

Языки моделирования SysML и UML

Владимир Юрьевич Романов,
Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова
Факультет Вычислительной Математики и Кибернетики
vromanov@cs.msu.su,
romanov.rvy@yandex.ru
<http://master.cmc.msu.ru>

UML – Unified Modeling Language. Унифицированный язык моделирования

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- Стандарт на язык моделирования разработанный консорциумом фирм Object Management Group:

<http://www.omg.org>

- Стандартизация языка UML консорциумом OMG:

<http://www.omg.org/uml>

<http://www.uml.org/>

- Текущие версии стандарта доступные для свободного скачивания:

<http://www.omg.org/spec/>

SysML – System Modeling Language

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- Язык графического моделирования, разработанный в ответ на RFP **UML** для системной инженерии, разработанный **OMG** и **INCOSE** (International Council on Systems Engineering)
 - <https://www.incose.org/>
 - <http://www.omg.org/uml>
- Поддерживает спецификацию, анализ, проектирование, и проверку систем, включающих оборудование, программное обеспечение, данные, персонал, процедуры и оборудование
- Является языком визуального моделирования, обеспечивающим
 - Семантику: значение, связанное с метамоделью (правила создания и структуры моделей)
 - Нотацию: представление значения, графическое или текстовое
- **SysML** не зависит от методологии и инструмента моделирования

SysML – System Modeling Language

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

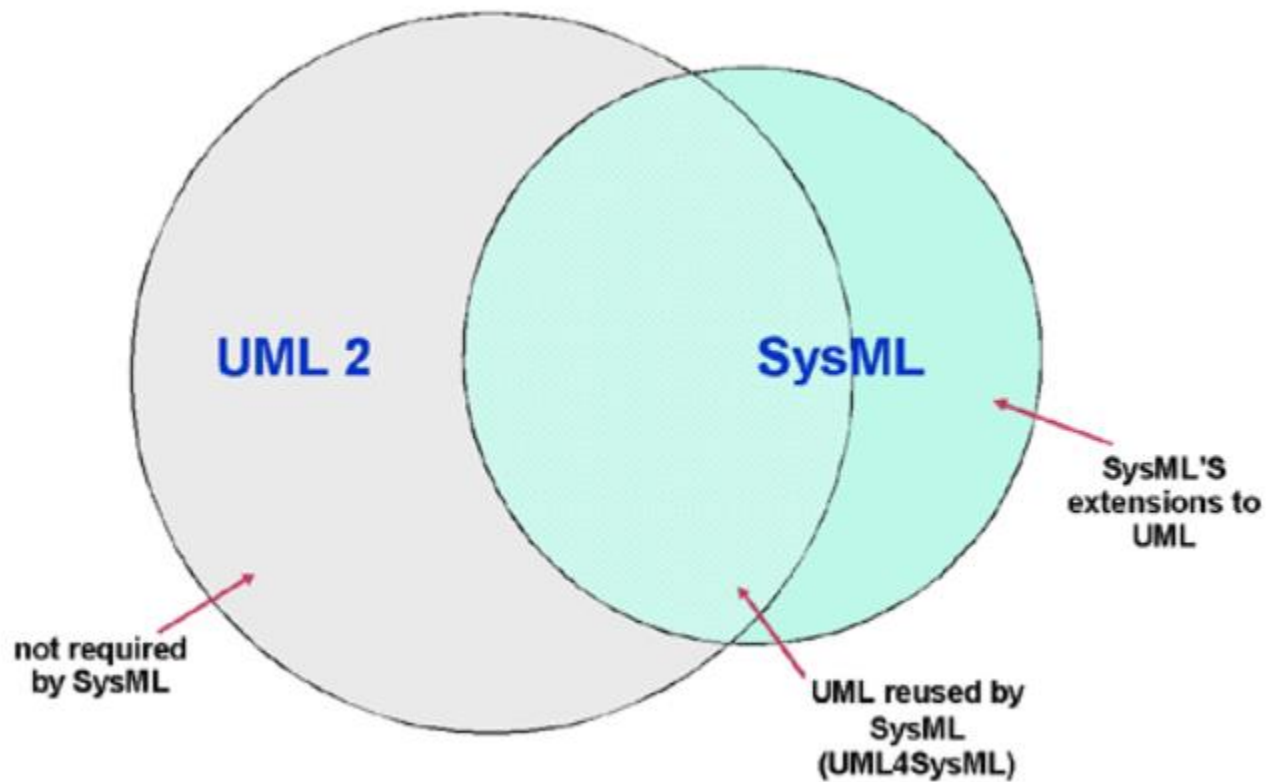
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- Профиль **UML**, представляющий подмножество **UML 2** с расширениями
- Поддерживает обмен моделями и данными через **XML Metadata Interchange (XMI®)**

Связь между SysML и UML

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



SysML - расширения языка UML (SysML profile)

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

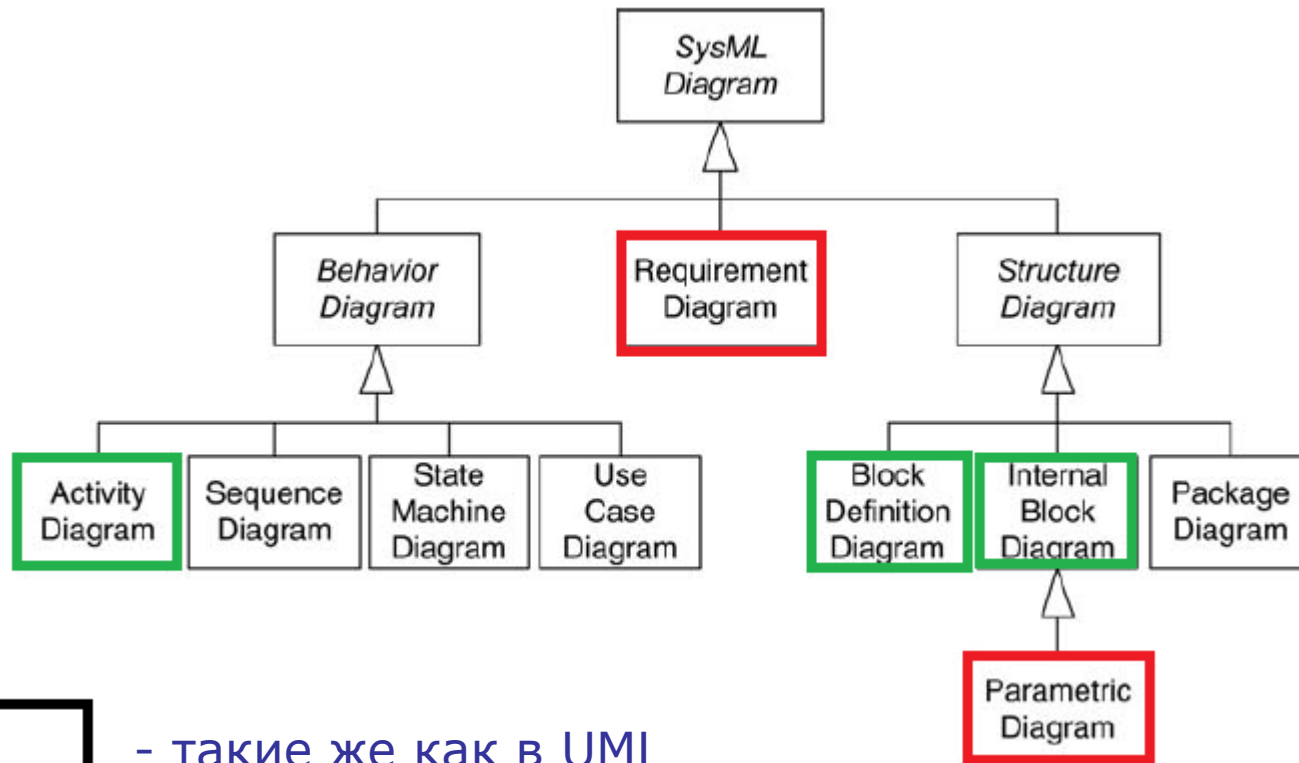
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- Блоки
- Потоки элементов
- Свойства значения
- Распределения
- Требования
- Параметризация
- Непрерывные потоки
- ...

SysML диаграммы

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- такие же как в UML



- новые диаграммы



- модифицированные диаграммы

Фреймы диаграмм SysML

- Каждая диаграмма SysML представляет собой *элемент модели*
- Каждая диаграмма SysML должна иметь *фрейм диаграммы*
- Контекст диаграммы указан в заголовке:
 - Вид диаграммы (**act**, **bdd**, **ibd**, **sd** и т.д.)
 - Тип элемента модели (*пакет*, *блок*, *деятельность* и т.д.)
 - Имя элемента модели
 - Определяемое пользователем имя диаграммы или имя вида
- Отдельный блок описания диаграммы используется, чтобы указать, является ли диаграмма полной или в ней пропущены элементы.

Фреймы диаграмм SysML

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

«использование диаграммы»

вид диаграммы [типЭлементаМодели] имяЭлементаМодели [имяДиаграммы]

bdd [package] Structure [DellSat-77 Satellite Structure and Properties]

Диаграмма определения блоков

Диаграмма определения блоков (Block definition diagram)

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

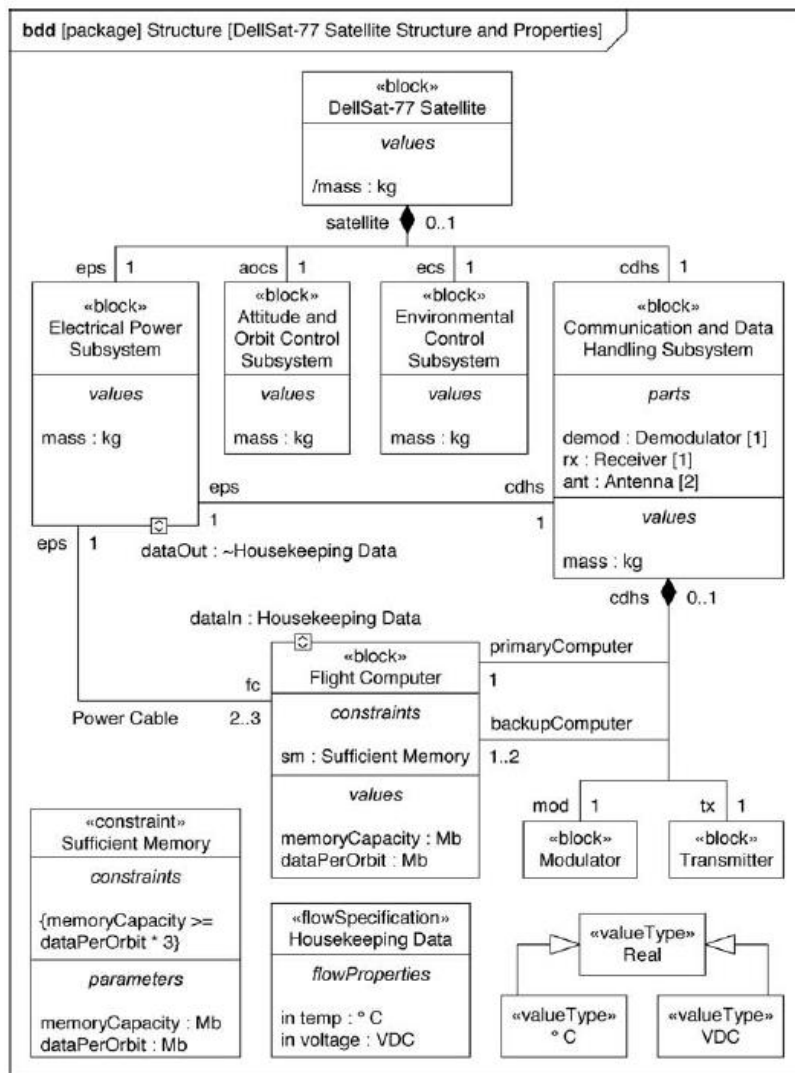
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Блок** — это базовая единица структуры SysML
- Блок может использоваться для моделирования объекта любого типа в вашей системе или во внешней среде вашей системы
- Диаграмма используется для отображения таких элементов модели, как блоки и типы значений (элементы, определяющие типы частей системы)
- Диаграмма отображает отношения между этими элементами модели системы
- Обычно диаграммы используются для отображения деревьев иерархии элементов в системе и деревьев классификации элементов системы

Пример диаграммы определения блоков

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

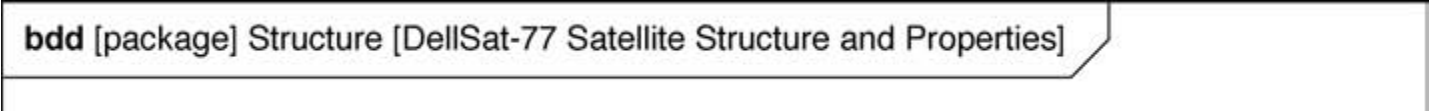
Романов Владимир Юрьевич ©2025



Заголовок диаграммы определения блоков

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



bdd [package] Structure [DellSat-77 Satellite Structure and Properties]

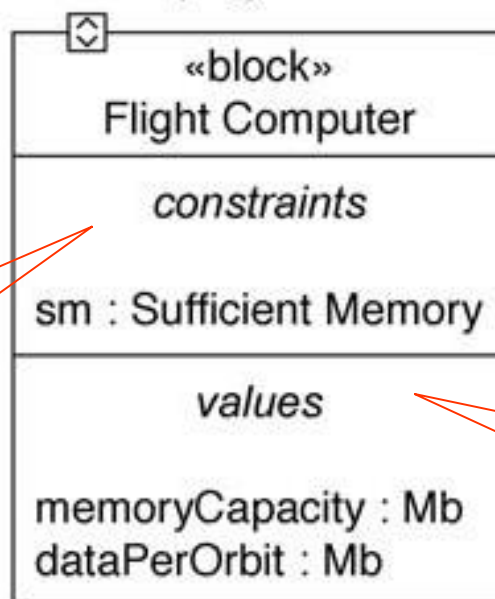
- Вид диаграммы: **bdd** (block definition diagram)
- Тип элемента модели: **package**
- Имя элемента модели: **Structure**
- Имя диаграммы: **DellSat-77 Satellite Structure and Properties**

Блок Бортовой компьютер «block» Flight Computer

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

dataIn : Housekeeping Data



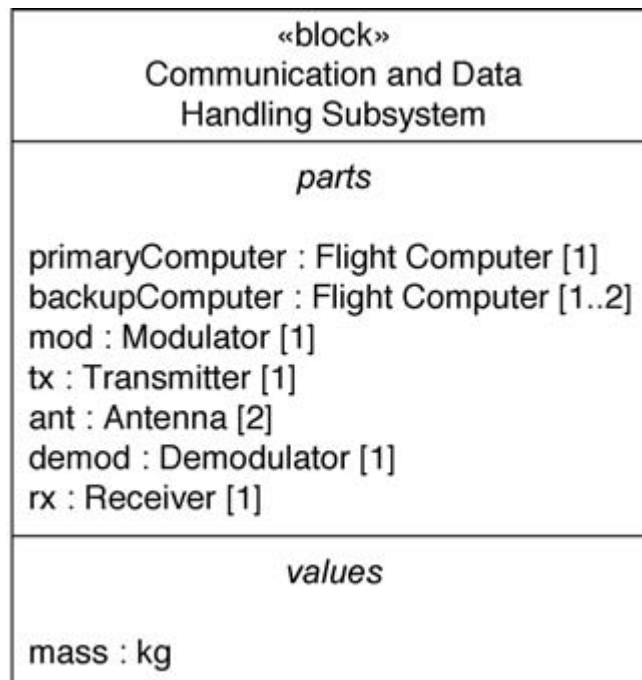
Секция
ограничений

Секция
значений

Секции блока

- Parts
- References
- Values
- Constraints
- Operations
- Receptions
- Standard ports (in SysML v1.2 and earlier)
- Flow ports (in SysML v1.2 and earlier)
- Full ports (in SysML v1.3)
- Proxy ports (in SysML v1.3)
- Flow properties (in SysML v1.3)
- Structure

Секция блока *Части*



- *parts* эта секция представляет структуру, которая является внутренней по отношению к блоку. Другими словами, блок состоит из свойств своих частей.

Описание частей блока

Подсистема связи и обработки данных

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Формат описания части:**

<part name> : <type> [<multiplicity>]

- **ant: Antena [2]**

подсистема связи и обработки данных имеет две антенны

- **tx: Transmitter[1]**

подсистема связи и обработки данных имеет один передатчик

- **backupComputer: Flight Computer[1..2]**

подсистема связи и обработки данных имеет от одного до двух резервных компьютеров

- Множественность **0..*** или ***** означает ноль или больше

- Если множественность не показана, она равна **1**.

Секция блока *Ссылки*

«block» Electrical Power Subsystem
<i>references</i> cdhs : Communication and Data Handling Subsystem [1]
<i>values</i> mass : kg powerOutput : W

- *references* эта секция представляет структуру, которая является внешней по отношению к блоку. Другими словами, блок нуждается в свойствах структур на которые ссылается.

Описание ссылок блока

Подсистема электропитания

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Формат описания ссылки:**

<reference name> : <type> [<multiplicity>]

- *odh: Communication and Data Handling Subsystem[1]*

Подсистеме электропитания требуется

одна *Подсистема связи и обработки данных*

- Тип должен быть именем блока или актера,
который создан в модели системы

Секция блока *Значения* *DellSat-77 Satellite*

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

«block» DellSat-77 Satellite
<i>values</i> altitude : km currentAttitude : Attitude = (0, 0, 0) eventTimes : Timestamp [0..*] haveLinkToGroundStation : Boolean = false /mass : kg numberOfImagesStored : Integer = 0 orbitInclination : ° /period : min satelliteID : String tangentialVelocity : km/s

- *values* эта секция представляет количество (некоторого типа), логическое значение или строку

Описание значений блока *Спутник DellSat-77*

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Формат описания значения:**

<value name> : <type> [<multiplicity>]

- Тип должен быть именем типа значения, которое вы создали где-то в модели системы
- Множественность — это ограничение на количество значений, которые может содержать свойство-значение
- Некоторые свойства значений хранят значения, а другие вычисляются из других свойств значений в модели системы.
- Чтобы указать, что свойство-значение вычисляется, перед его именем ставится косая черта (/)
- Свойства спутника **mass** и **period** вычисляются

Секция блока *Ограничения* *DellSat-77 Satellite*

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

«block» Flight Computer
<i>constraints</i> sm : Sufficient Memory
<i>values</i> memoryCapacity : Mb dataPerOrbit : Mb

- **constraints** - эта секция представляет собой *математическое отношение* (уравнение или неравенство), которое накладывается на набор свойств-значений
- Свойства-ограничения используются для построения *математических моделей* системы, которые отображаются на *параметрических диаграммах*

Описание ограничений блока

Sufficient Memory

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Формат описания ограничения:**

<constraint name> : <type>

- Имя ограничения определяется разработчиком модели
- Тип должен быть именем *блока ограничений* (блок со стереотипом *constraint*), который существует в модели системы и может быть повторно использован

«block» Flight Computer
<i>constraints</i> sm : Sufficient Memory
<i>values</i> memoryCapacity : Mb dataPerOrbit : Mb

Описание ограничений блока

- Возможно описать *математическое отношение* непосредственно в блоке в секции *constraints* как показано ниже

«block» Flight Computer
<i>constraints</i> {memoryCapacity >= dataPerOrbit * 3}
<i>values</i> memoryCapacity : Mb dataPerOrbit : Mb

Отношение ассоциации

- Свойство ссылки представляет структуру, которая является внешней по отношению к блоку
- Свойство части представляет структуру, которая является внутренней по отношению к блоку
- Свойства-ссылки и свойства-части соответствуют двум типам ассоциаций, которые вы часто создаете между блоками и отображаете на **BDD**: ссылочные и составные ассоциации
- Ассоциация это альтернативная запись для передачи такого рода структурных отношений в системе.

Отношение ассоциации

Ссылочные ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

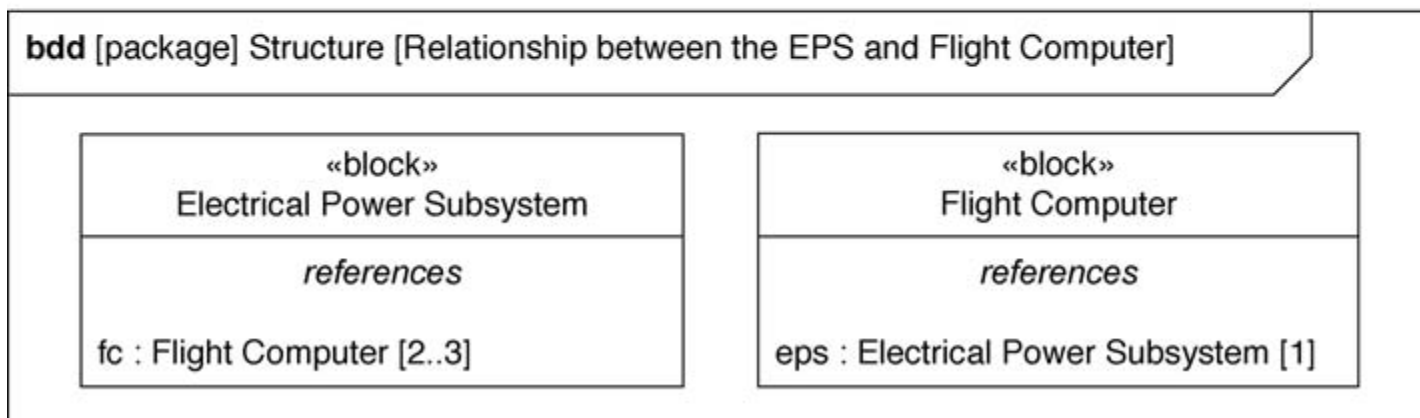
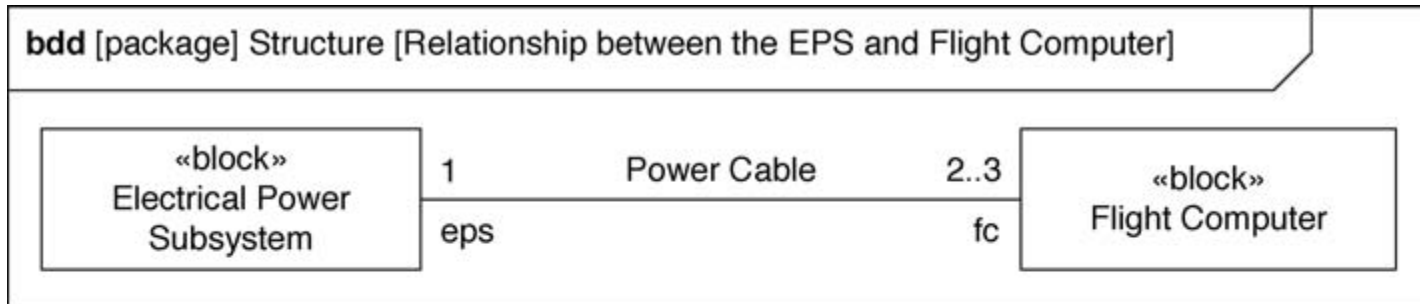
- Ссылочная связь между двумя блоками означает, что между экземплярами этих блоков может существовать соединение.
- Экземпляры блоков могут получать доступ друг к другу для какой-либо цели через соединение.
- Обозначение ссылки на диаграмме представляет собой сплошную линию между двумя блоками.
- Открытая стрелка ровно на одном конце означает однонаправленный доступ
- Отсутствие стрелок на обоих концах означает двунаправленный доступ

Отношение ассоциации

Пример ссылочной ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



Показана ссылочная ассоциация между блоком *Electric Power Subsystem* и блоком *Flight Computer*.

Отношение ассоциации

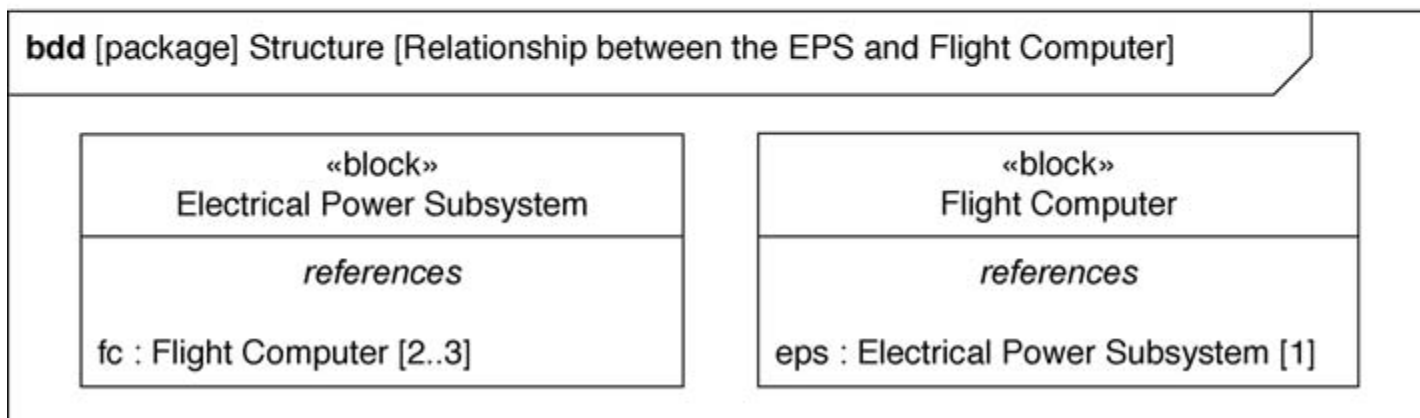
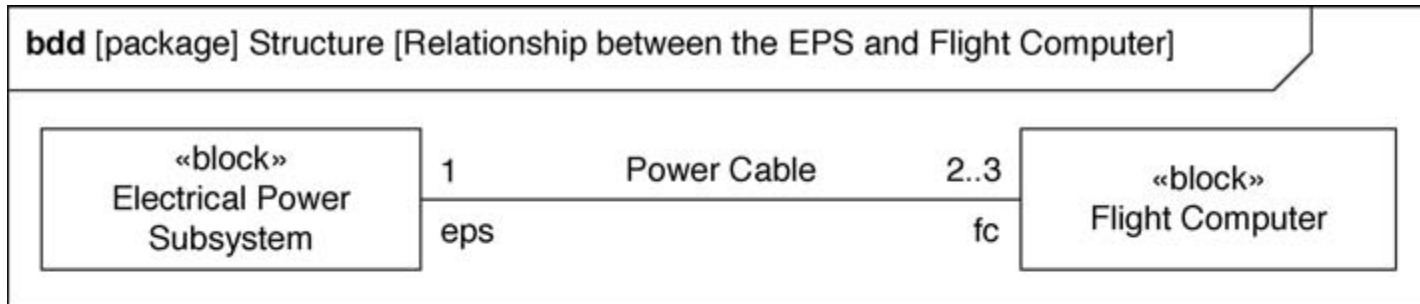
- Ассоциации могут иметь несколько меток.
- Можно отобразить имя ассоциации, плавающее рядом с серединой строки
- Можно дополнительно отобразить имя роли и множественность на любом конце строки.
- Имя ассоциации — это определяемая разработчиком модели строка, описывающая тип соединения, которое может существовать между экземплярами двух блоков.

Отношение ассоциации

Пример ссылочной ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



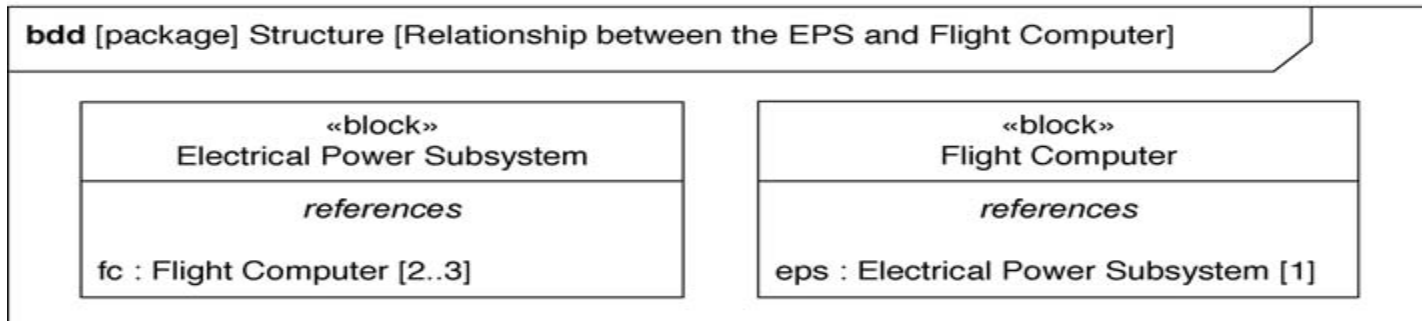
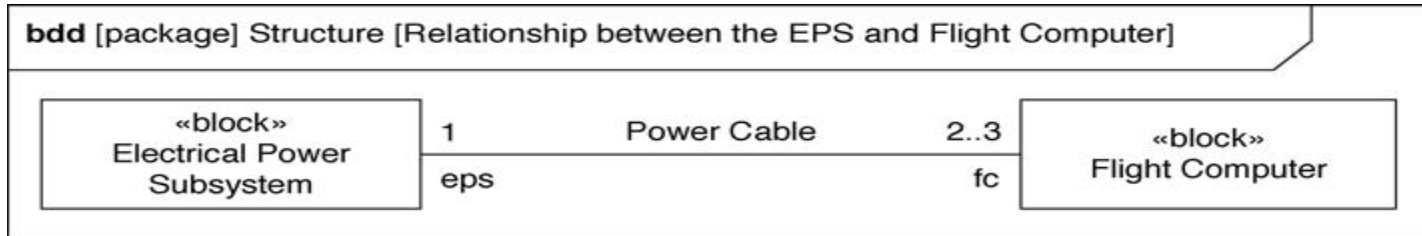
Имя показанной связи *Power Cable* описывает тип соединения, которое может существовать между подсистемой электропитания и бортовым

Отношение ассоциации

Пример ссылочной ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



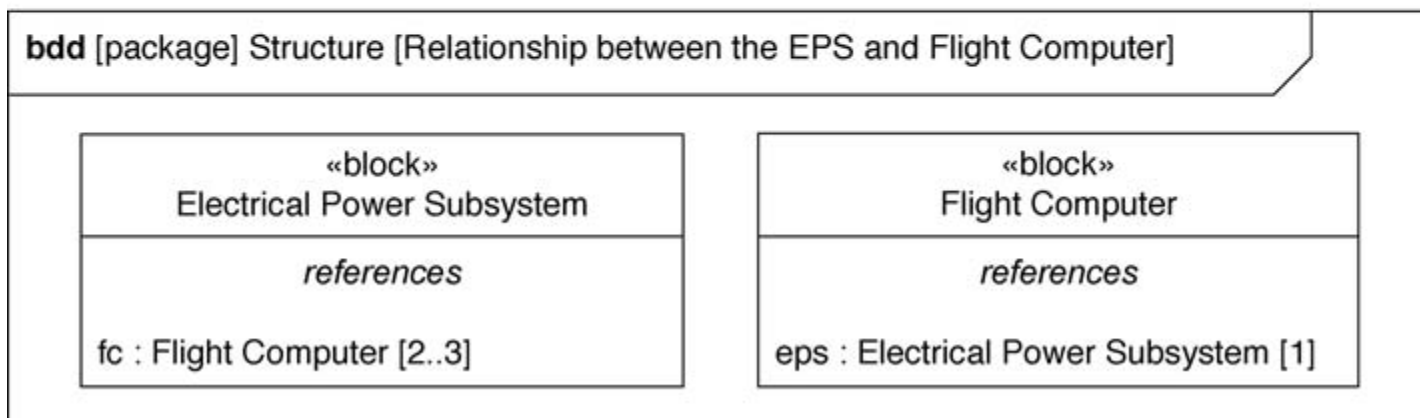
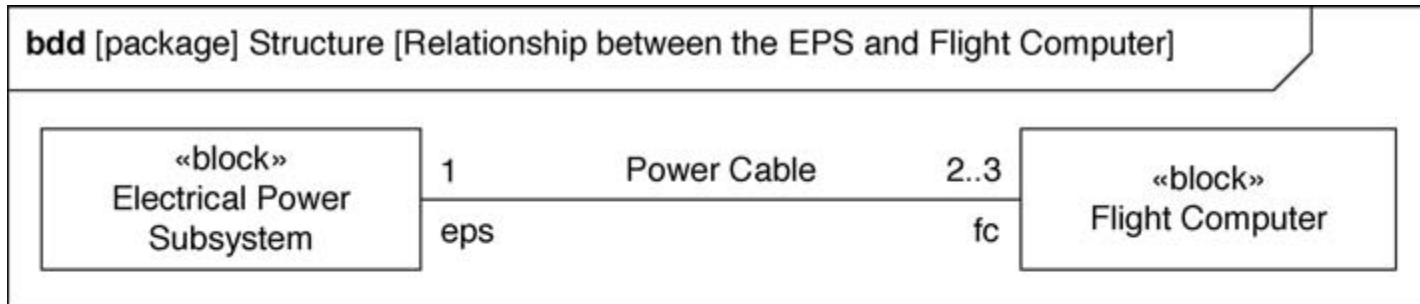
- В верхней диаграмме имя роли *eps* представляет свойство-ссылку, принадлежащее блоку *Flight Computer* и типом которого является блок *Electric Power Subsystem*
- Имя роли *fc* представляет свойство-ссылку, которое принадлежит блоку *Electric Power Subsystem* и типом которого является блок *Flight Computer*

Отношение ассоциации

Пример ссылочной ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



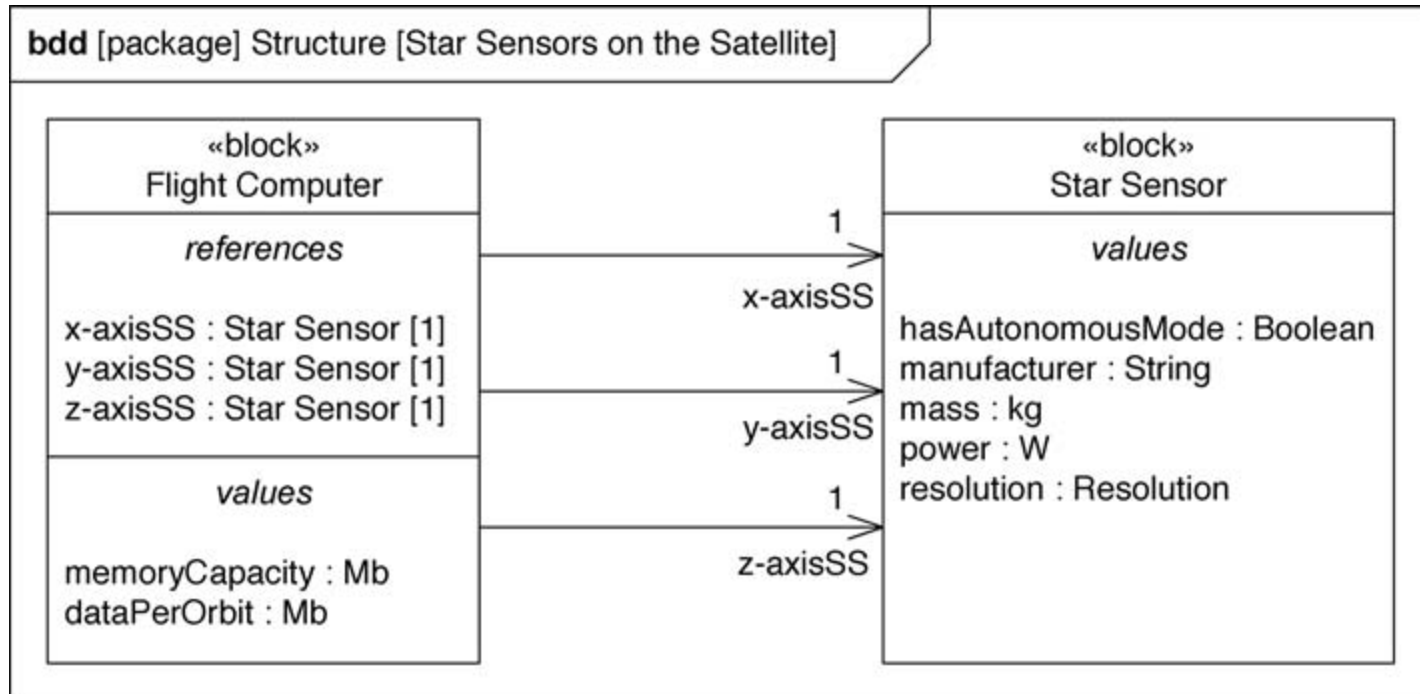
Нижняя диаграмма показывает эквивалентное представление той же модели, используя нотацию *ссылки* вместо *ассоциаций*

Отношение ассоциации

Пример нескольких ссылочных свойств одного типа

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



Отношение ассоциации

Составные ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

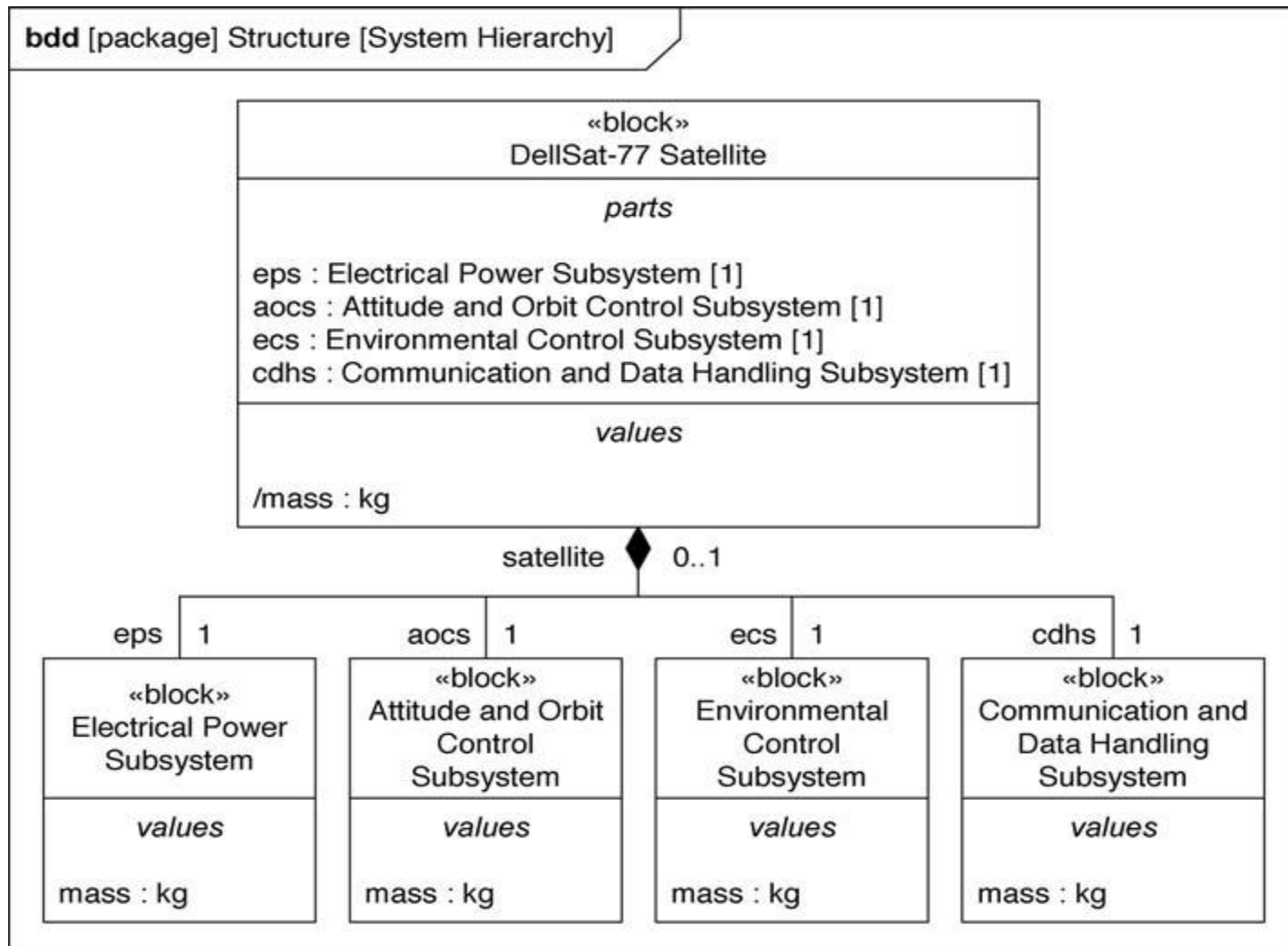
- **Составная ассоциация** между двумя блоками передает структурную декомпозицию.
- Экземпляр блока на составном конце состоит из некоторого количества экземпляров блока на конце части
- Обозначение составной ассоциации представляет собой сплошную линию между двумя блоками со сплошным ромбом на составном конце.
- Открытая стрелка на конце части линии передает однонаправленный доступ от составного блока к его части;
- Отсутствие стрелки означает двунаправленный доступ (т. е. часть будет иметь ссылку на составной блок).

Отношение ассоциации

Составные ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025

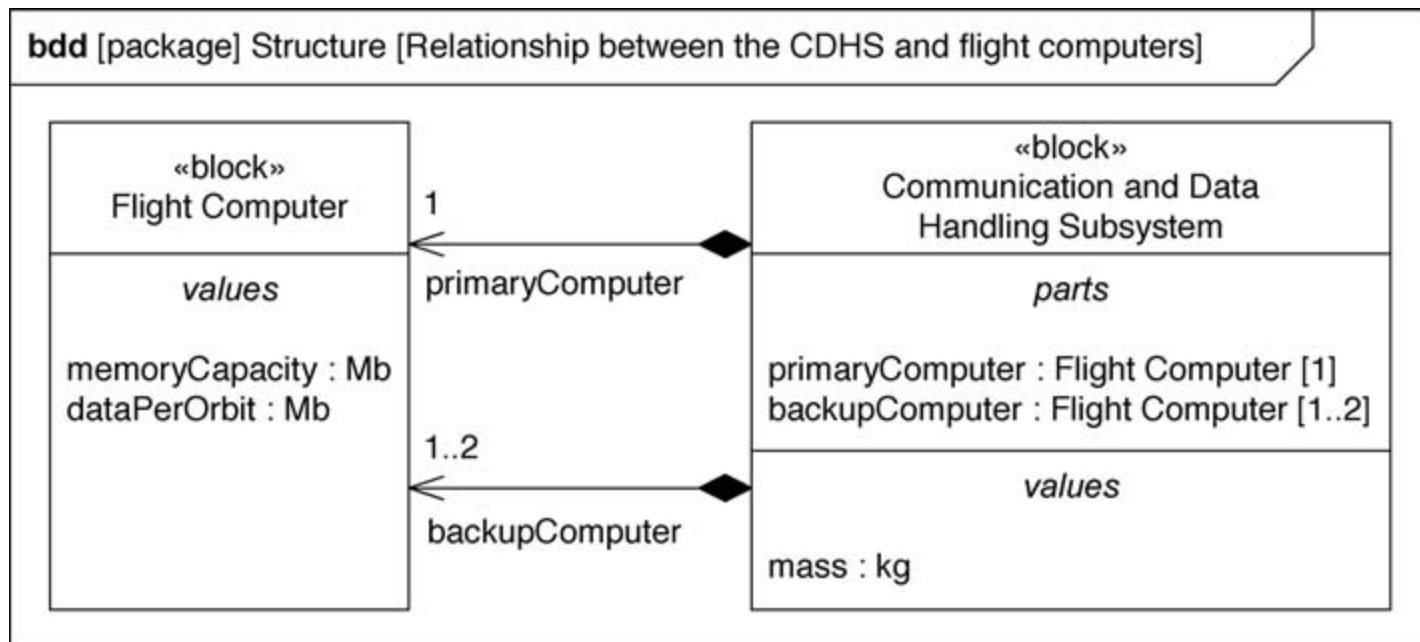


Отношение ассоциации

Пример нескольких составных свойств одного типа

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



Отношение обобщения

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

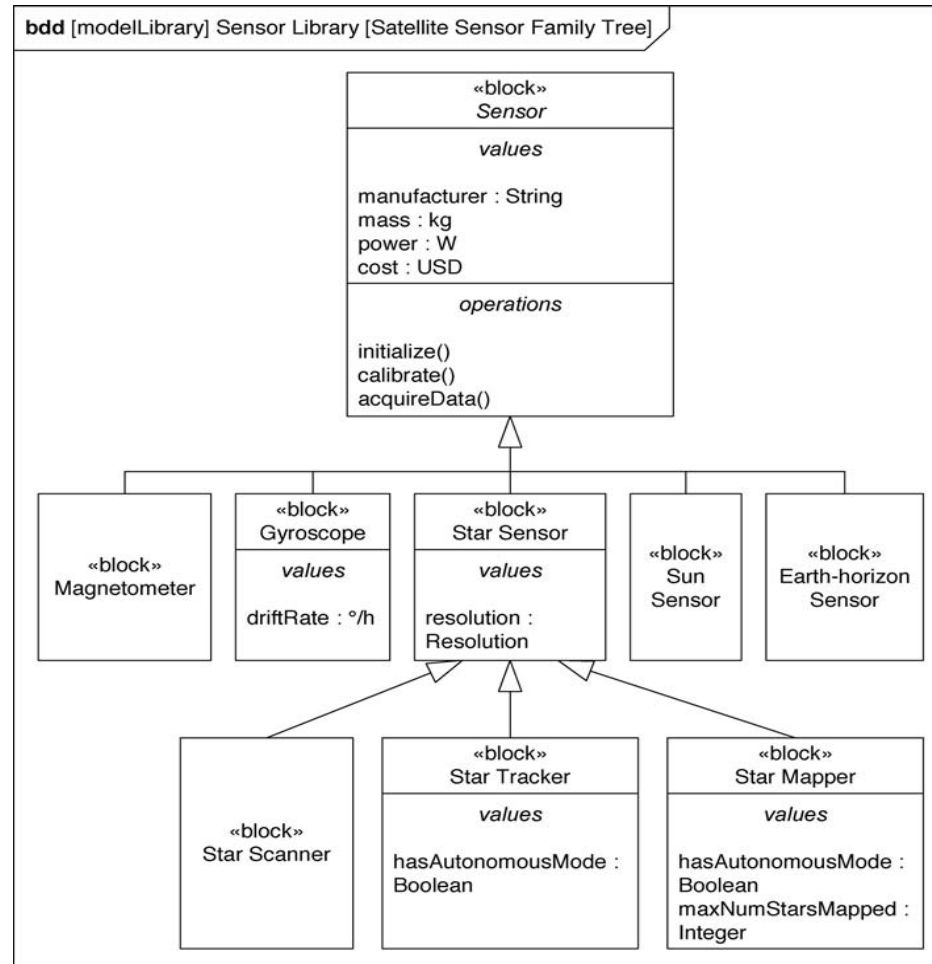
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Обобщение** передает наследование между двумя элементами:
 - более обобщенным элементом **супертипом**,
 - и более специализированным элементом **подтипом**
- Обобщения используются для создания деревьев классификации (иерархий типов) в модели системы
- Обозначение обобщения представляет собой сплошную линию с полой треугольной стрелкой на конце супертипа

Отношение обобщения

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



Отношение обобщения

- Блок *Star Sensor* является специализацией блока *Sensor*
- Блок *Star Sensor*
 - Он наследует четыре свойства-значения и три операции из блока *Sensor*
 - Добавляет пятое свойство-значение *resolution*, которого нет в блоке *Sensor*
- Блок *Star Mapper*
 - Наследует пять свойств-значений и три операции из блока *Star Sensor*
 - Добавляет два новых свойства-значения *hasAutonomousMode* и *maxNumStarsMapped*

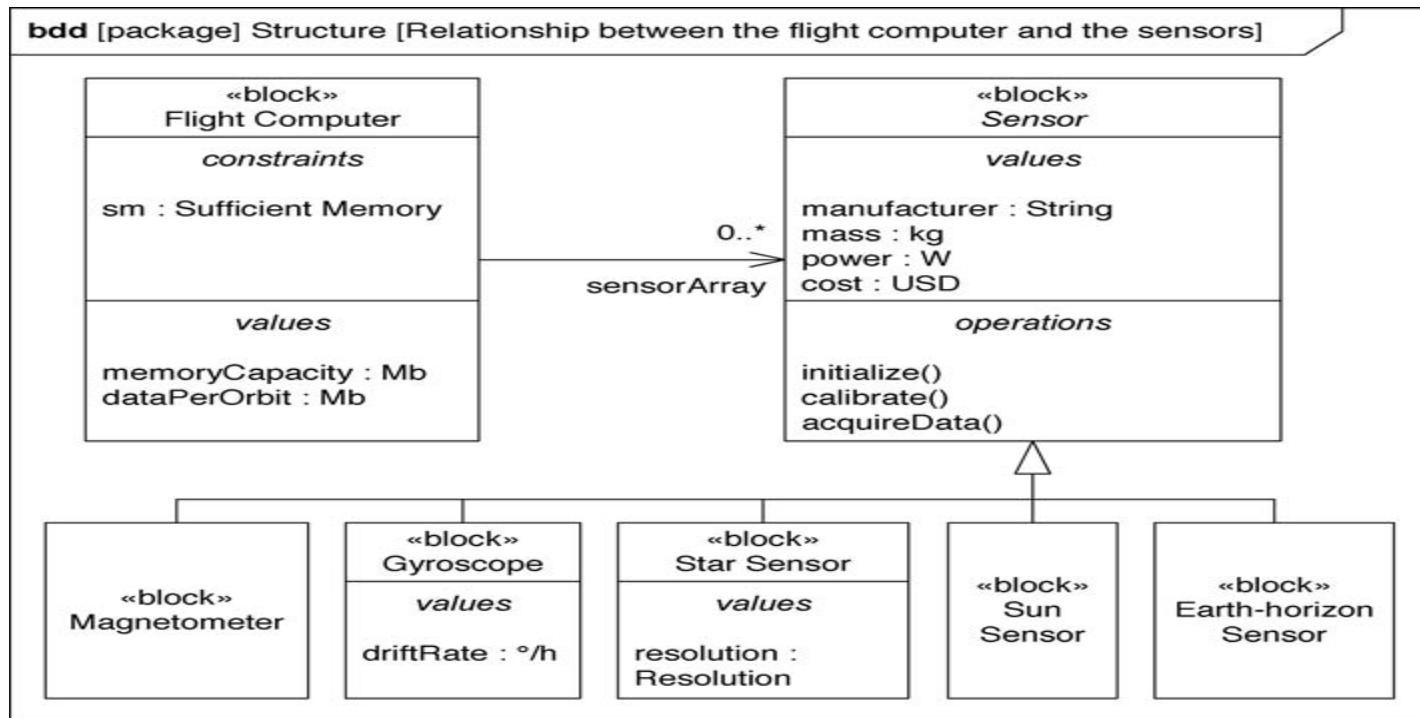
Отношение обобщения

- Обобщения создаются для определения **абстракции** в проекте системы.
- Супертип (такой как **Sensor**) является абстракцией своих подтипов. Он выделяет те черты, которые являются общими для подтипов.
- Абстракции позволяют определить общую функцию в супертипе, и эта общая функция распространяется вниз по иерархии типов на все подтипы
- При изменении этой общей функции и одновременно будут обновлены и все подтипы в модели
- Абстракция принцип проектирования позволяющий **взаимозаменяемость**: подтип будет принят везде, где требуется его супертип

Отношение обобщения

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Блок *Flight Computer* имеет ссылочное свойство с именем *sensorArray* типа *Sensor*
- Любой из пяти подтипов *Sensor* будет приемлемым. к бортовому компьютеру, потому что все они наследуют эти общие черты от своего супертипа *Sensor*

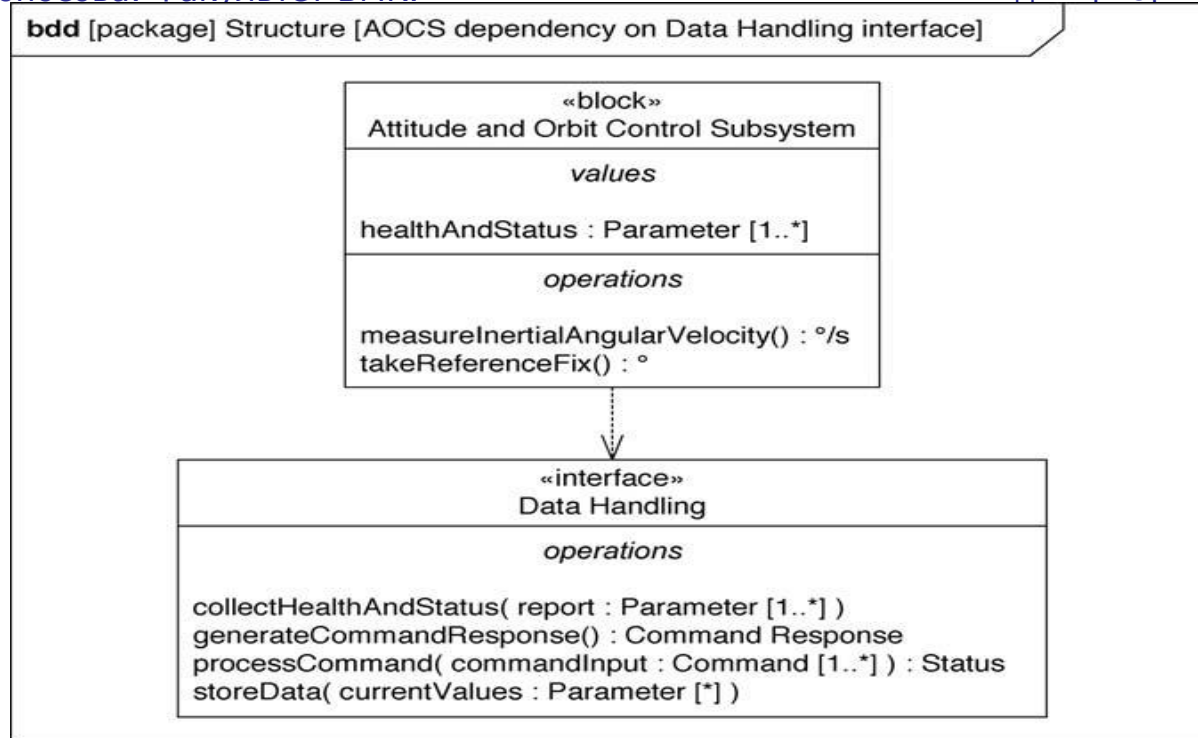
Отношение зависимости

- **Зависимость** — это отношение означает что один элемент модели (**клиент**) зависит от другого элемента модели (**поставщика**).
- Зависимость означает, что при изменении элемента поставщика может также измениться элемент клиента
- Отношение зависимости показывается пунктирной линией с открытой стрелкой, которая проводится от клиента к поставщику.

Отношение зависимости

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК.

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Блок подсистемы *Attitude and Orbit Control Subsystem* является клиентом, а интерфейс *Data Handling* — поставщиком.
- Блок зависит от интерфейса. Если интерфейс изменится, возможно, потребуется изменить и блок.

Актеры

- **Актер** представляет кого-то или что-то, что имеет внешний интерфейс с вашей системой
- Имя актера передает роль, которую играет человек, организация или другая система при взаимодействии с системой
- Возможны два обозначения актера:
 - фигурка человека из палочек
 - Прямоугольник с ключевым словом «актер», предшествующим имени актера
- Возможны отношения обобщения между актерами
- Возможны отношения ассоциации между актерами и блоками