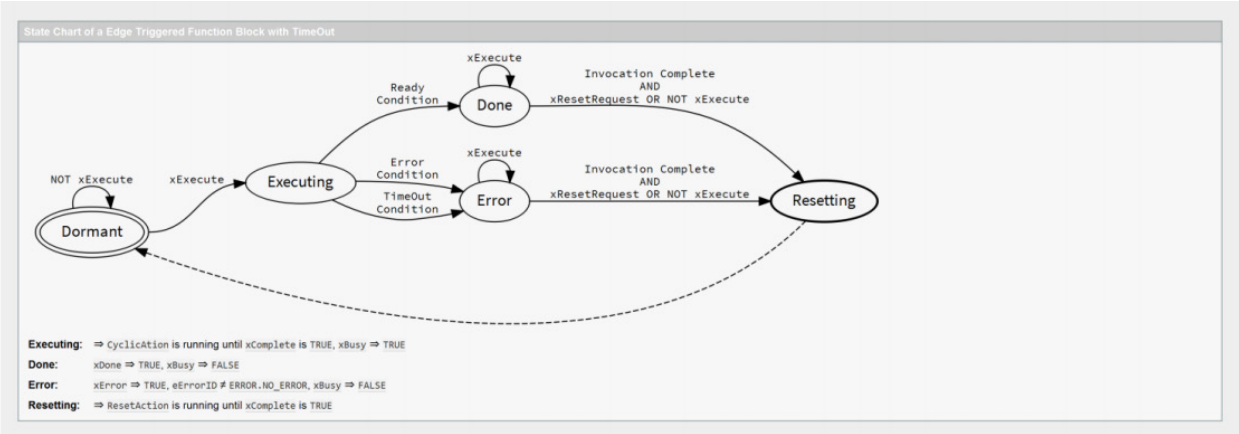
Циклограмма



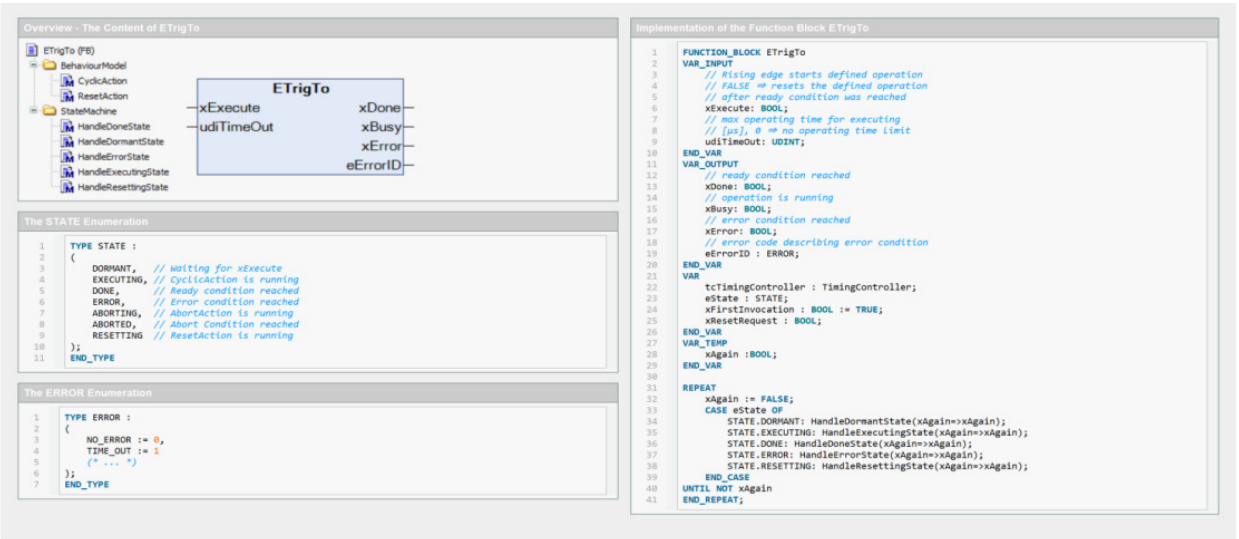
Приложение 1.3.3. ФБ ETrigTo

ETrigTo (Edge Triggered | Not Abortable | Not Time Limited | Time Out Constraint)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    tcTimingController.StartOperationTimer();
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

CyclicAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

tcTimingController.CheckTiming(xTimeOut=>xTimeOut);

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler of the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xFirstInvocation := TRUE;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

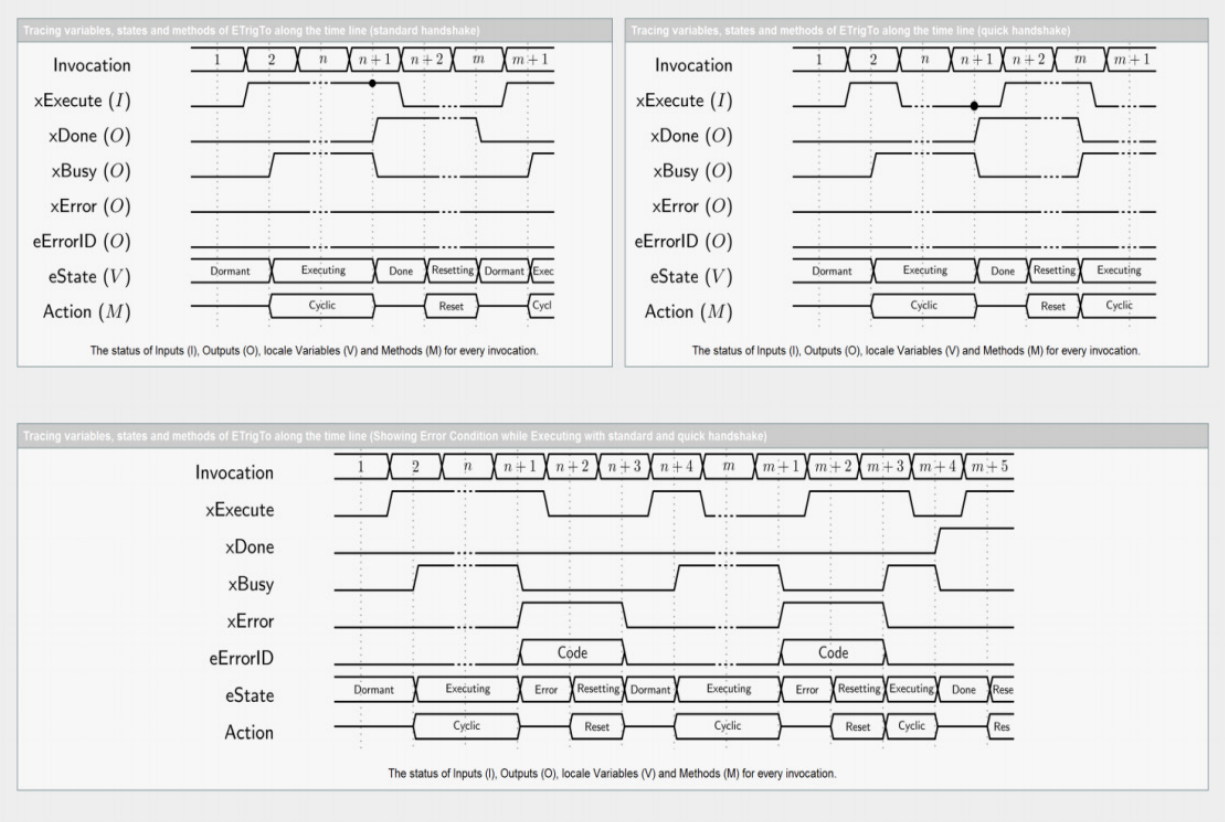
The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

IF xFirstInvocation THEN
    (* Starting *)
    // for the first (!) invocation,
    // sample the input variables
    tcTimingController.TimeOut := udiTimeOut;
    xFirstInvocation := FALSE;
END_IF

(* Executing *)
// working to reach the ready condition
// => xComplete := TRUE
// if the maximum operating time is reached
// => xTimeOut := TRUE
// if an error condition is reached
// => set eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
tcTimingController.CheckTiming(
    xTimeOut=>xTimeOut,
);

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

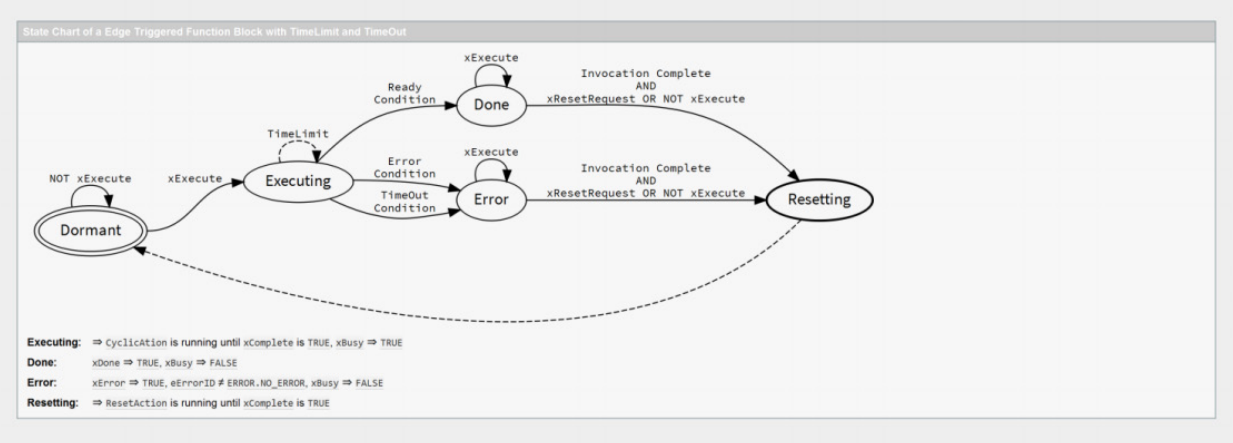
Циклограмма



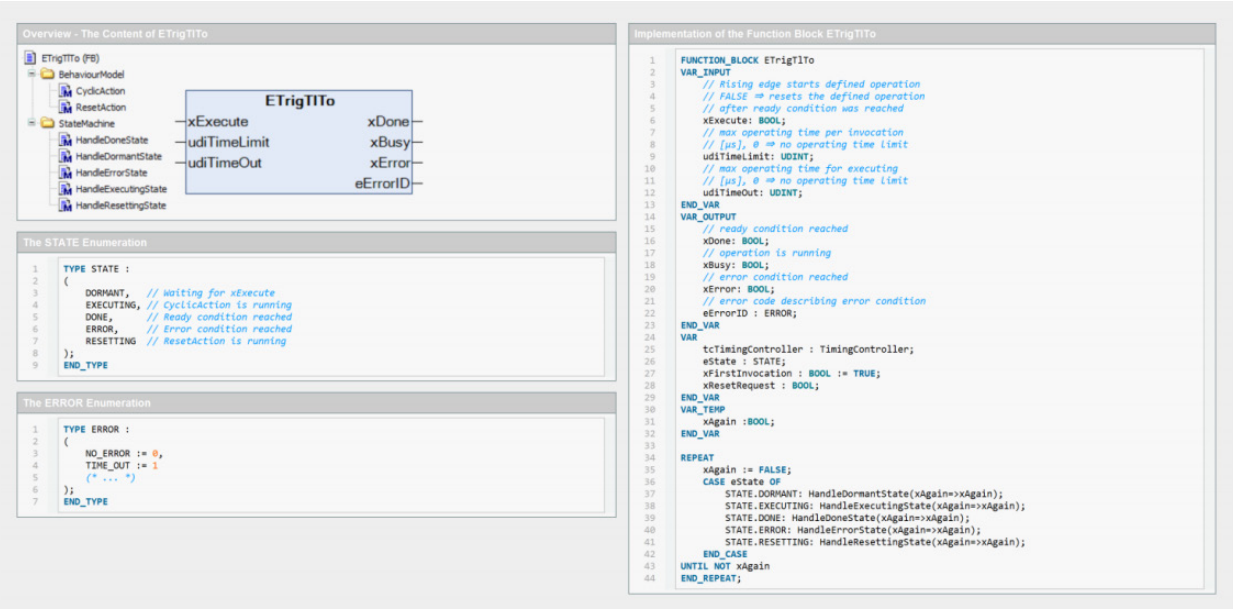
Приложение 1.3.4. ФБ ETrigTITo

ETrigTITo (Edge Triggered | Not Abortable | Time Limited | Time Out Constraint)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    tcTimingController.StartOperationTimer();
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

tcTimingController.StartInvocationTimer();

CyclicAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

tcTimingController.CheckTiming(xTimeOut=>xTimeOut);

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler of the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xFirstInvocation := TRUE;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

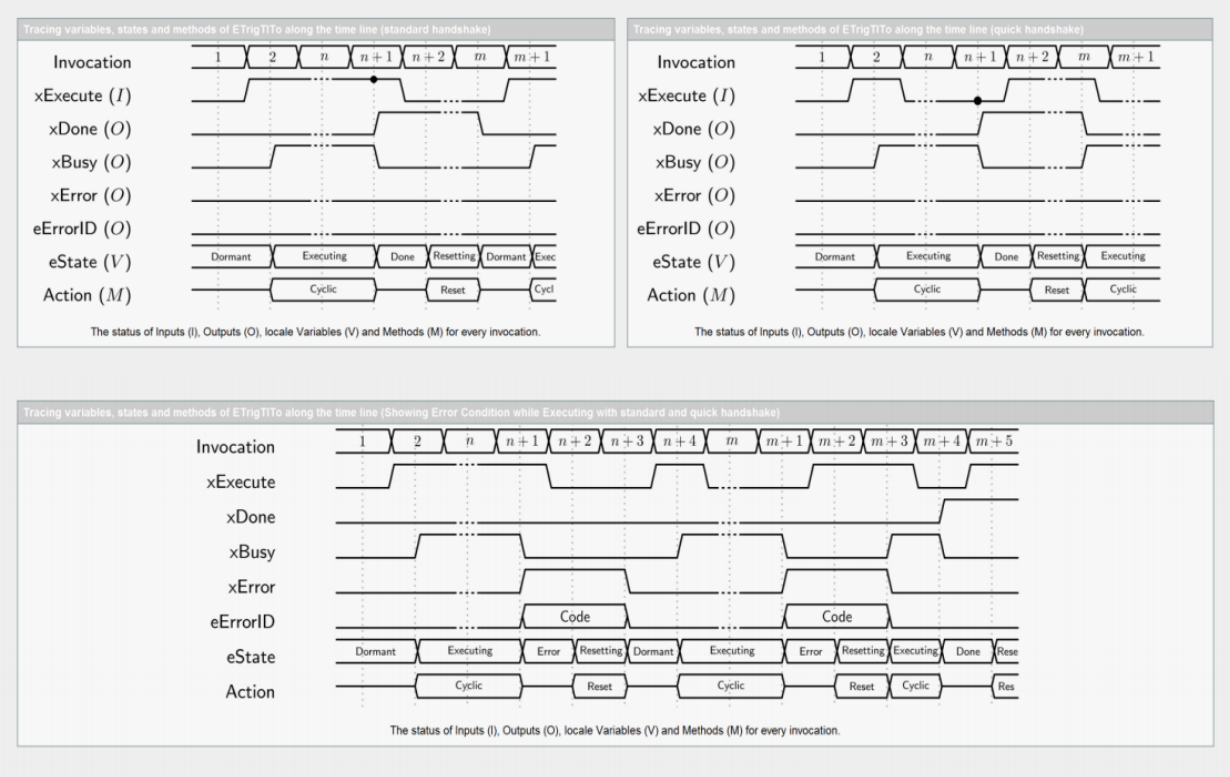
The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeOut : BOOL;
    xTimeLimit : BOOL;
END_VAR

IF xFirstInvocation THEN
    (* Starting *)
    // for the first (!) invocation,
    // sample the input variables
    tcTimingController.TimeLimit := udiTimeLimit;
    tcTimingController.TimeOut := udiTimeOut;
    xFirstInvocation := FALSE;
END_IF

REPEAT
    (* Executing *)
    // working to reach the ready condition
    // => xComplete := TRUE
    // if the maximum invocation time is reached
    // => xTimeLimit := TRUE
    // if the maximum operating time is reached
    // => xTimeOut := TRUE
    // if an error condition is reached
    // => set eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
    tcTimingController.CheckTiming(
        xTimeOut=>xTimeOut,
        xTimeLimit=>xTimeLimit
    );

    xComplete := TRUE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;

UNTIL xComplete OR xTimeOut OR xTimeLimit OR
      eErrorID <> ERROR.NO_ERROR
END_REPEAT

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

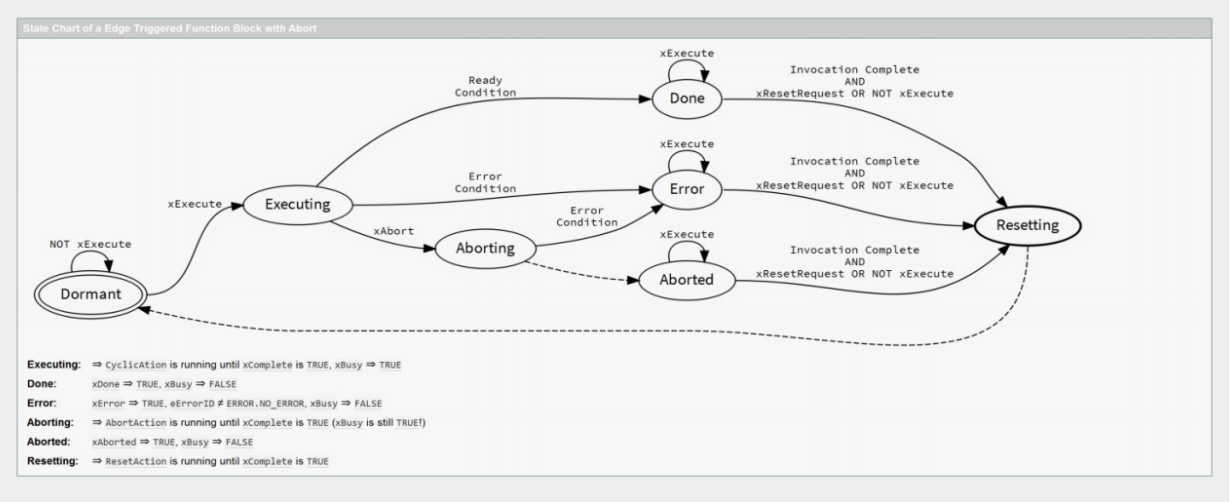
Циклограмма



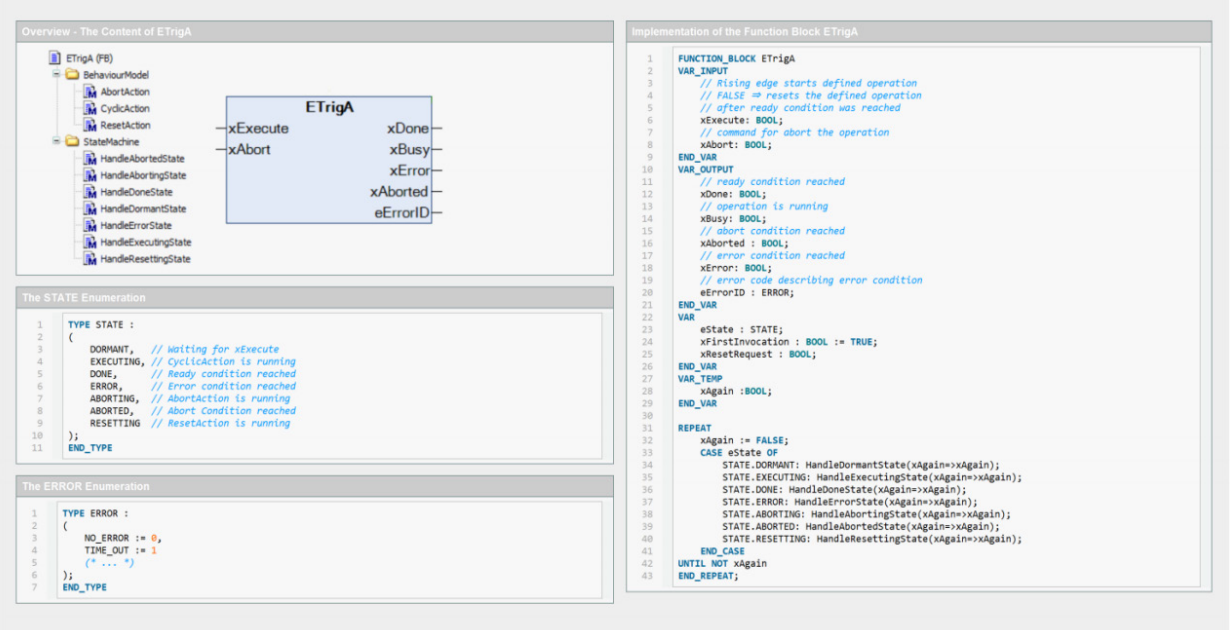
Приложение 1.3.5. ФБ ETrigA

ETrigA (Edge Triggered | Abortable | Not Time Limited | Not Time Out Constraint)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xExecute THEN
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

IF NOT xAbort THEN
    CyclicAction(
        xComplete=>xComplete,
        eErrorID=>eErrorID
    );
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xAbort THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.ABORTED;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Aborted State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortedState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xAborted AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xAborted := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler of the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    xAborted := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xFirstInvocation := TRUE;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

IF NOT xAbort THEN
    IF xFirstInvocation THEN
        (* Starting *)
        // for the first (1) invocation,
        // sample the input variables
        xFirstInvocation := FALSE;
    END_IF

    (* Executing *)
    // working to reach the ready condition
    // => xComplete := TRUE
    // if an error condition is reached
    // => set eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

    xComplete := TRUE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
END_IF

IF xAbort OR xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

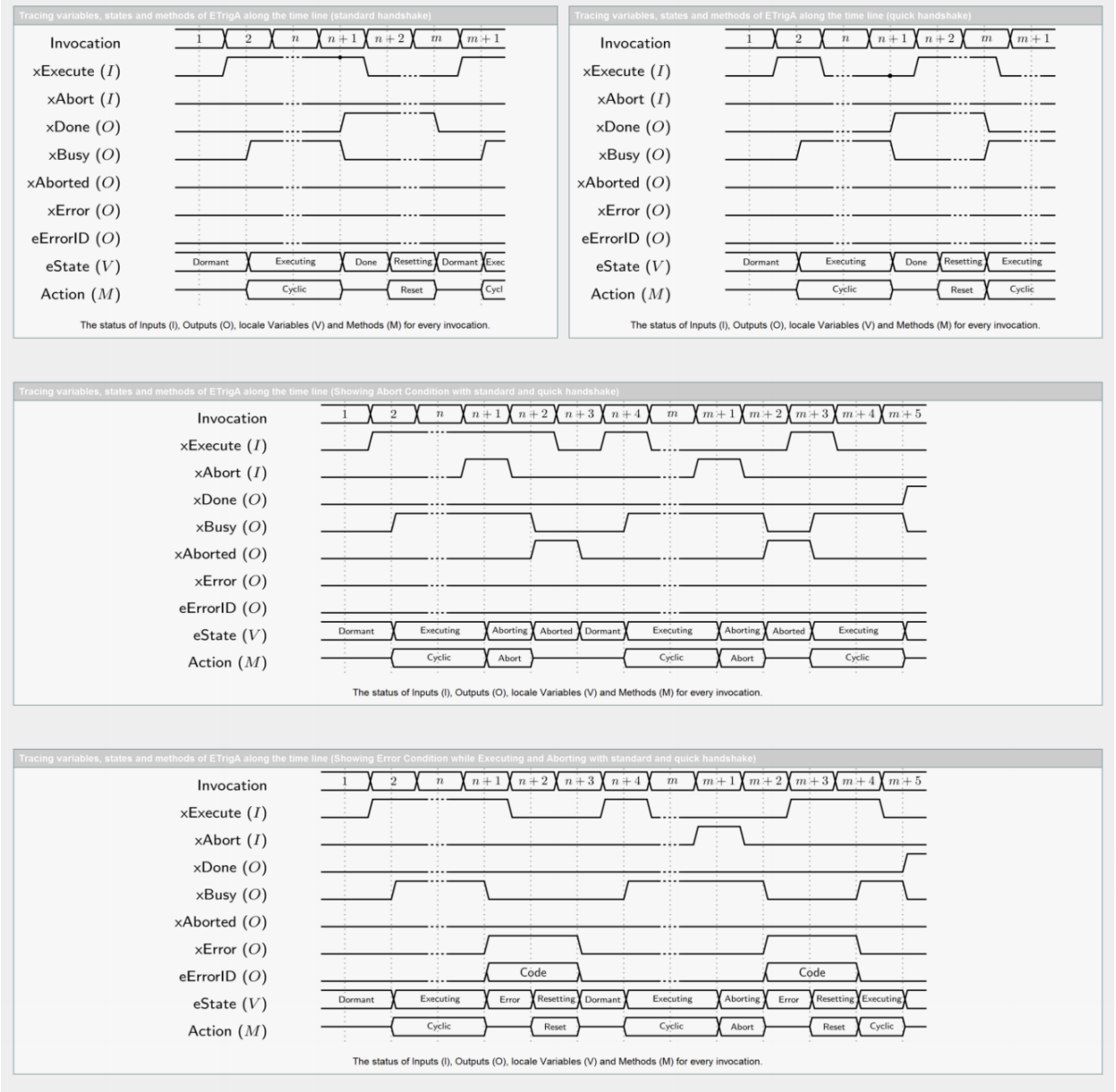
The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

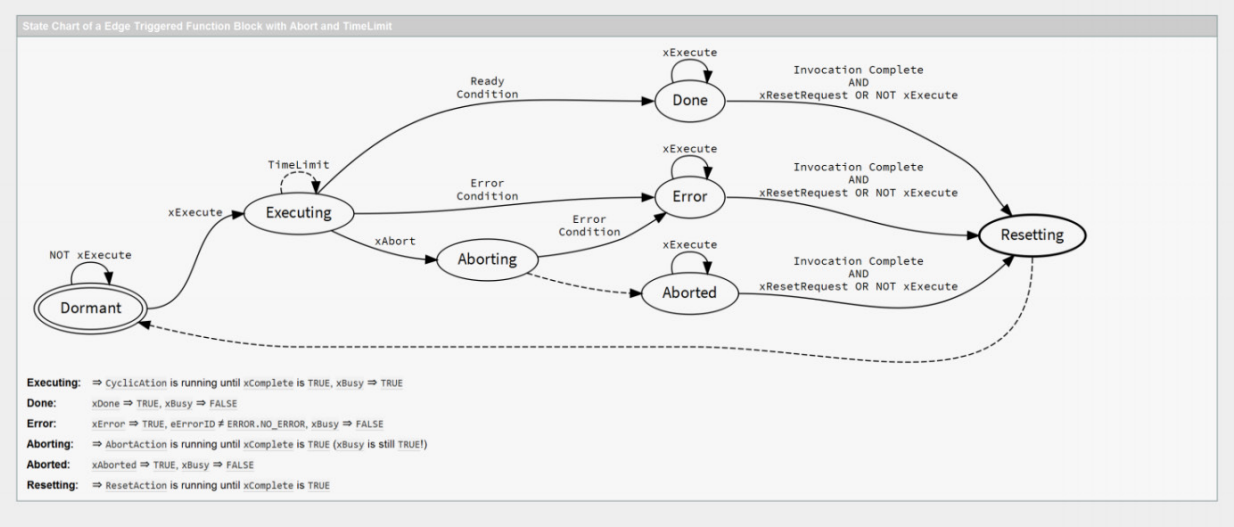
Циклограмма



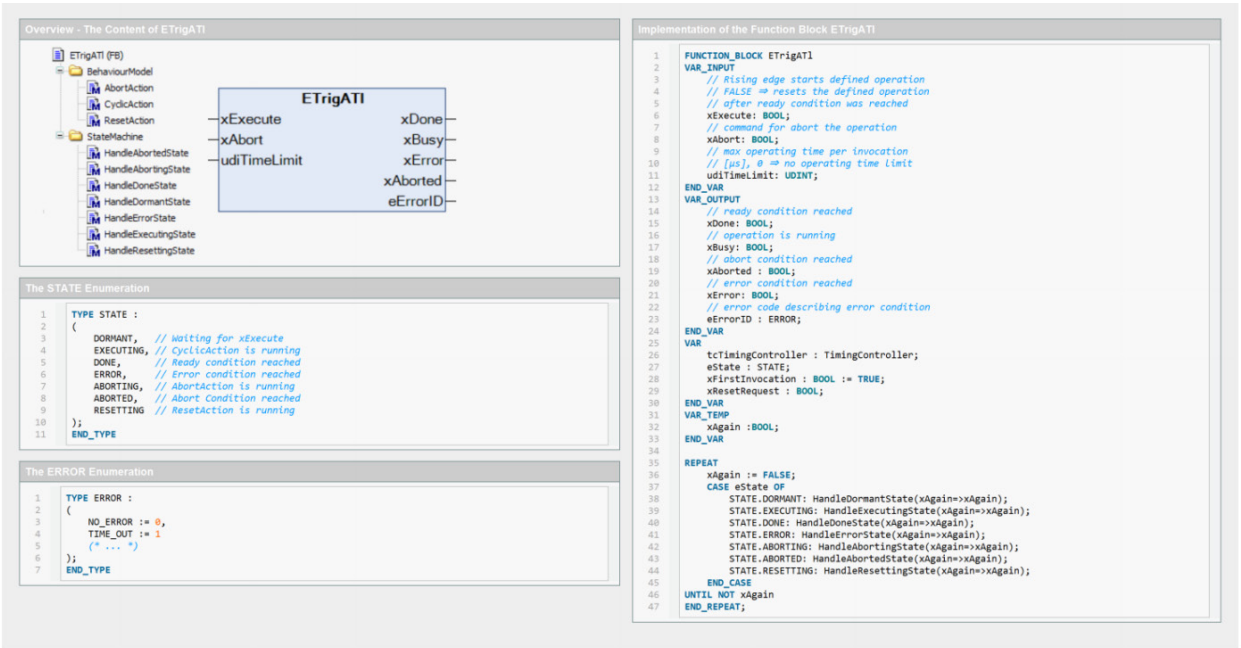
Приложение 1.3.6. ФБ ETrigATI

ETrigATI (Edge Triggered | Abortable | Time Limited | Not Time Out Constraint)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xExecute THEN
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

IF NOT xAbort THEN
    tcTimingController.StartInvocationTimer();

    CyclicAction(
        xComplete=>xComplete,
        eErrorID=>eErrorID
    );
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xAbort THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.ABORTED;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Aborted State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortedState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xAborted AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xAborted := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler of the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    xAborted := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xFirstInvocation := TRUE;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeLimit : BOOL;
END_VAR

IF NOT xAbort THEN
    IF xFirstInvocation THEN
        (* Starting *)
        // for the first (!) invocation,
        // sample the input variables
        tcTimingController.TimeLimit := udiTimeLimit;
        xFirstInvocation := FALSE;
    END_IF

    REPEAT
        (* Executing *)
        // working to reach the ready condition
        // => xComplete := TRUE
        // if the maximum invocation time is reached
        // => xTimeLimit := TRUE
        // if an error condition is reached
        // => set eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
       tcTimingController.CheckTiming(
            xTimeLimit=>xTimeLimit
       );

        xComplete := TRUE;
        eErrorID := ERROR.NO_ERROR;

    UNTIL xAbort OR xComplete OR xTimeLimit OR
          eErrorID <> ERROR.NO_ERROR
    END_REPEAT
END_IF

IF xAbort OR xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

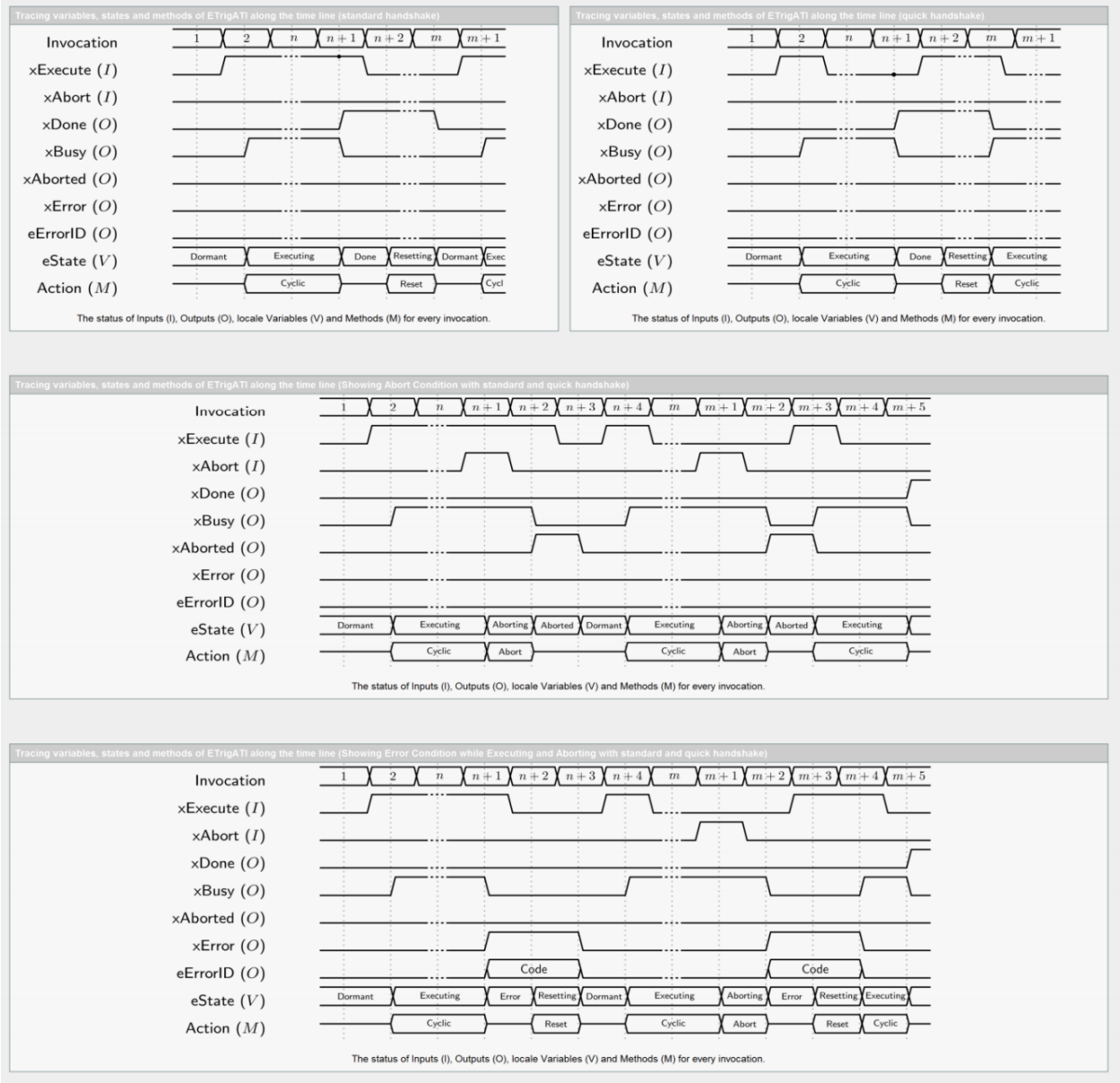
The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

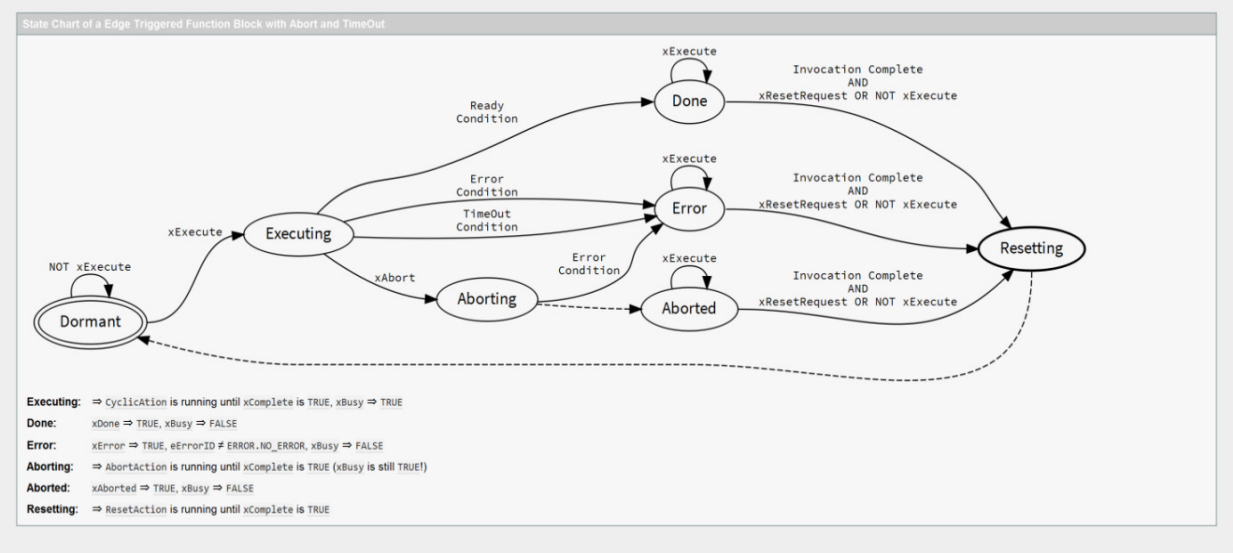
Циклограмма



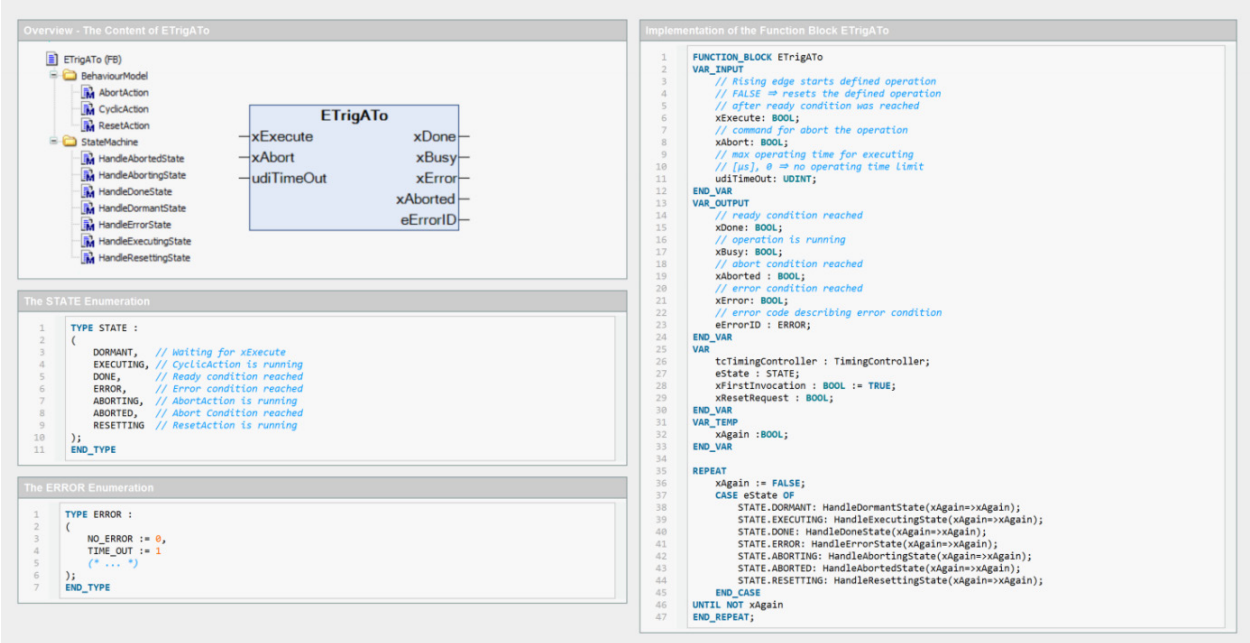
Приложение 1.3.7. ФБ ETrigATo

ETrigATo (Edge Triggered | Abortable | Not Time Limited | Time Out Constraint)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xExecute THEN
    tcTimingController.StartOperationTimer();
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

IF NOT xAbort THEN
    CyclicAction(
        xComplete=>xComplete,
        eErrorID=>eErrorID
    );

    tcTimingController.CheckTiming(xTimeOut=>xTimeOut);
END_IF

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xAbort THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.ABORTED;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Aborted State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortedState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xAborted AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xAborted := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler of the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    xAborted := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xFirstInvocation := TRUE;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

IF xAbort THEN
    IF xFirstInvocation THEN
        (* Starting *)
        // for the first (!) invocation,
        // sample the input variables
        tcTimingController.TimeOut := udiTimeOut;
        xFirstInvocation := FALSE;
    END_IF

    (* Executing *)
    // working to reach the ready condition
    // => xComplete := TRUE
    // if the maximum operating time is reached
    // => xTimeOut := TRUE
    // if an error condition is reached
    // => set eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
    tcTimingController.CheckTiming(
        xTimeOut=>xTimeOut,
    );

    xComplete := TRUE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
END_IF

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF xAbort OR xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

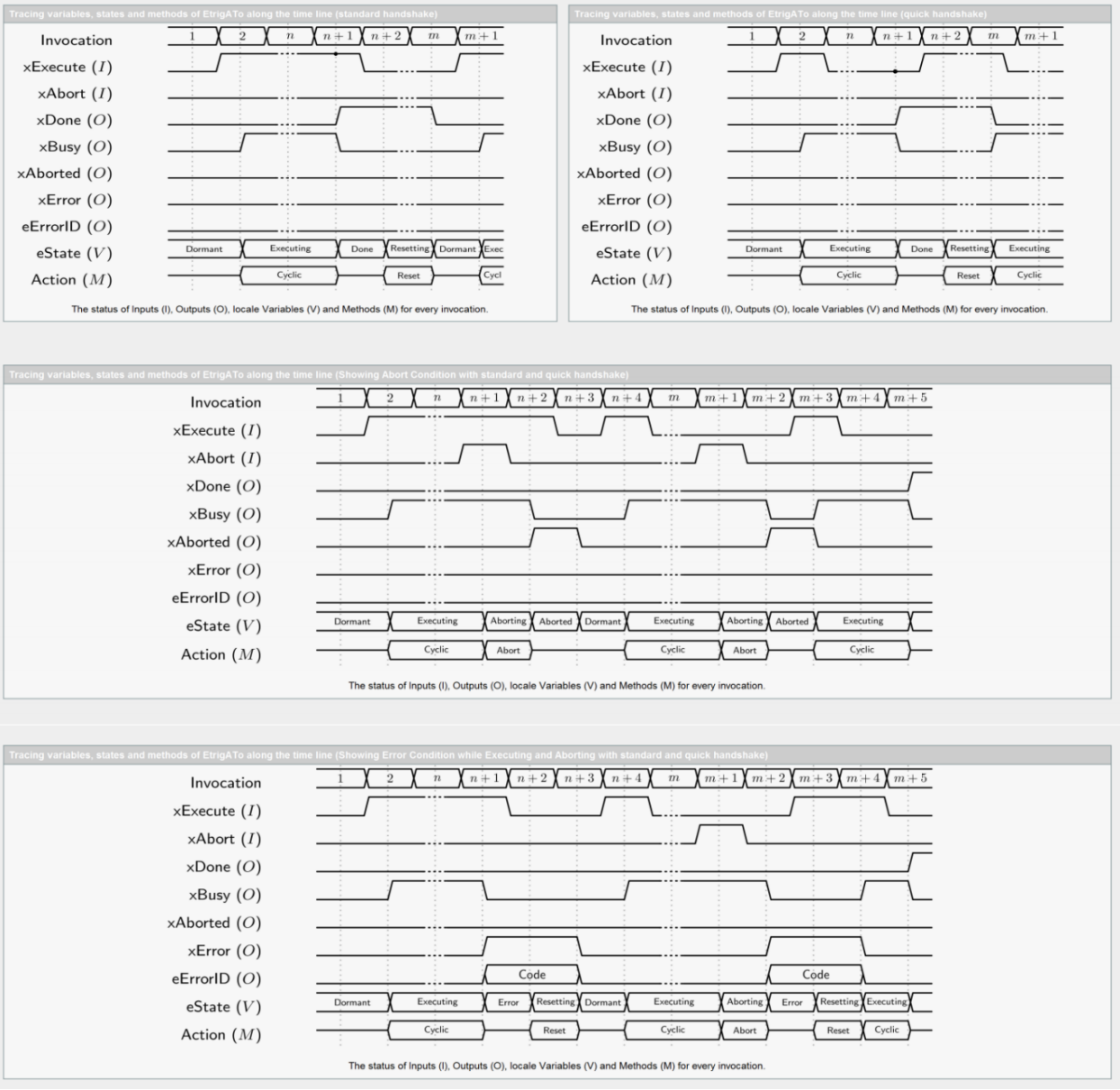
The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

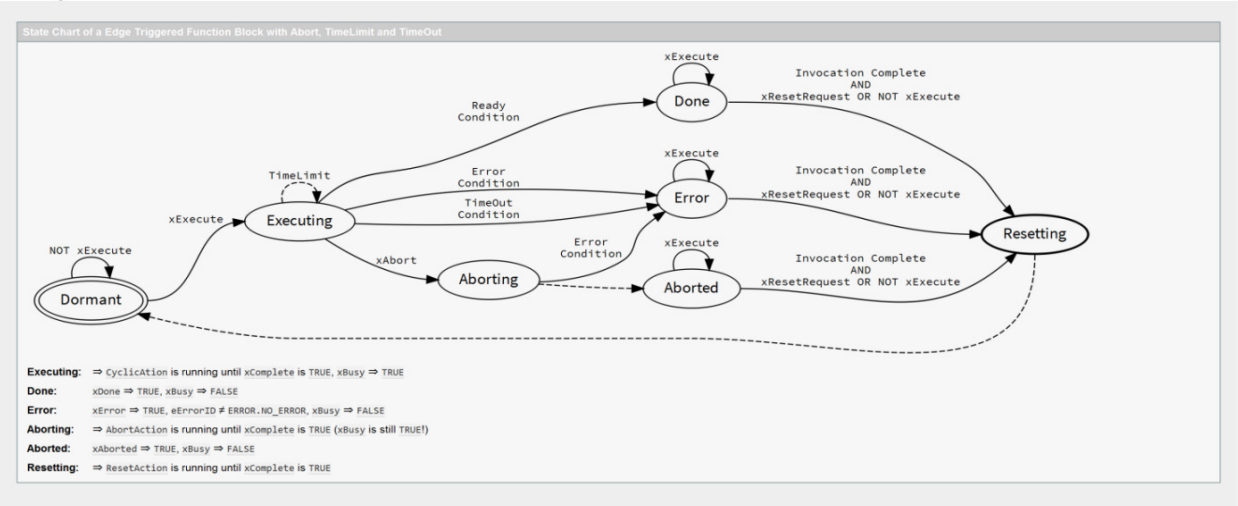
Циклограмма



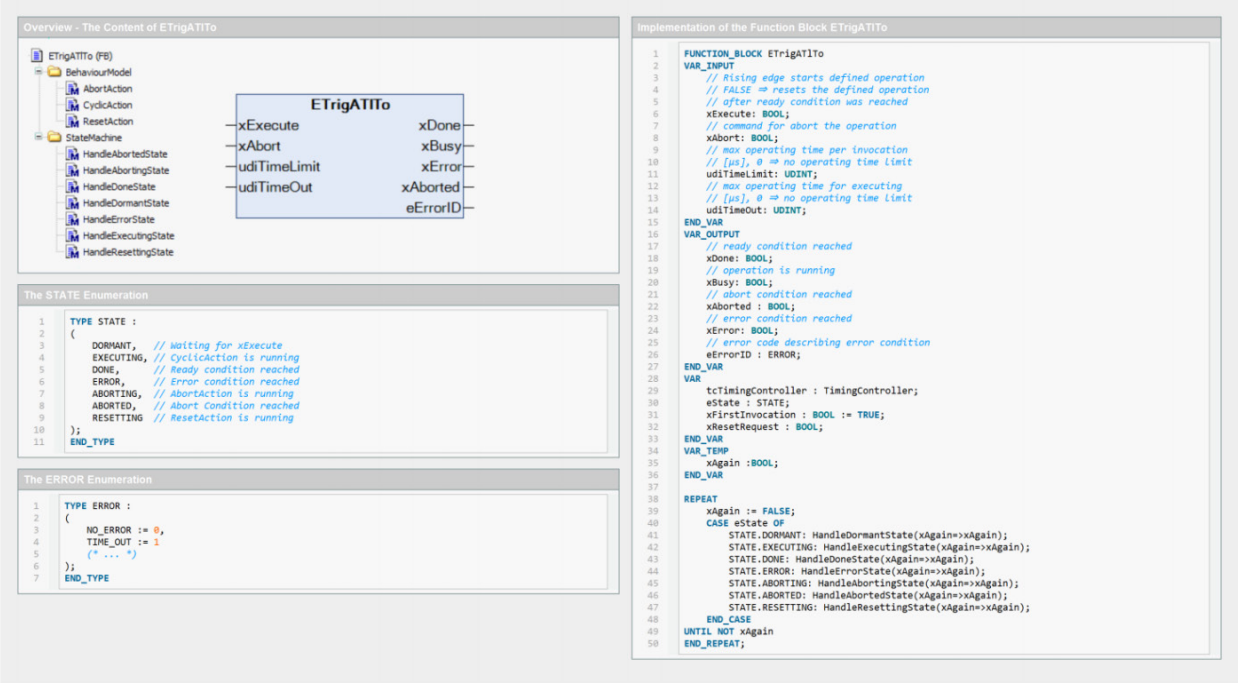
Приложение 1.3.8. ФБ ETrigATlTo

ETrigATlTo (Edge Triggered | Abortable | Time Limited | Time Out Constraint)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xExecute THEN
    tcTimingController.StartOperationTimer();
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

IF NOT xAbort THEN
    tcTimingController.StartInvocationTimer();

    CyclicAction(
        xComplete=>xComplete,
        eErrorID=>eErrorID
    );

    tcTimingController.CheckTiming(xTimeOut=>xTimeOut);
END_IF

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xAbort THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.ABORTED;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Aborted State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortedState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xAborted AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xAborted := TRUE;
    xResetRequest := NOT xExecute;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler of the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    xAborted := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xFirstInvocation := TRUE;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeOut : BOOL;
    xTimeLimit : BOOL;
END_VAR

IF NOT xAbort THEN
    IF xFirstInvocation THEN
        (* Starting *)
        // for the first (!) invocation,
        // sample the input variables
        tcTimingController.TimeLimit := udiTimeLimit;
        tcTimingController.TimeOut := udiTimeOut;
        xFirstInvocation := FALSE;
    END_IF

    REPEAT
        (* Executing *)
        // working to reach the ready condition
        // => xComplete := TRUE
        // if the maximum invocation time is reached
        // => xTimeLimit := TRUE
        // if the maximum operating time is reached
        // => xTimeOut := TRUE
        // if an error condition is reached
        // => set eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
        tcTimingController.CheckTiming(
            xTimeOut=>xTimeOut,
            xTimeLimit=>xTimeLimit
        );

        xComplete := TRUE;
        eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    UNTIL xAbort OR xComplete OR
          xTimeOut OR xTimeLimit OR
          eErrorID <> ERROR.NO_ERROR
    END_REPEAT
END_IF

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF xAbort OR xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

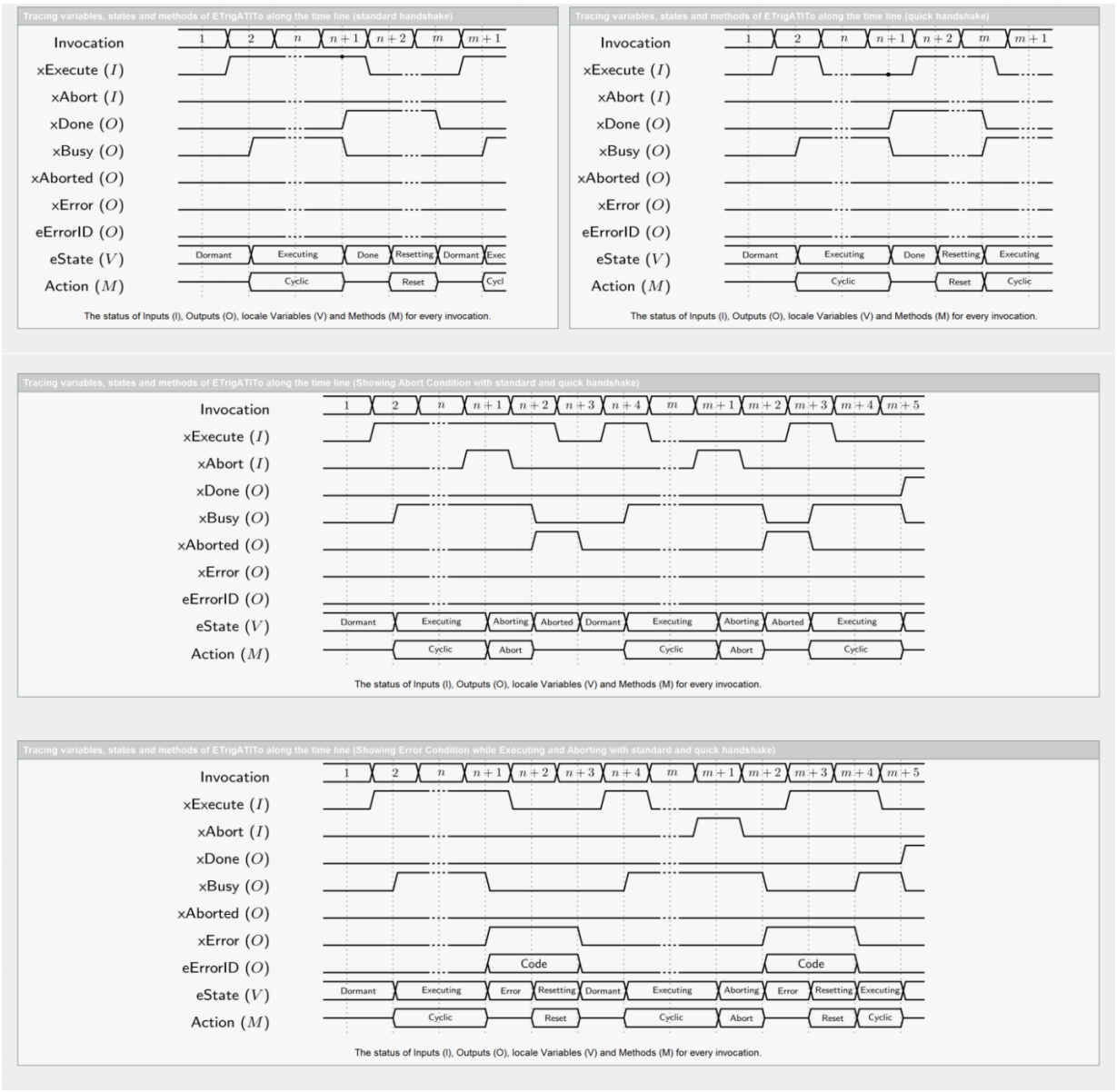
The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

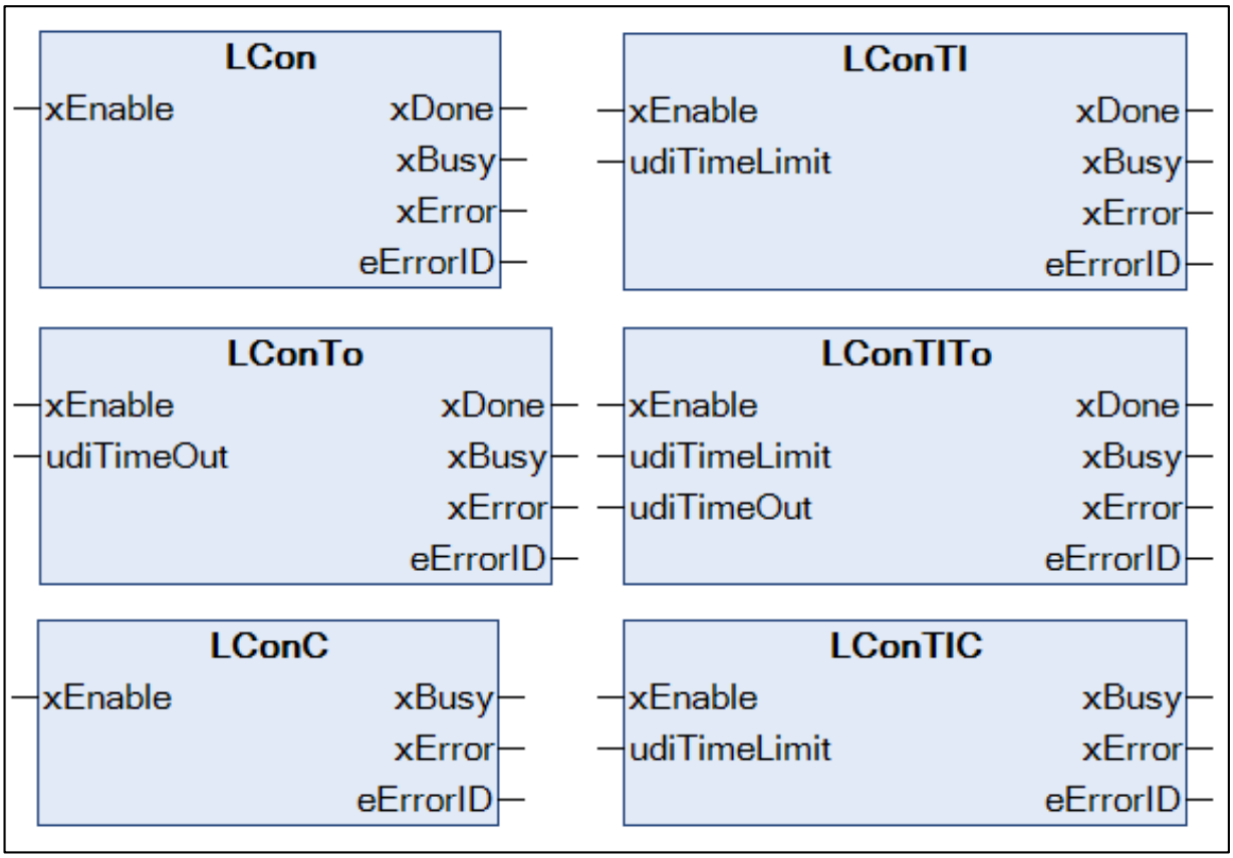
The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

Циклограмма



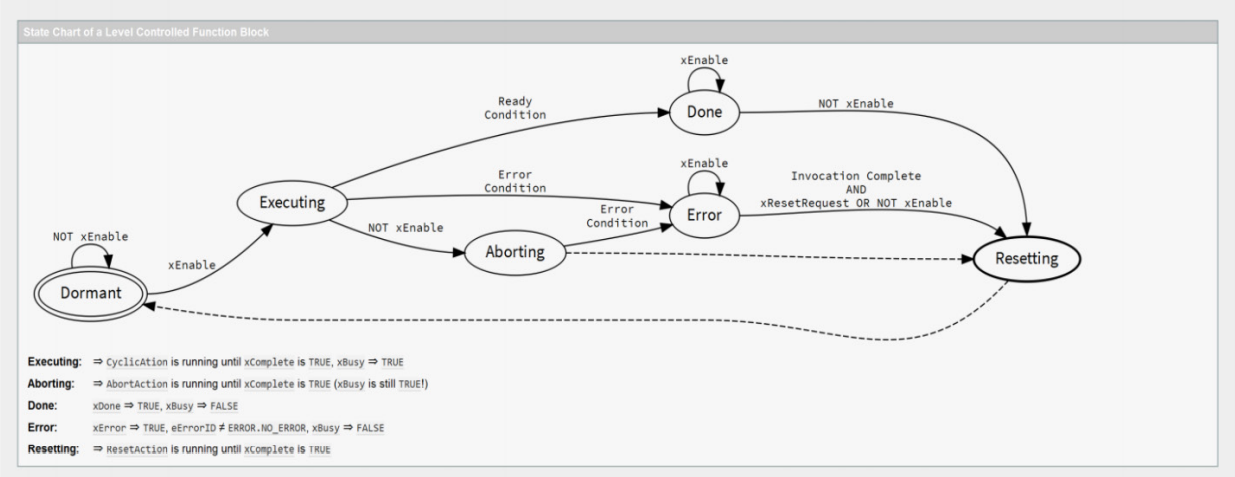
Приложение 1.4. Обзор ФБ типа Enable



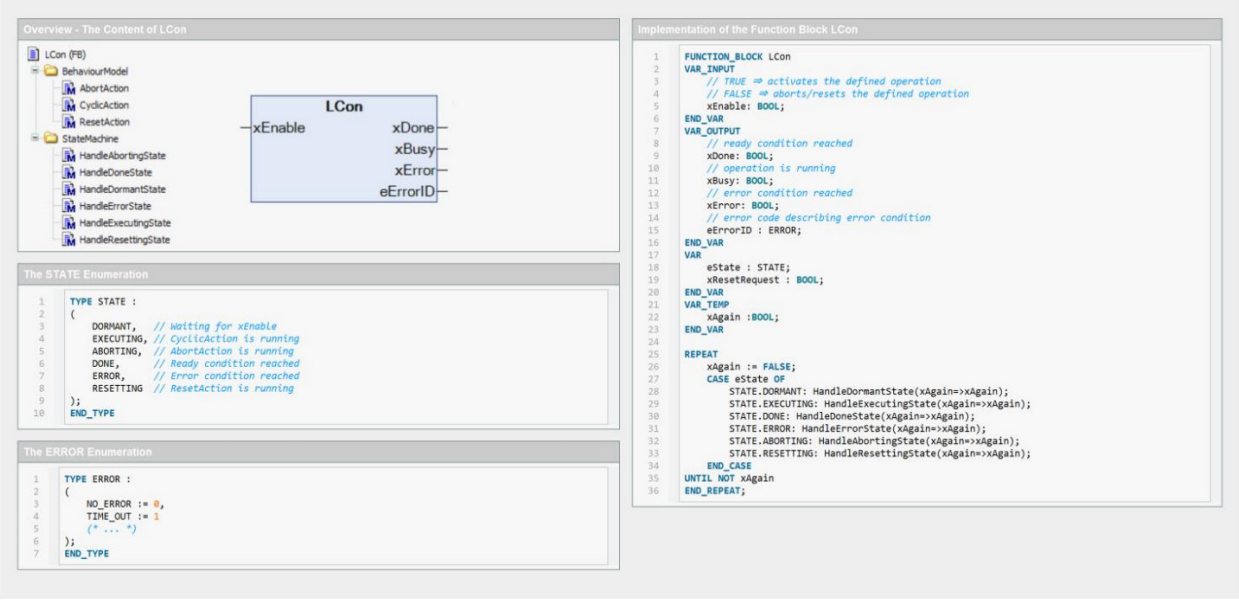
Приложение 1.4.1. ФБ LCon

LCon (Level Controlled | Not Time Limited | No Time Out Constraint | No Continuous Behaviour)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    CyclicAction(
        xComplete=>xComplete,
        eErrorID=>eErrorID
    );
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF NOT xEnable THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND NOT xEnable THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xEnable) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xEnable;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

IF xEnable THEN
    (* Executing *)
    // for every invocation,
    // sample the input variables

    // working to reach the ready condition
    // => xComplete := TRUE
    // if an error condition is reached set
    // eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

    xComplete := TRUE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
END_IF

IF NOT xEnable OR xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

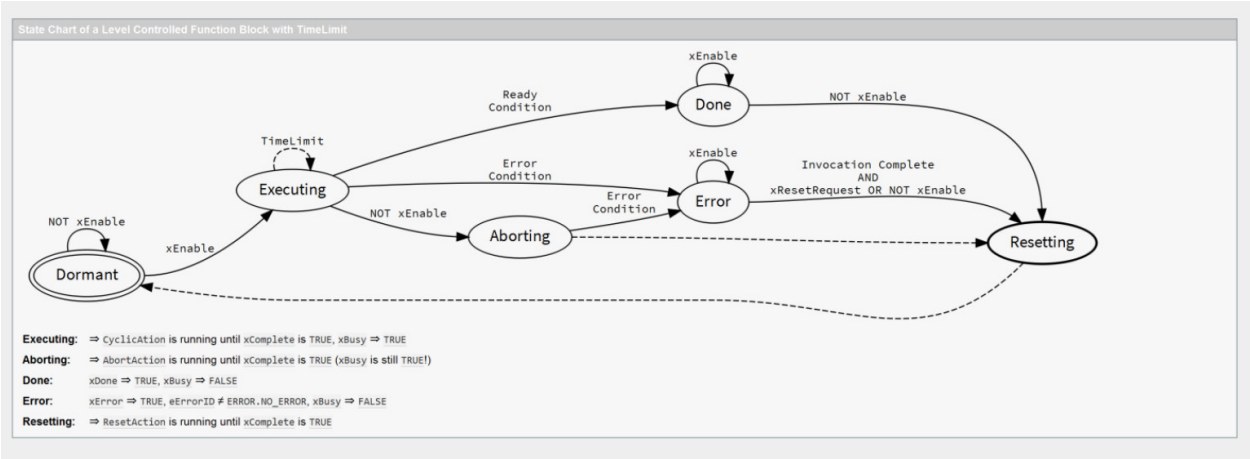
The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

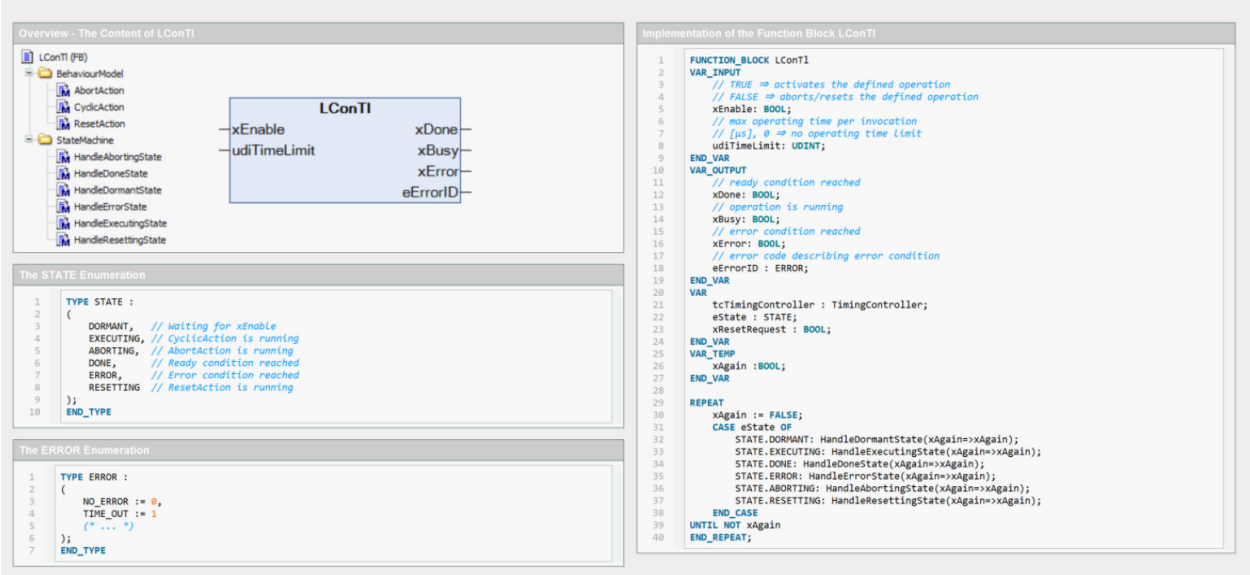
Приложение 1.4.2. ФБ LConTl

LConTl (Level Controlled | Time Limited | Not Time Out Constraint | No Continuous Behaviour)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    tcTimingController.StartInvocationTimer();

    CyclicAction(
        xComplete=>xComplete,
        eErrorID=>eErrorID
    );
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF NOT xEnable THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND NOT xEnable THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xEnable) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xEnable;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeLimit : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    (* Executing *)
    // for every invocation,
    // sample the input variables
    tcTimingController.TimeLimit := udiTimeLimit;

    REPEAT
        // working to reach the ready condition
        // => xComplete := TRUE
        // if the maximum invocation time is reached
        // => xTimeLimit := TRUE
        // if an error condition is reached set
        // eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
        tcTimingController.CheckTiming(
            xTimeLimit=>xTimeLimit
        );

        xComplete := TRUE;
        eErrorID := ERROR.NO_ERROR;

    UNTIL NOT xEnable OR xComplete OR xTimeLimit OR
          eErrorID <> ERROR.NO_ERROR
    END_REPEAT
END_IF

IF NOT xEnable OR xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

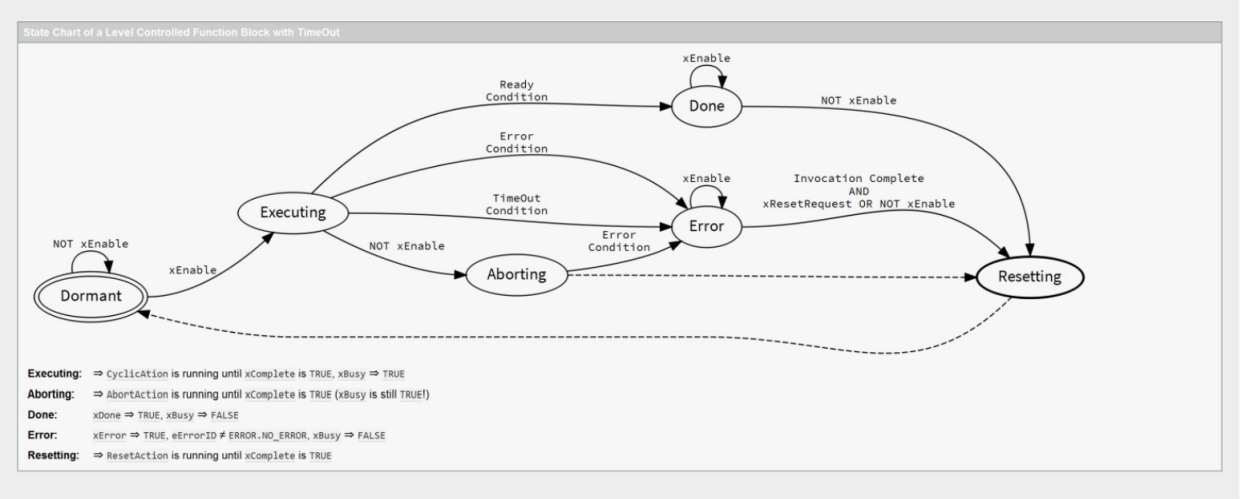
The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

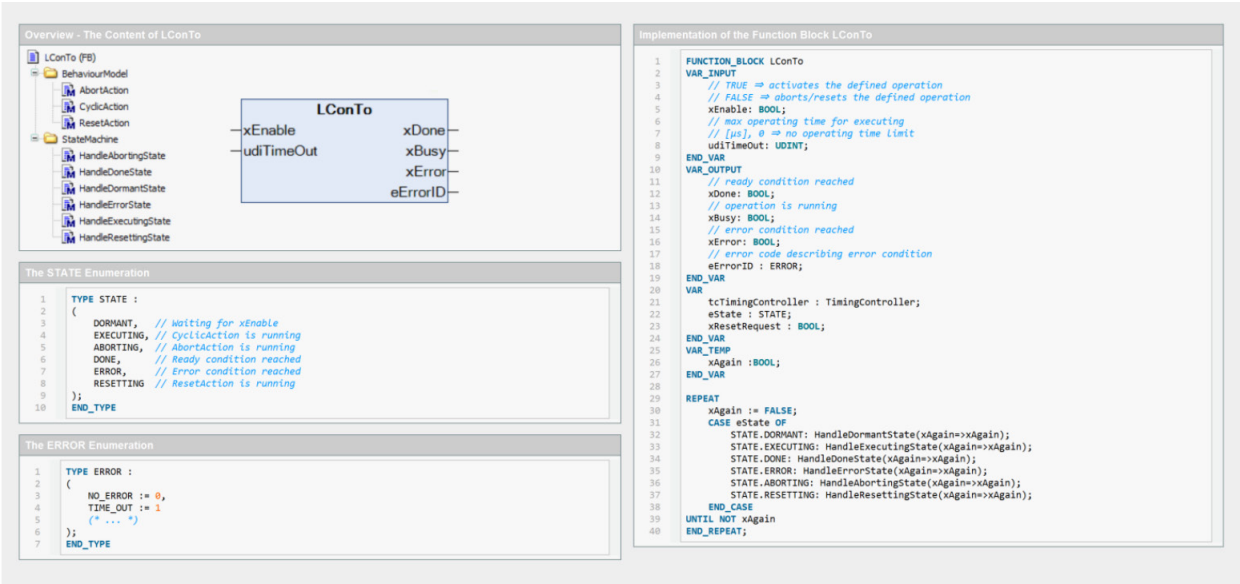
Приложение 1.4.3. ФБ LConTo

LConTo (Level Controlled | Not Time Limited | Time Out Constraint | No Continuous Behaviour)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    tcTimingController.StartOperationTimer();
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    CyclicAction(
        eErrorID=>eErrorID
    );

    tcTimingController.CheckTiming(xTimeOut=>xTimeOut);
END_IF

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF NOT xEnable THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND NOT xEnable THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xEnable) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xEnable;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    (* Executing *)
    // for every invocation,
    // sample the input variables
    tcTimingController.TimeOut := udiTimeOut;

    // working to reach the ready condition
    // => xComplete := TRUE
    // if the maximum operating time is reached
    // => xTimeOut := TRUE
    // if an error condition is reached set
    // eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
    tcTimingController.CheckTiming(
        xTimeOut=>xTimeOut
    );

    xComplete := TRUE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
END_IF

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF NOT xEnable OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

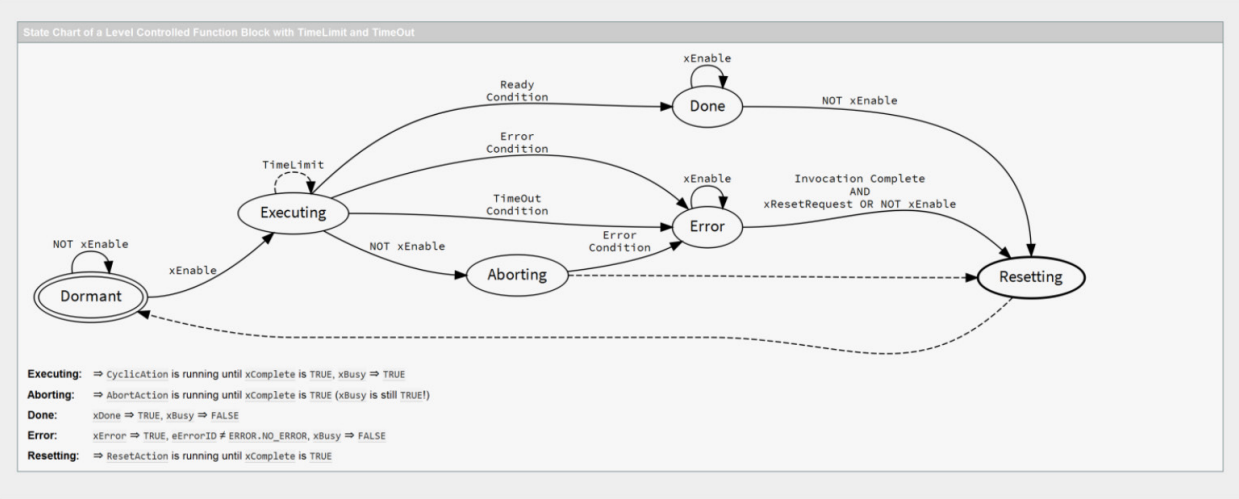
The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

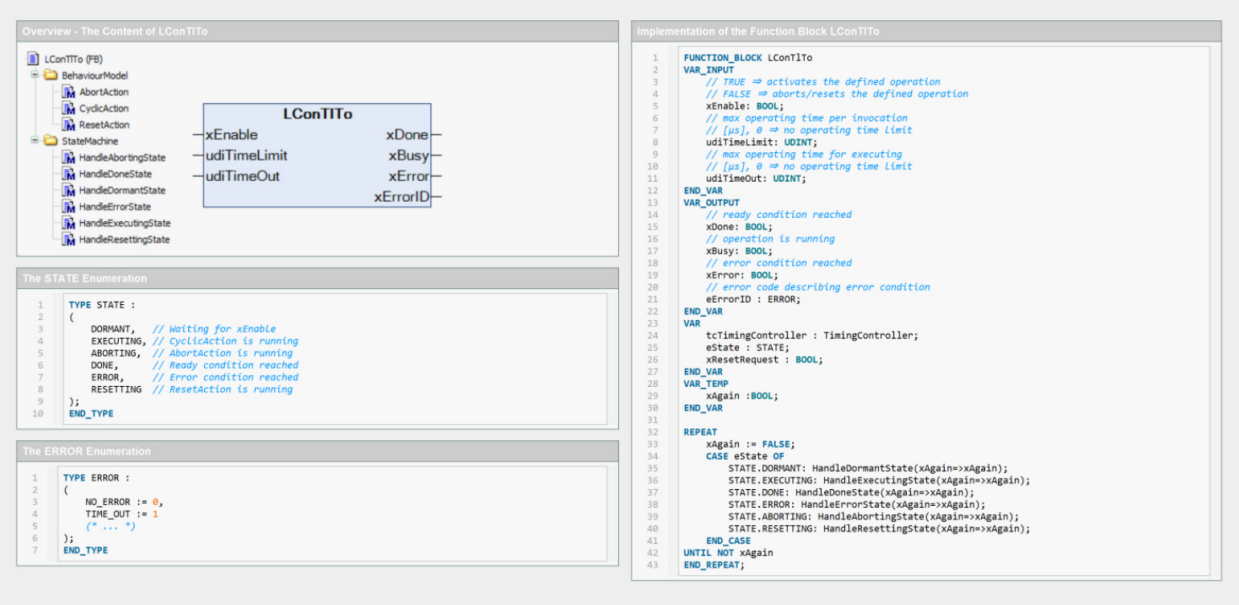
Приложение 1.4.4. ФБ LConTlTo

LConTlTo (Level Controlled | Time Limited | Time Out Constraint | No Continuous Behaviour)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    tcTimingController.StartOperationTimer();
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
    xTimeOut : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    tcTimingController.StartInvocationTimer();

    CyclicAction(
        xComplete=>xComplete,
        eErrorID=>eErrorID
    );

    tcTimingController.CheckTiming(xTimeOut=>xTimeOut);
END_IF

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF NOT xEnable THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.DONE;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Done State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDoneState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xDone AND NOT xEnable THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xDone := TRUE;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xEnable) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xEnable;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xDone := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeOut : BOOL;
    xTimeLimit : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    (* Executing *)
    // for every invocation,
    // sample the input variables
    tcTimingController.TimeLimit := udiTimeLimit;
    tcTimingController.TimeOut := udiTimeOut;

    REPEAT
        // working to reach the ready condition
        // => xComplete := TRUE
        // if the maximum invocation time is reached
        // => xTimeLimit := TRUE
        // if the maximum operating time is reached
        // => xTimeOut := TRUE
        // if an error condition is reached set
        // eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
        tcTimingController.CheckTiming(
            xTimeOut=>xTimeOut,
            xTimeLimit=>xTimeLimit
        );

        xComplete := TRUE;
        eErrorID := ERROR.NO_ERROR;

    UNTIL NOT xEnable OR xComplete OR
          xTimeOut OR xTimeLimit OR
          eErrorID <> ERROR.NO_ERROR
    END_REPEAT
END_IF

IF xTimeOut AND eErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
    eErrorID := ERROR.TIME_OUT;
END_IF

IF NOT xEnable OR xComplete OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

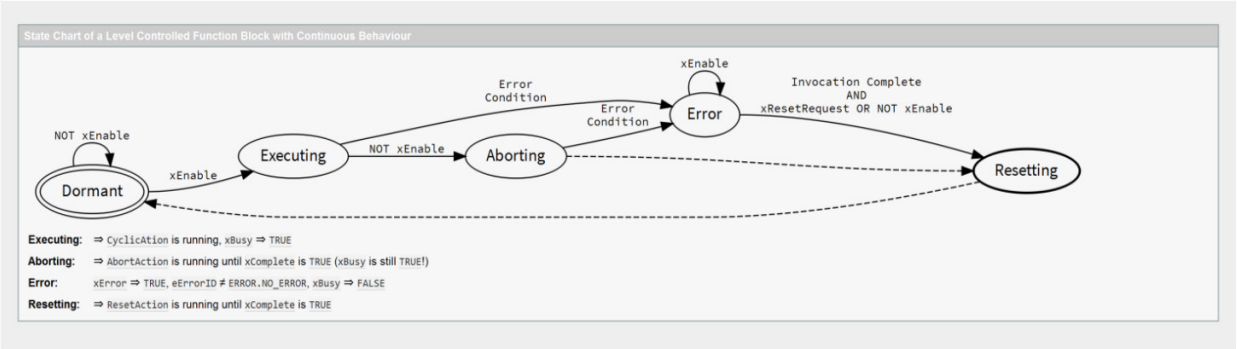
The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

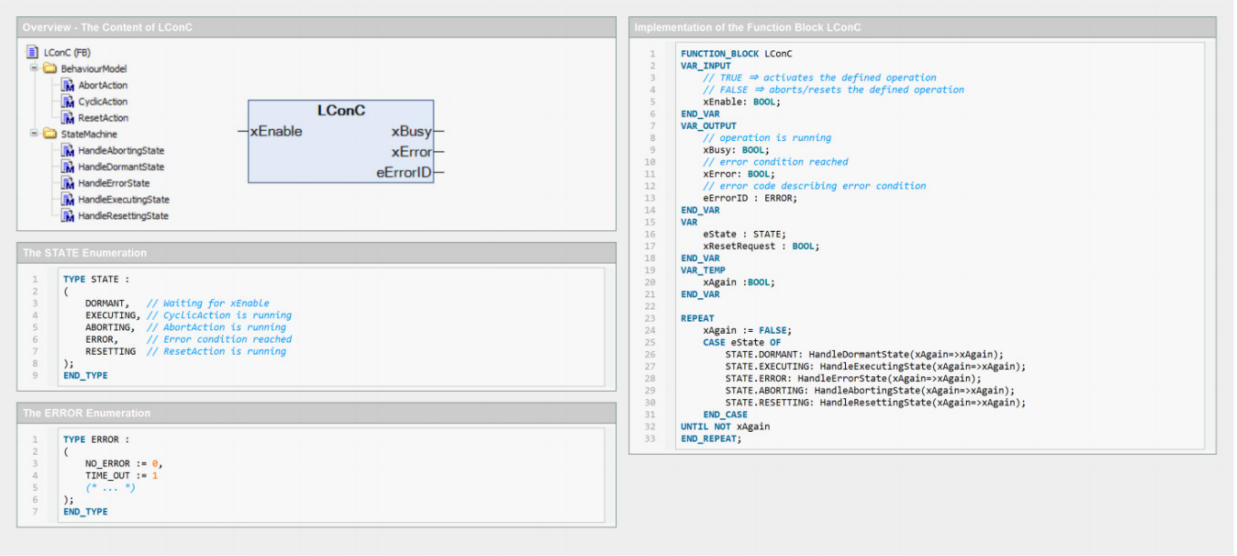
Приложение 1.4.5. ФБ LConC

LConC (Level Controlled | Not Time Limited | Continuous Behaviour)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    CyclicAction(
        eErrorID=>eErrorID
    );
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF NOT xEnable THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xEnable) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xEnable;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

IF xEnable THEN
    (* Executing *)
    // for every invocation,
    // sample the input variables

    // if an error condition is reached set
    // eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
END_IF

IF NOT xEnable OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* Cleaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

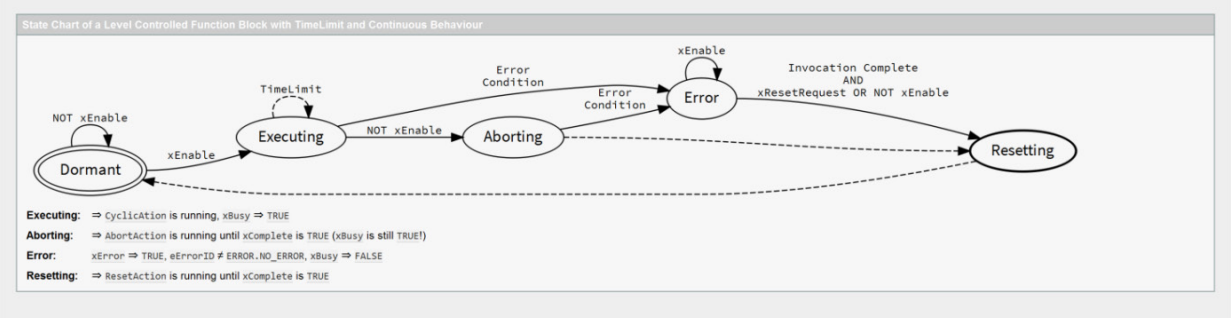
The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

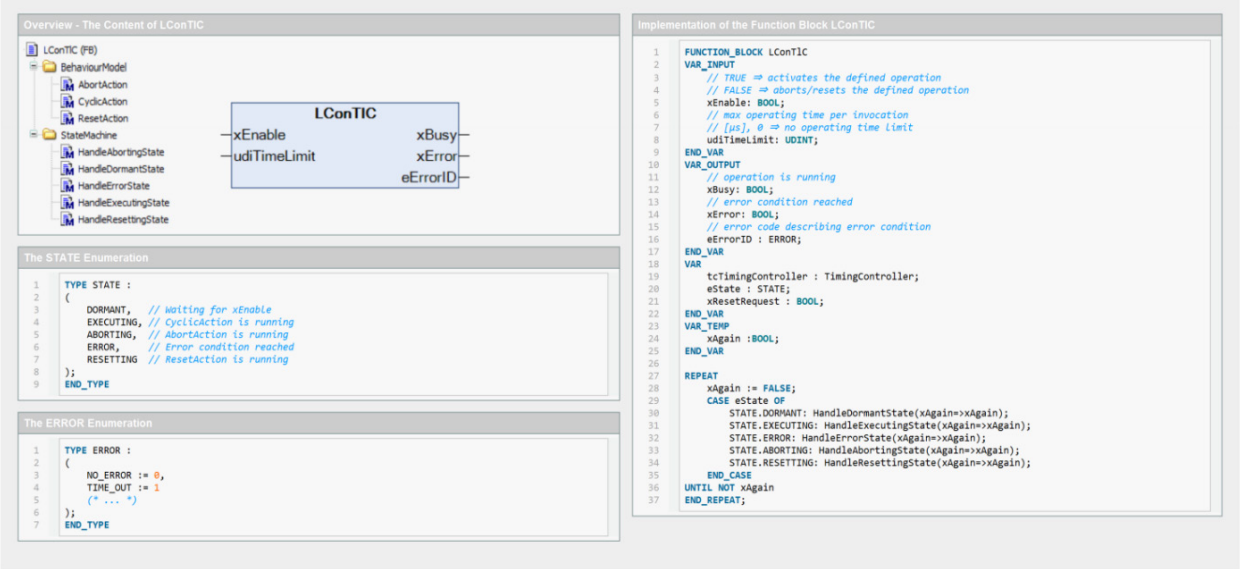
Приложение 1.4.6. ФБ LConTIC

LConTIC (Level Controlled | Time Limited | Continuous Behaviour)

Диаграмма состояний



Реализация (продолжение на след. стр.)



The Handler for the Dormant State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleDormantState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    xBusy := TRUE;
    eState := STATE.EXECUTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Executing State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleExecutingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    tcTimingController.StartInvocationTimer();

    CyclicAction(
        eErrorID=>eErrorID
    );
END_IF

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF NOT xEnable THEN
    eState := STATE.ABORTING;
    xAgain := TRUE;
END_IF
```

The Handler for the Aborting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleAbortingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

AbortAction(
    xComplete=>xComplete,
    eErrorID=>eErrorID
);

IF eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    eState := STATE.ERROR;
    xAgain := TRUE;
ELSIF xComplete THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
```

The Handler for the Error State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleErrorState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR

IF xError AND (xResetRequest OR NOT xEnable) THEN
    eState := STATE.RESETTING;
    xAgain := TRUE;
ELSE
    xBusy := FALSE;
    xError := TRUE;
    xResetRequest := NOT xEnable;
    xAgain := FALSE; (* !!! *)
END_IF
```

The Handler for the Resetting State

```
METHOD PRIVATE FINAL HandleResettingState
VAR_OUTPUT
    xAgain : BOOL;
END_VAR
VAR
    xComplete : BOOL;
END_VAR

ResetAction(xComplete=>xComplete);

IF xComplete THEN
    xBusy := FALSE;
    xError := FALSE;
    eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
    eState := STATE.DORMANT;
    xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
    xResetRequest := FALSE;
END_IF
```

The Implementation of the Cyclic Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED CyclicAction
VAR_OUTPUT
    eErrorID : ERROR;
END_VAR
VAR
    xTimeLimit : BOOL;
END_VAR

IF xEnable THEN
    (* Executing *)
    // for every invocation,
    // sample the input variables
    tcTimingController.TimeLimit := udiTimeLimit;

    REPEAT
        // if the maximum invocation time is reached
        // => xTimeLimit := TRUE
        // if an error condition is reached set
        // eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR
        tcTimingController.CheckTiming(
            xTimeLimit=>xTimeLimit
        );

        eErrorID := ERROR.NO_ERROR;

    UNTIL NOT xEnable OR
          xTimeLimit OR udiTimeLimit = 0 OR
          eErrorID <> ERROR.NO_ERROR
    END_REPEAT
END_IF

IF NOT xEnable OR eErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
    (* CLeaning *)
    // if possible free as much allocated resources
    // as possible
END_IF
```

The Implementation of the Abort Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED AbortAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
    eErrorID : ERROR;
END_VAR

// abort all running operations
// if an error condition is reached set
// eErrorID to a value other than ERROR.NO_ERROR

xComplete := TRUE;
eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
```

The Implementation of the Reset Action (Exemplary Implementation)

```
METHOD PROTECTED ResetAction
VAR_OUTPUT
    xComplete : BOOL;
END_VAR

// free all allocated resources
// reinitialize instance variables

xComplete := TRUE;
```

Приложение 2. Пример реализации ФБ модели PLCopen без ООП

Использование ООП не является обязательным требованием для разработки ФБ, совместимых с моделью поведения **PLCopen**. Ниже приведен пример реализации ФБ **ETrigATlTo** на языке ST без использования ООП (согласно 2-й редакции стандарта МЭК 61131-3).

```
FUNCTION_BLOCK ETrigATlTo
VAR_INPUT
      // по переднему фронту начинается выполнение заданной операции
      // по заднему фронту после завершения операции блок будет переинициализирован
      xExecute: BOOL;
      // сигнал прерывания операции
      xAbort: BOOL;
      // максимальное время выполнения операции в пределах одного цикла ПЛК (в мкс)
      // 0 – без ограничений
      udiTimeLimit: UDINT;
      // общее максимально допустимое время выполнения операции (в мкс)
      // 0 – ограничений нет
      udiTimeOut: UDINT;
END_VAR

VAR_OUTPUT
      // флаг «операция успешно завершена»
      xDone: BOOL;
      // флаг «операция в процессе выполнения»
      xBusy: BOOL;
      // флаг «произошла ошибка»
      xError: BOOL;
      // флаг «операция была прервана»
      xAborted : BOOL;
      // код ошибки
      eErrorID : ERROR;
END_VAR

VAR
      tcTimingController : TimingController;
      eState : STATE := STATE.DORMANT;
      xFirstInvocation : BOOL := TRUE;
      xAbortProposed : BOOL;
      eErrorIDProposed : ERROR;
      xResetRequest : BOOL;
END_VAR

VAR_TEMP
      xAgain :BOOL;
      xComplete : BOOL;
      xTimeLimit : BOOL;
      xTimeOut : BOOL;
      xLocalAbort : BOOL;
      eLocalErrorID : ERROR;
END_VAR
```

```
REPEAT
      xAgain := FALSE;
      CASE eState OF
            STATE.DORMANT:
                  IF xExecute THEN
                        tcTimingController(xStartOperationTimer:=TRUE);
                        tcTimingController.xStartOperationTimer := FALSE;
                        xBusy := TRUE;
                        eState := STATE.STARTING;
                        xAgain := TRUE;
                  END_IF

            STATE.STARTING:
                  IF NOT xAbort THEN (* StartAction *)
                        IF xFirstInvocation THEN
                              // запоминаем значения входов блока
                              tcTimingController.udiTimeLimit := udiTimeLimit;
                              tcTimingController.udiTimeOut := udiTimeOut;
                              xFirstInvocation := FALSE;
                        END_IF

                        // после сохранения входов xComplete := TRUE
                        // если произошла ошибка, то присваиваем ее код
                        // переменной eLocalErrorID

                        xComplete := TRUE;
                        eLocalErrorID := ERROR.NO_ERROR;

                   ELSE
                        xAbortProposed := TRUE;
                  END_IF

                  tcTimingController(xTimeOut=>xTimeOut);

                  IF xTimeOut AND eLocalErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
                         eLocalErrorID := ERROR.TIME_OUT;
                  END_IF

                  IF eLocalErrorID <> ERROR.NO_ERROR OR xAbortProposed THEN
                        eState := STATE.CLEANING;
                        xAgain := TRUE;
                  ELSIF xComplete THEN
                        eState := STATE.EXECUTING;
                        xAgain := TRUE;
                  END_IF

            STATE.EXECUTING:
                  IF NOT (xAbort OR xAbortProposed) THEN
                  tcTimingController(xStartInvocationTimer:=TRUE);
                  tcTimingController.xStartInvocationTimer := FALSE;

                        REPEAT (* CyclicAction *)
                              // после выполнения заданной операции…
                              // xComplete := TRUE
                              // если превышено максимальное время вызова в цикле…
                              // xTimeLimit := TRUE
                              // если превышено общее максимальное время вызова…
                              // xTimeOut := TRUE
                              // если произошла ошибка, то присваиваем ее код…
                              // переменной eLocalErrorID

                              tcTimingController(
                                    xTimeOut=>xTimeOut,
                                    xTimeLimit=>xTimeLimit
                                    );
                              xComplete := TRUE;
                              eLocalErrorID := ERROR.NO_ERROR;
                        UNTIL xComplete OR
                               xTimeOut OR xTimeLimit OR
```

```
                        eLocalErrorID <> ERROR.NO_ERROR
                END_REPEAT
        ELSE
                xAbortProposed := TRUE;
        END_IF

        tcTimingController(xTimeOut=>xTimeOut);

         IF xTimeOut AND eLocalErrorID = ERROR.NO_ERROR THEN
                eLocalErrorID := ERROR.TIME_OUT;
        END_IF

        IF xComplete OR eLocalErrorID <> ERROR.NO_ERROR OR
                xAbortProposed THEN
                        eErrorIDProposed := eLocalErrorID;
                        eState := STATE.CLEANING;
                        xAgain := TRUE;
        END_IF

STATE.CLEANING: (* CleanupAction *)
        IF xAbortProposed THEN
                // прерываем все выполняемые операции
                // если произошла ошибка, то присваиваем ее код…
                // переменной eLocalErrorID
                xLocalAbort := xAbortProposed;
        END_IF

        // освобождаем все ресурсы системы
        // после этого xComplete := TRUE
        // если произошла ошибка, то присваиваем ее код…
        // переменной eLocalErrorID

        xComplete := TRUE;

        eLocalErrorID := eErrorIDProposed;

        IF xAbortProposed THEN
                xComplete := FALSE;
        ELSE
               xLocalAbort := FALSE;
        END_IF

        IF eErrorIDProposed <> ERROR.NO_ERROR THEN
                xComplete := FALSE;
                xAbort := FALSE;
         END_IF

        IF eLocalErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
                eErrorIDProposed := eLocalErrorID;
        END_IF

        IF eLocalErrorID <> ERROR.NO_ERROR THEN
                eState := STATE.ERROR;
                xAgain := TRUE;
        ELSIF xLocalAbort THEN
                eState := STATE.ABORTED;
                xAgain := TRUE;
        ELSIF xComplete THEN
                eState := STATE.DONE;
                xAgain := TRUE;
        END_IF
```

```
            STATE.DONE:
                  IF xDone AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
                        eState := STATE.RESETTING;
                        xAgain := TRUE;
                  ELSE
                        xBusy := FALSE;
                        xDone := TRUE;
                        xResetRequest := NOT xExecute;
                        xAgain := FALSE; (* !!! *)
                  END_IF

            STATE.ERROR:
                   IF xError AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
                        eState := STATE.RESETTING;
                        xAgain := TRUE;
                  ELSE
                         xBusy := FALSE;
                         xError := TRUE;
                         eErrorID := eErrorIDProposed;
                         xResetRequest := NOT xExecute;
                         xAgain := FALSE; (* !!! *)
                  END_IF

            STATE.ABORTED:
                  IF xAborted AND (xResetRequest OR NOT xExecute) THEN
                         eState := STATE.RESETTING;
                         xAgain := TRUE;
                   ELSE

                         xBusy := FALSE;
                         xAborted := TRUE;
                         xResetRequest := NOT xExecute;
                         xAgain := FALSE; (* !!! *)
                   END_IF

             STATE.RESETTING: (* ResetAction *)
                  // освобождаем все ресурсы системы
                  // переинициализируем переменные
                  // после этого xComplete := TRUE
                  xComplete := TRUE;

                  IF xComplete THEN
                        xBusy := FALSE;
                        xDone := FALSE;
                        xError := FALSE;
                        xAborted := FALSE;
                        xAbortProposed := FALSE;
                        eErrorIDProposed := ERROR.NO_ERROR;
                        eErrorID := ERROR.NO_ERROR;
                        eState := STATE.DORMANT;
                        xAgain := xResetRequest; (* !!! *)
                        xResetRequest := FALSE;
                        xFirstInvocation := TRUE;
                   END_IF
      END_CASE

UNTIL NOT xAgain
END_REPEAT;
```

Приложение 3. Пример промежуточного интерфейса

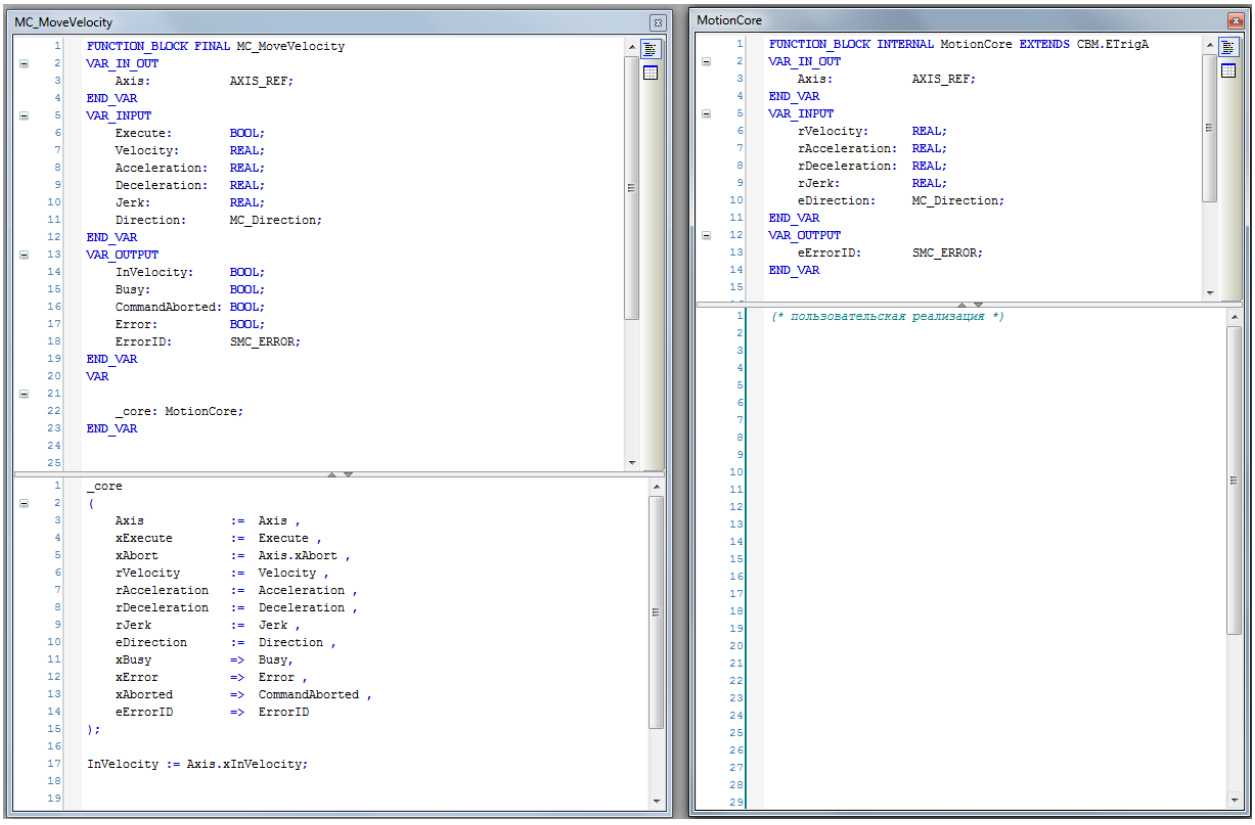
В рамках данного документа соблюдается определенный стандарт наименования переменных. На практике таких стандартов может быть несколько:

- стандарт наименований для низкоуровневых библиотек;
- стандарт наименований для высокоуровневых библиотек;
- стандарт наименований для пользовательского приложения.

Эти стандарты связаны с разными уровнями абстракции; для взаимодействия этих уровней можно инкапсулировать их друг в друга или использовать псевдонимы (**ALIAS**). Таким образом, для соблюдения всех нужных стандартов создается промежуточный интерфейс между библиотекой и пользовательским приложением.

Рассмотрим пример создания промежуточного интерфейса. На рисунке ниже слева приведен PUBLIC FINAL ФБ **MC_MoveVelocity**, который основан на INTERNAL блоке **MotionCore**, расположенном справа. В свою очередь, блок **MotionCore** наследуется от ФБ **EtrigA**.

В сущности, **MC_MoveVelocity** представляет собой обертку над блоком **MotionCore** с измененными именами переменных (которые соответствуют пользовательскому стандарту наименования). Ключевое слово FINAL запрещает наследовать другие блоки от **MC_MoveVelocity**. Это позволяет менять реализацию блока (например, добавлять локальные переменные). Ключевое слово INTERNAL запрещает использовать ФБ **MotionCore** за пределами его библиотеки. Таким образом, уровни абстракции разделены между собой.



Приложение 4. Модель поведения ФБ спецификации PLCopen Motion Control

Обработка входных параметров	*Execute*: новые значения параметров применяются по переднему фронту на входе **Execute**. *Execute и Continuous Update*: новые значения параметров применяются по переднему фронту на входе **Execute**. Если во время выполнения действия значения параметров меняются, и при этом вход **Continuous Update** имеет значение TRUE, то новые значения применяются сразу (в том же цикле ПЛК). *Enable*: новые значения параметров применяются сразу (в том же цикле ПЛК).
Ограничение допустимых значений	Значения параметров блока должны находится в определенном диапазоне (это касается скорости движения, его продолжительности т.д.). Если значения параметра превышает допустимые границы, то ФБ должен генерировать сообщение об ошибке. Пользовательское приложение должно обрабатывать эти ошибки по специфическим для конкретной задачи алгоритмам.
Пропущенные значения параметров	Стандарт МЭК 61131-3 позволяет не присваивать значения всем входам ФБ при его вызове, оставляя некоторые из них «пустыми». В этом случае при первом вызове блока используется значение по умолчанию, а при всех последующих вызовах – значение из предыдущего вызова.
Acceleration, Deceleration и Jerk	Если входы **Acceleration**, **Deceleration** или **Jerk** имеют значение 0, то результат зависит от конкретной реализации. Например, возможны следующие варианты: 1. ФБ перейдет в состояние *Error*; 2. ФБ продолжит работу, но сгенерирует предупреждение; 3. Среда программирования может запрещать пользователю оставить значения данных входов нулевыми; 4. ФБ будет использовать значения по умолчанию из **AXIS_REF** или настроек устройства; 5. ФБ будет использовать максимально возможное значение. Даже если ваше ПО позволяет оставить значения данных входов нулевыми, используйте эту возможность крайне осторожно (особенно, если приложение должно быть платформо-независимым).
Статусные выходы	*Execute*: в каждый момент времени только один из статусных выходов (**Done**, **Busy**, **Error** или **CommandAborted**) может иметь значение TRUE. Если вход **Execute** имеет значение TRUE, то один из статусных выходов обязательно имеет значение TRUE. У ФБ **MC_Stop** выходы **Active** и **Done** могут быть активные одновременно. *Enable*: в каждый момент времени только один из статусных выходов (**Valid** или **Error**) может иметь значение TRUE.
Сброс выходов	*Execute*: выходы **Done**, **Error**, **ErrorID** и **CommandAborted** сбрасываются в FALSE по заднему фронту на входе **Execute**, если операция, выполняемая блоком, к этому моменту была завершена. Если блок получает передний фронт на входе **Execute** до окончания выполнения текущей операции, то статусные выходы не принимают никаких значений. *Enable*: выходы **Valid**, **Enabled**, **Busy**, **Error** и **ErrorID** сбрасываются в FALSE по заднему фронту на входе **Enable**.
Выход Done	Выход **Done** принимает значение TRUE после успешного завершения операции. Если движение по одной из осей управляются с помощью нескольких последовательно вызываемых ФБ, то в случае прерывания работы одного из блоков другим выход **Done** не устанавливается в TRUE.

Выход Busy	*Execute*: каждый ФБ имеет выход **Busy**. Если он имеет значение TRUE, то заданная операция находится в процессе выполнения и значения на выходах блока еще не являются актуальными. Выход **Busy** принимает значение **TRUE** по переднему фронту на входе **Execute** и сбрасывается в FALSE по переднему фронту на любом из других статусных выходов (**Done**, **CommandAborted**, или **Error**). *Enable*: ФБ может иметь выход **Busy**. Если он имеет значение TRUE, то заданная операция находится в процессе выполнения и значения на выходах блока еще не являются актуальными. Выход **Busy** принимает значение TRUE по переднему фронту на входе **Enable** и сбрасывается в FALSE после окончания выполнения операции. Рекомендуется вызывать ФБ в цикле программы до тех пор, пока выход **Busy** не примет значение FALSE, т.к. до этого момента значения других выходов блока могут быть некорректными.
Выходы InVelocity, InGear, InTorque, InSync	Поведение выходов **InVelocity**, **InGear**, **InTorque**, **InSync** (далее мы будем называть их «**InXxx**») отличается от поведения выхода **Done**. Они имеют значение TRUE, пока соответствующее им входное значение совпадает с действительным (например, **InVelocity** имеет значение TRUE, пока действительная скорость движения совпадает с уставкой на входе блока). Если установленное и действительное значение не совпадают, то выход *InXxx* имеет значение FALSE. Выходы **InXxx** обновляются в независимости от значения на входе **Execute** (пока выходы **Active** и **Busy** имеют значение TRUE). Если после сигнала переднего фронта на входе **Execute** заданное значение уже совпадает с действительным, то поведение выходов **InXxx** зависит от конкретной реализации. Выходы **InXxx** не связаны с реальными значениями; под «действительными» значениями в данном случае понимаются значения внутренних параметров ФБ, которые определяют его работу.
Выход Active	Выход **Active** требуется для ФБ, имеющих буфер. Выход принимает значение TRUE, когда блок начинает управлять движением по заданной оси. Для ФБ, не имеющих буфера, поведение выходов **Busy** и **Active** совпадает. Когда движением по оси управляют несколько ФБ, то у некоторых из них может быть активен выход **Busy**, но только у одного – выход **Active**. Исключением являются ФБ, работающие параллельно – например, **MC_MoveSuperimposed** и **MC_Phasing**.
Выход CommandAborted	Выход **CommandAborted** принимает значение TRUE, когда текущая операция движения прерывается другой. Одновременно с этим сбрасываются выходы **InXxx**.
Модель Enable/Valid	При наличии входа **Enable** ФБ всегда имеет выход **Valid**. Пока вход **Enable** имеет значение TRUE, блок находится в работе. Выход **Valid** имеет значение TRUE, если другие выходы блока имеют актуальные значения. Значения выходов могут изменяться, пока вход **Enable** имеет значение TRUE. Если в процессе работы блока происходит ошибка, то выход Valid принимает значение FALSE. После устранения ошибки он возвращается в значение TRUE.
Position и Distance	Переменная **Position** определяет точку в системе координат. Переменная **Distance** определяет расстояние между двумя точками.
Знаки	Переменные **Acceleration**, **Deceleration** и **Jerk** могут иметь только положительные значения. Переменные **Velocity**, **Position** и **Distance** могут иметь как положительные, так и отрицательные значения.
Обработка ошибок	Все ФБ имеют два выхода, характеризующие наличие ошибки: **Error** – флаг ошибки (принимает значение TRUE при возникновении ошибки); **ErrorID** – код ошибки.
	Выходы **Done** и **InXxx** характеризуют успешное выполнение операции, поэтому они не могут устанавливаться в TRUE при наличии ошибки.
	Типы ошибок: • Ошибки ФБ (например, значения параметров выходят за допустимые пределы); • Ошибки обмена; • Ошибки привода.

	Ошибка в конкретном ФБ не всегда приводит к остановке движения (*ErrorStop*). *Execute*: выходы ошибок сбрасываются по переднему фронту на входе **Execute**. *Enable*: выходы ошибок могут быть сброшены в процессе работы (без заднего фронта на входе **Enable**).
Имена ФБ	При использовании нескольких библиотек в пределах одной среды программирования (например, для поддержки разных приводов) имена ФБ могут быть дополнены уникальным идентификатором: «MC_FBname_**SupplierID**». Это позволит избежать дублирования имен.
Имена перечислений	В именах перечислений спецификации **PLCopen Motion Control** используется префикс «mc» (mcPositive, mcNegative).

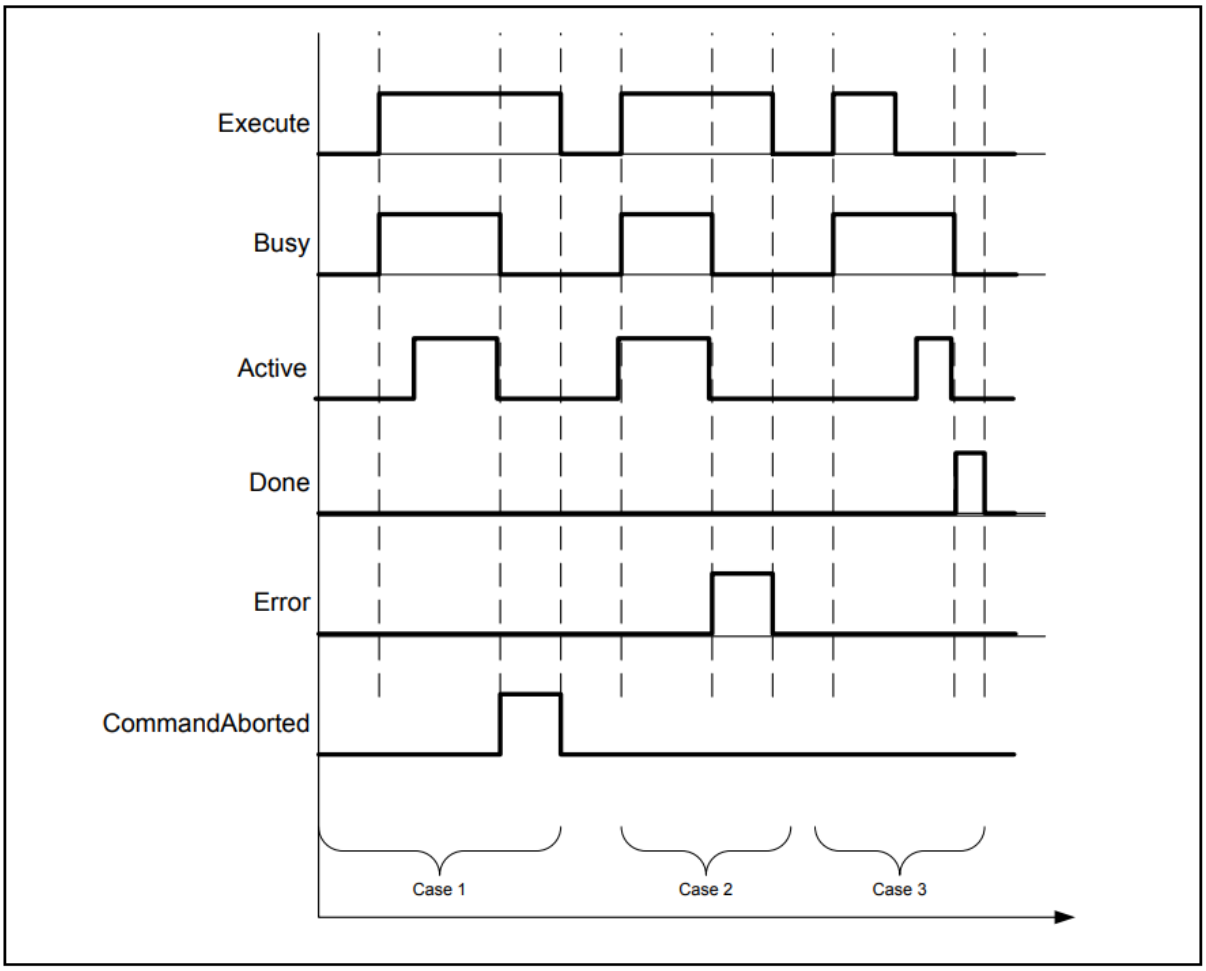


Рис. 16. Циклограмма ФБ модели Execute/Done

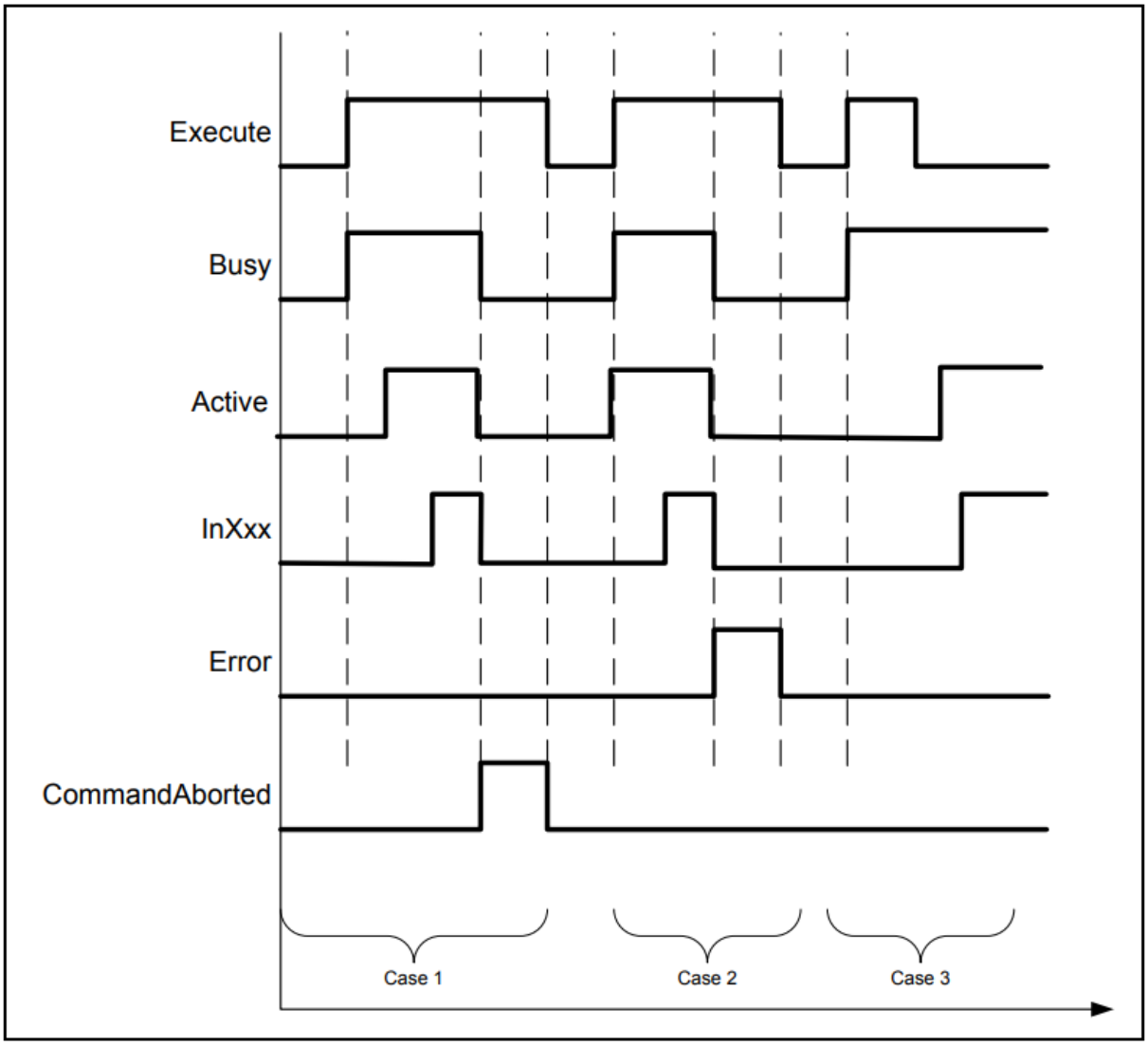


Рис. 17. Циклограмма ФБ модели Execute/InXxx