

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 **INCISE** (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.

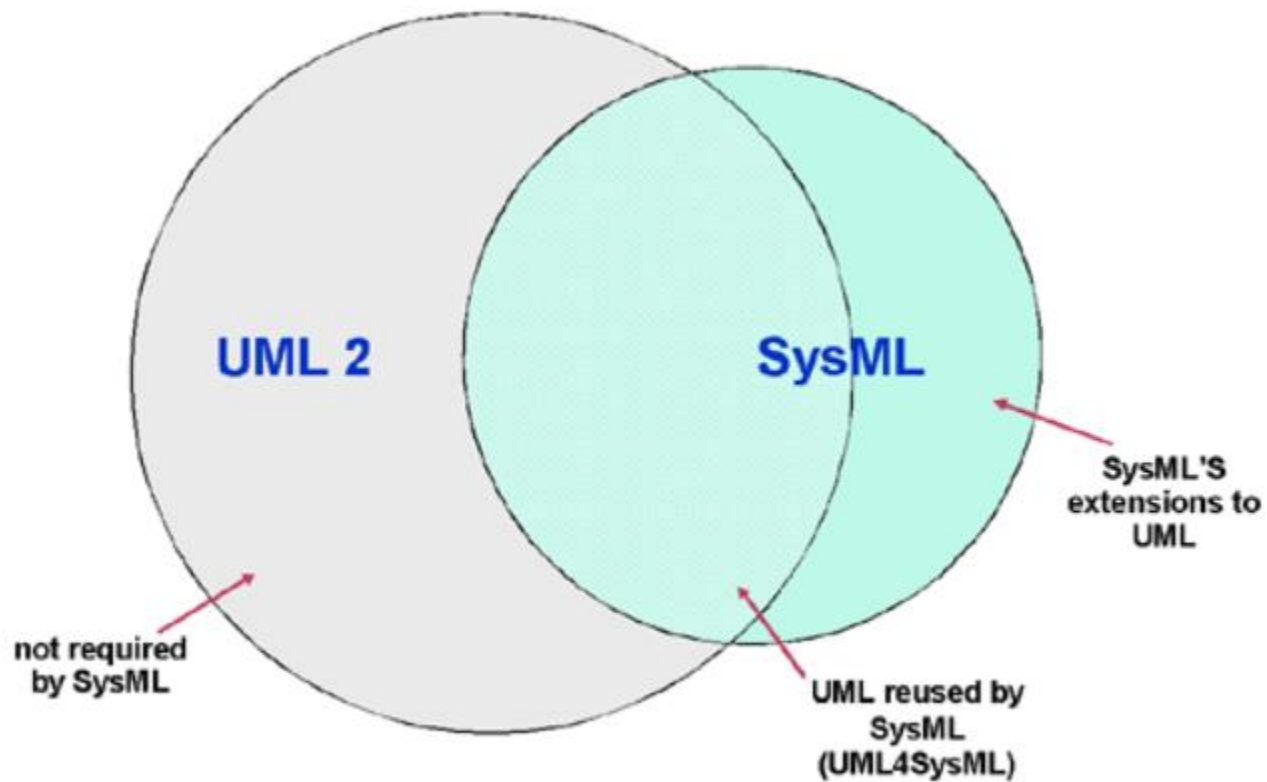
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- 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.

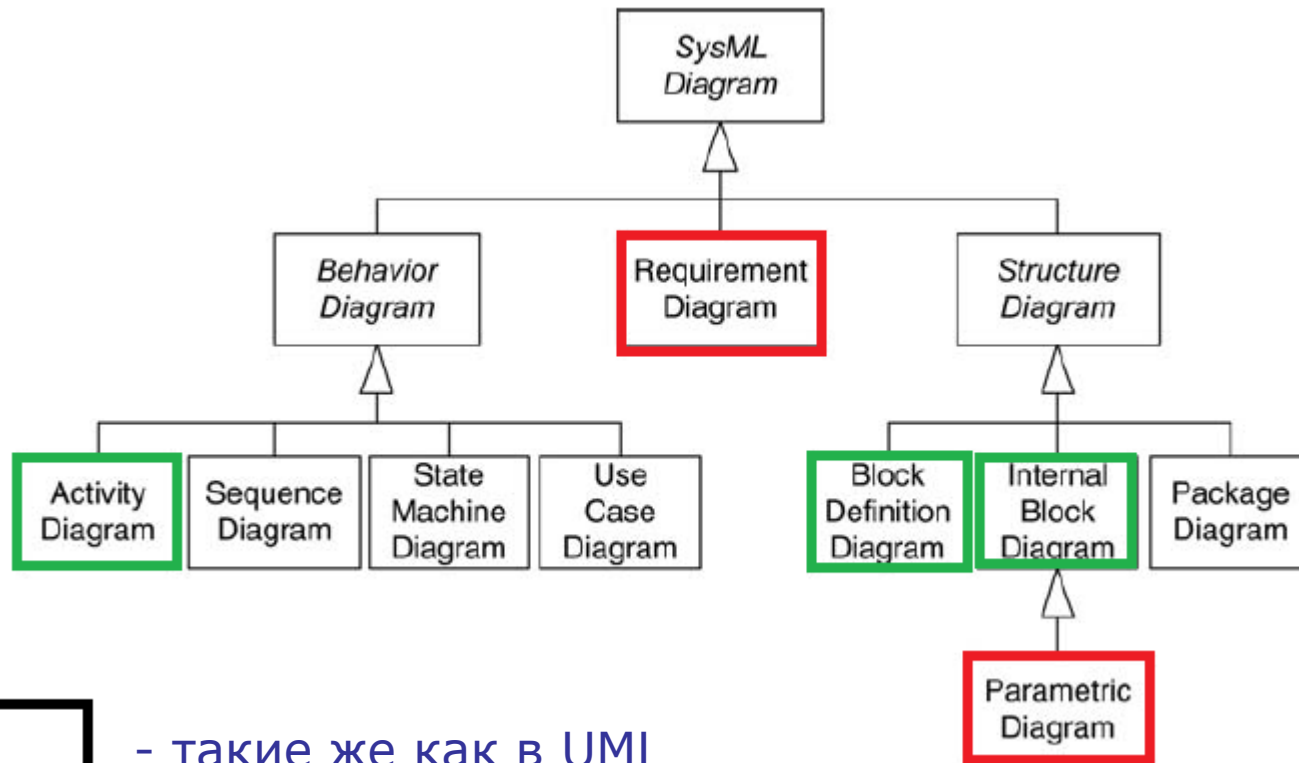
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- 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.

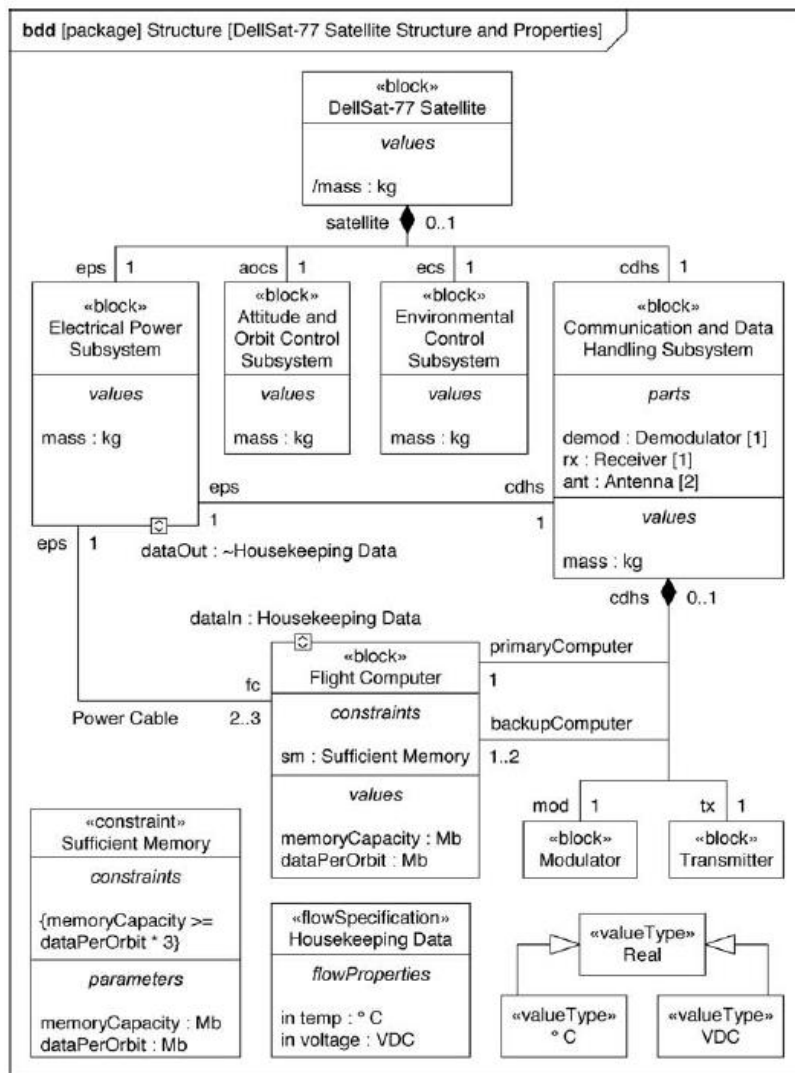
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **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.

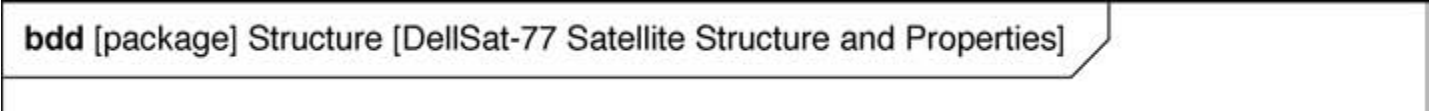
Романов Владимир Юрьевич ©2025



Заголовок диаграммы определения блоков

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



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

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

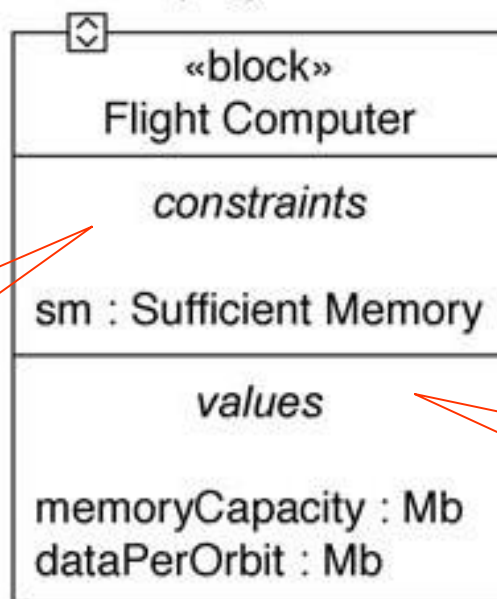
- Вид диаграммы: **bdd (block definition diagram)**
- Тип элемента модели: **package**
- Имя элемента модели: **Structure**
- Имя диаграммы: **DellSat-77 Satellite Structure and Properties**

Блок Бортовой компьютер «block» Flight Computer

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

dataIn : Housekeeping Data



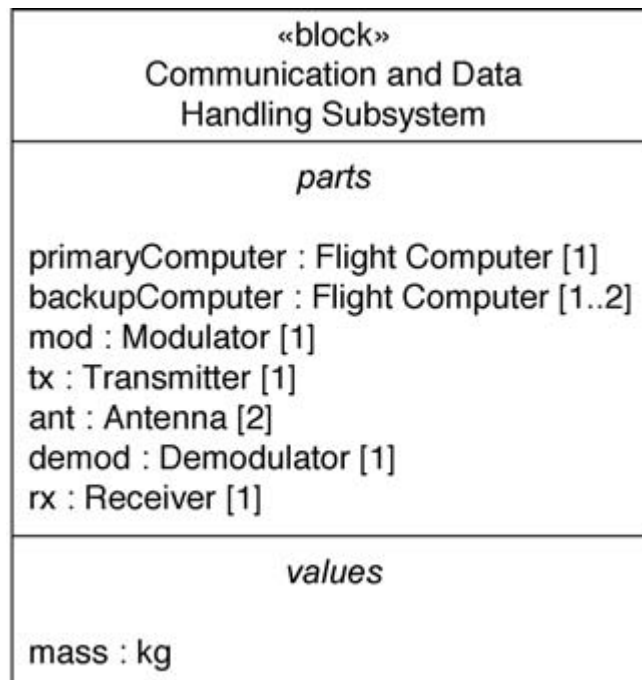
Секция
ограничений

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

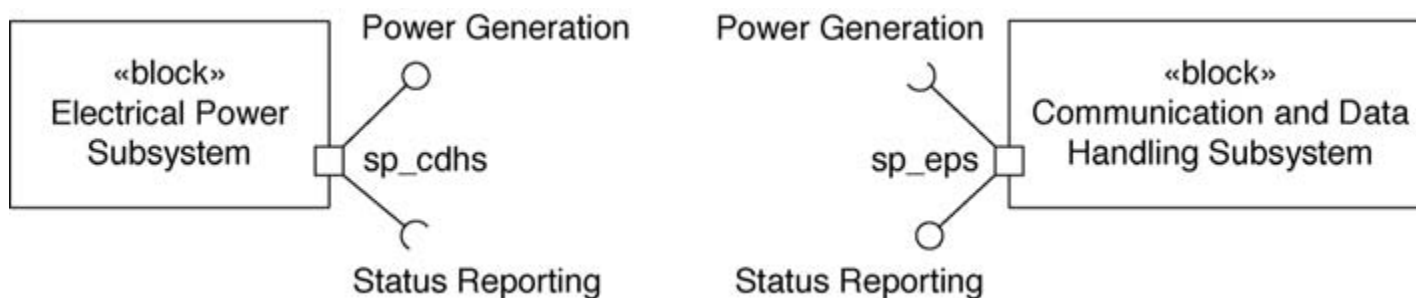
«block» Flight Computer
<i>constraints</i> sm : Sufficient Memory
<i>values</i> memoryCapacity : Mb dataPerOrbit : Mb

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

Порты блока



- **ports** – свойство блока, которое представляет собой отдельную точку взаимодействия на границе блока, через которую внешние объекты могут взаимодействовать с этим блоком
 - для предоставления или запроса услуги
 - для обмена материей, энергией или данными

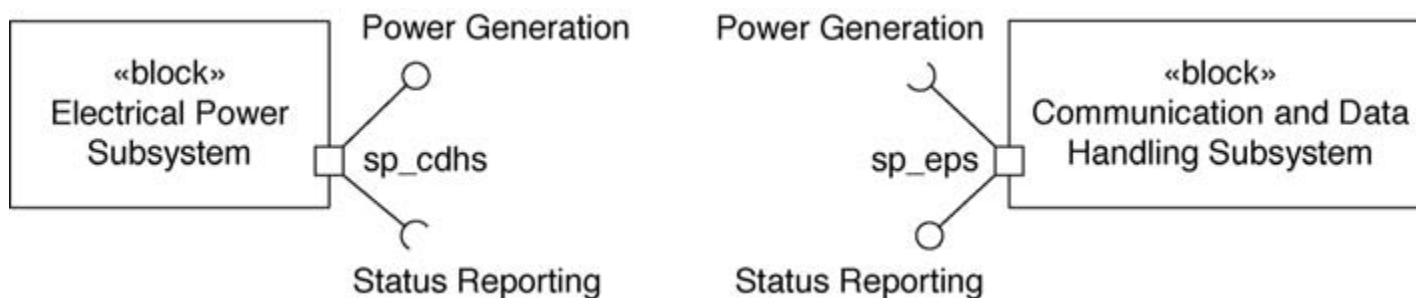
Назначение портов блока

- Благодаря портам блок моделируется как *черный ящик* по отношению к его окружению; внутренняя реализация структуры скрыта от клиентов
- Клиенты блока знают только *интерфейс блока*
 - услуги, которые он предоставляет и требует
 - типы материи, энергии или данных, которые могут входить и выходить
- Порт **отделяет** клиентов блока от какой-либо конкретной внутренней реализации блока
- Позволяет позже перепроектировать внутреннюю реализацию этого блока, не влияя на проект других частей вашей системы
- Это сокращает время, необходимое для внесения изменений в систему, когда этого требует заказчик

Стандартные порты блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

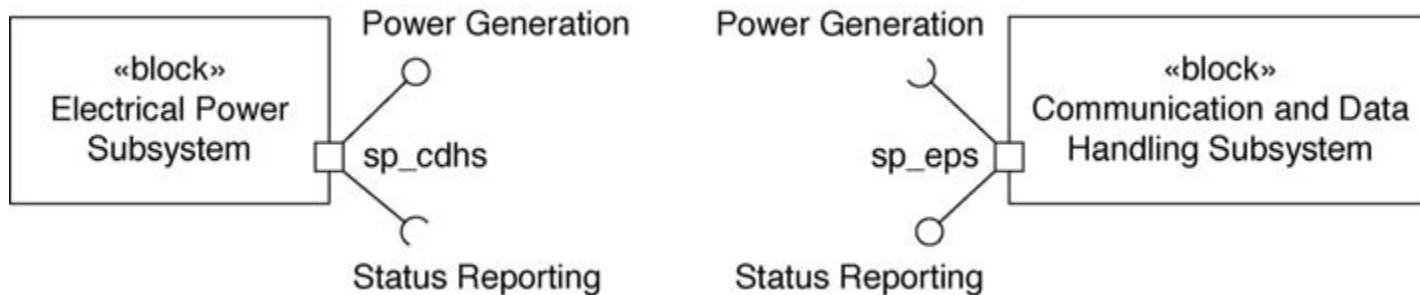


- **Стандартный порт** моделирует услуги (поведение), которые блок предоставляет или требует в точке взаимодействия на его границе
- Отображается в виде маленького квадрата на границе блока
- Может иметь имя (например, **sp_cdhs**, **sp_eps**), которое отображается в виде строки, плавающей рядом со стандартным портом. Стандартный порт может иметь один или несколько типов; типы — это интерфейсы, которые вы ему назначаете (например, выработка электроэнергии, отчеты о состоянии)

Стандартные порты блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- **Стандартный порт** может иметь один и более типов
- Типы — это интерфейсы, которые порту назначены. Например:
 - Выработка электроэнергии (**Power Generation**)
 - Отчеты о состоянии (**Status Reporting**)
- *Используемый* интерфейс показывается *кругом*
- *Предоставляемый* интерфейс показывается *полукругом*

Интерфейсы стандартного порта блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

«interface» Power Generation
<i>operations</i>
distributePower(sourceVoltage : VDC) : VDC
<i>receptions</i>
«signal» circuitBreakerReset()

«interface» Status Reporting
<i>operations</i>
collectHealthAndStatus(report : Parameter [1..*]) transmitTelemetryToGroundStation(data : Parameter [*]) : Packet [*]
<i>receptions</i>
«signal» analogTempDataSampled(temp : ° C, time : Timestamp) «signal» powerOutputDataSampled(power : W, time : Timestamp)

- **Интерфейс стандартного порта** – блок со стереотипом ***interface***
- Имеет набор *операций (operations)*
- Имеет набор *приемов (receptions)*

Интерфейсы стандартного порта блока

- Моделирование со стандартными портами и интерфейсами позволяет разъединить клиентов и поставщиков
- Проектируются абстракции, а не конкретные реализации
- Такая расширяемость позволяет добавлять новых поставщиков интерфейсов в любое время, не затрагивая существующих клиентов этих интерфейсов
- Добавлять новых клиентов интерфейсов независимо от используемой реализации

Потоковые порты блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- **Потоковый порт (flow port)** моделирует типы материи, энергии или данных, которые могут входить в блок или выходить из блока в точке взаимодействия на его границе

Потоковые порты блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Отображается потоковый порт в виде небольшого квадрата на границе блока
- Потоковый порт имеет символ (<>), показанный внутри маленького квадрата
- может иметь имя (например, **dataOut**, **dataIn**)
- может иметь тип (например, **Housekeeping Data**).
- Имя и тип отображаются в виде строки в формате:
 - **ИМЯ : ТИП**

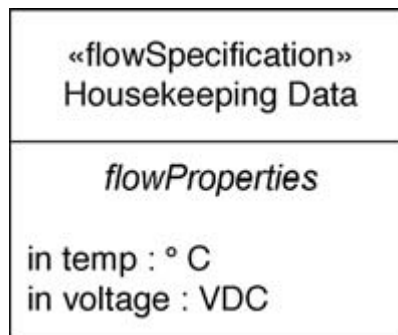
Не атомарные потоковые порты блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- **Не атомарный** порт потока используется когда нужно смоделировать несколько типов элементов, которые могут входить или выходить через этот порт.
- Тип порта неатомарного потока должен быть именем спецификации потока существующую в модели (блок со стереотипом **flowSpecification**)



Не атомарные потоковые порты блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Свойство потока представляет конкретный элемент, который может входить в блок или выходить из блока через порт потока
- Свойство потока имеет направление, имя и тип, которые отображаются в виде строки в следующем формате:
 - **<direction> <name> : <type>**
- Направление может быть **in**, **out**, или **inout**
- Имя определяется разработчиком модели
- Тип должен быть именем типа значения, блока или сигнала созданного в модели

Не атомарные потоковые порты блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Символ (⚡) указывает на то, что порт потока *dataOut* сопряжен. Это означает, что *направления* свойств потока в спецификации потока служебных данных *меняются* местами для этого порта потока

Атомарные потоковые порты блока

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

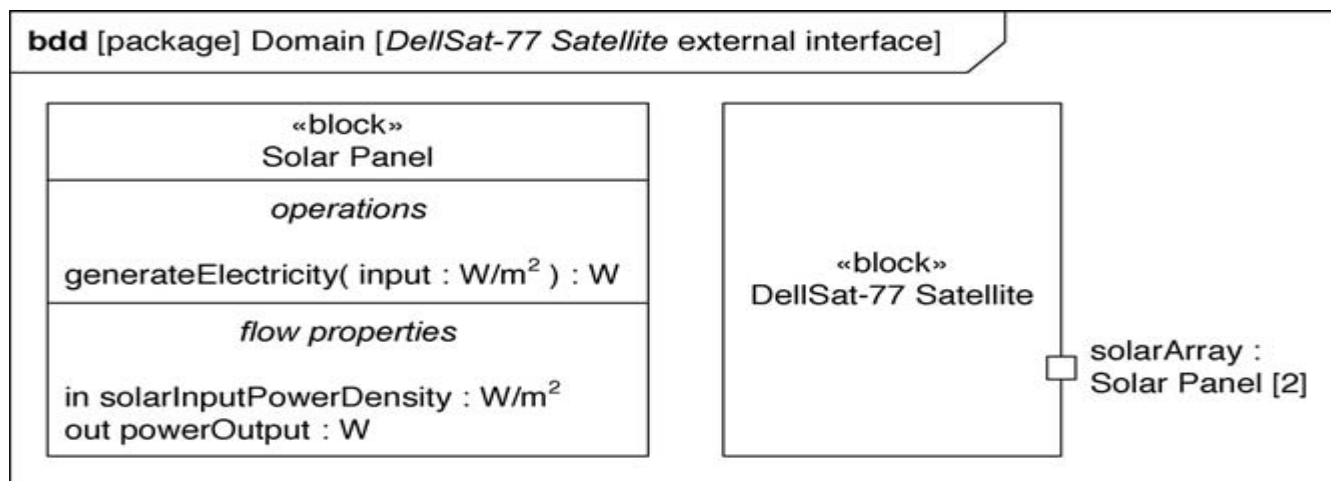


- **Атомарный** порт потока используется когда нужно смоделировать один тип элементов, которые могут входить или выходить через этот порт
- Символ (->) внутри маленького квадрата представляет собой стрелку, указывающую направление потока
- Тип порта атомарного потока должен быть именем типа значения, блока или сигнала, который создан в модели системы

Порт в SysML 1.3

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

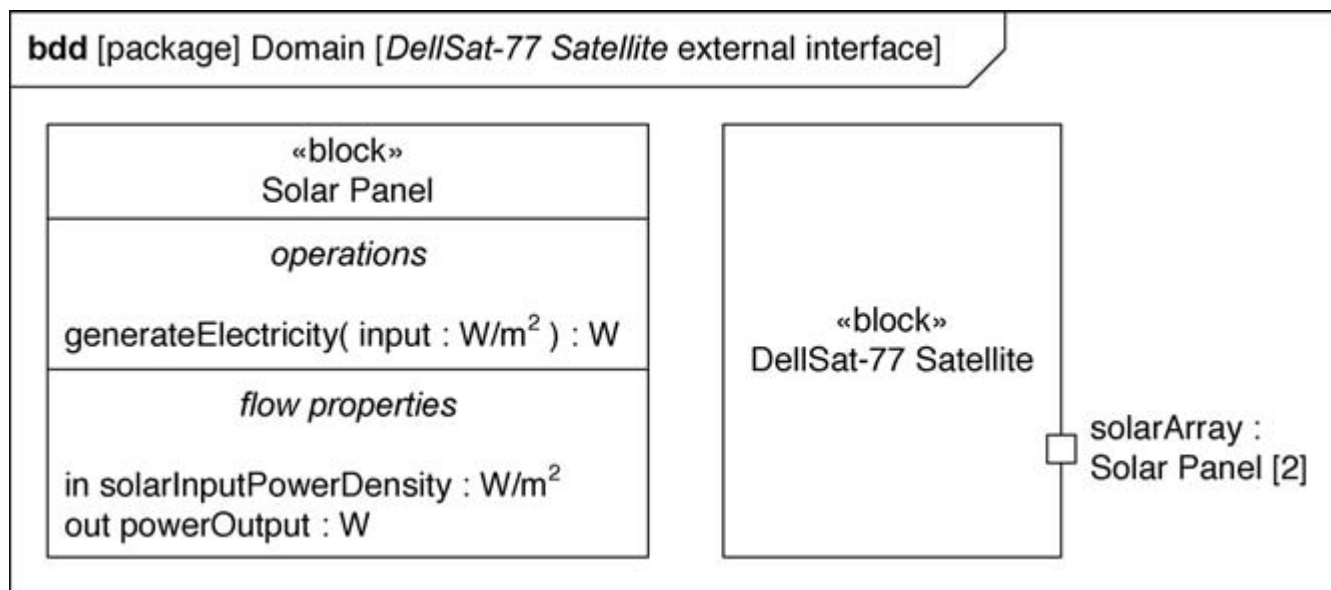


- Порт всегда типизируется каким-то другим блоком, который определен в иерархии модели
- Порт представляет собой один или несколько экземпляров другого блока, которые существуют на границе первого блока
- Блок *Solar Panel* служит типом порта *SolarArray*, который принадлежит блоку *DellSat-77 Satellite*. Порт *solarArray* имеет множественность 2

Порт в SysML 1.3

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

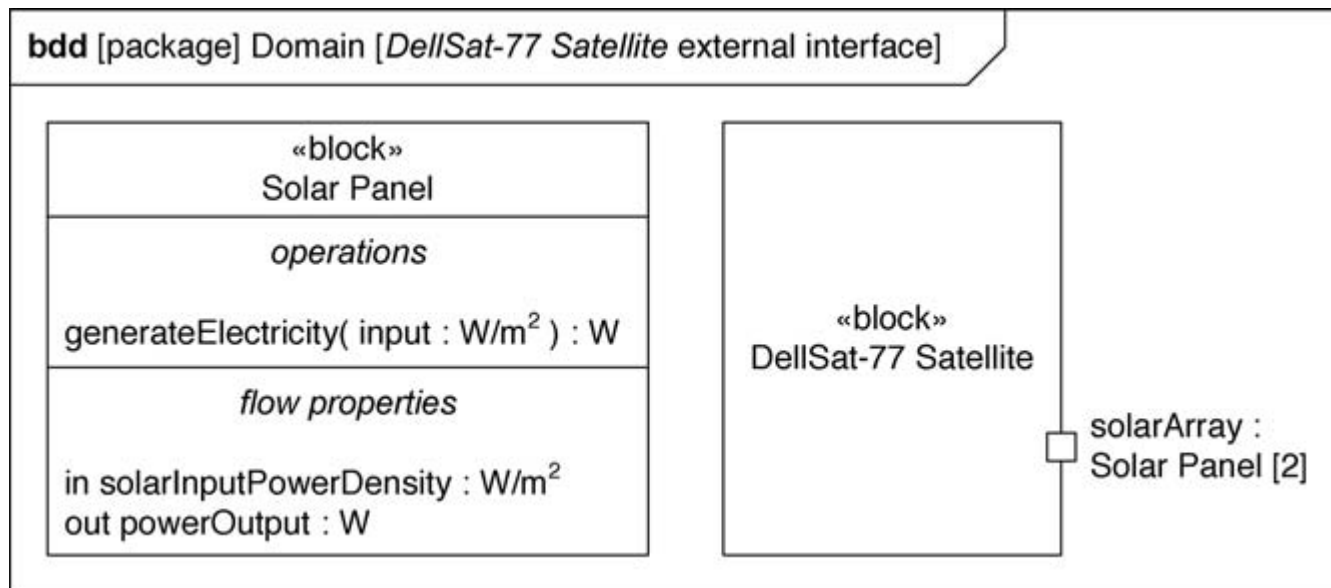


- Каждый экземпляр *DellSat-77 Satellite* будет владеть двумя экземплярами *Solar Panel*
- Эти два экземпляра будут существовать на границе между спутником и его средой

Порт в SysML 1.3

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

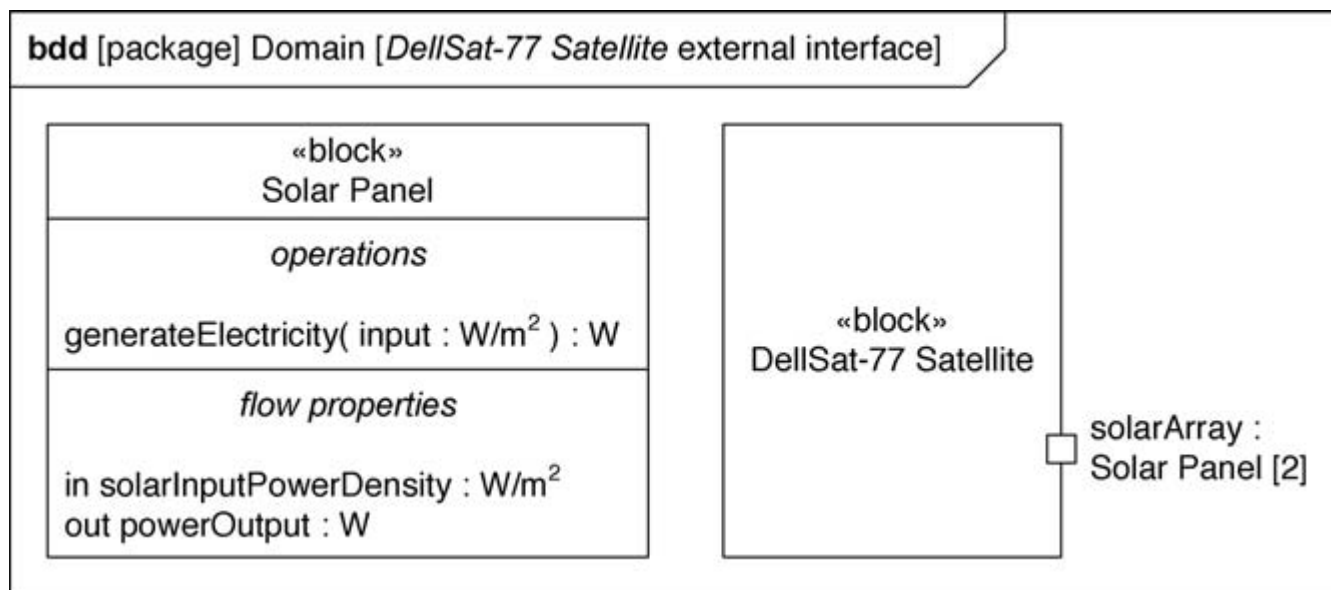


- Блок *Solar Panel* отображает три свойства, которыми он владеет: одна операция и два свойства-потока
- Поскольку блок *Solar Panel* типизирует порт *solarArray*, эти три характеристики доступны для всех структур, которые взаимодействуют со спутником через его солнечную батарею

Порт в SysML 1.3

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

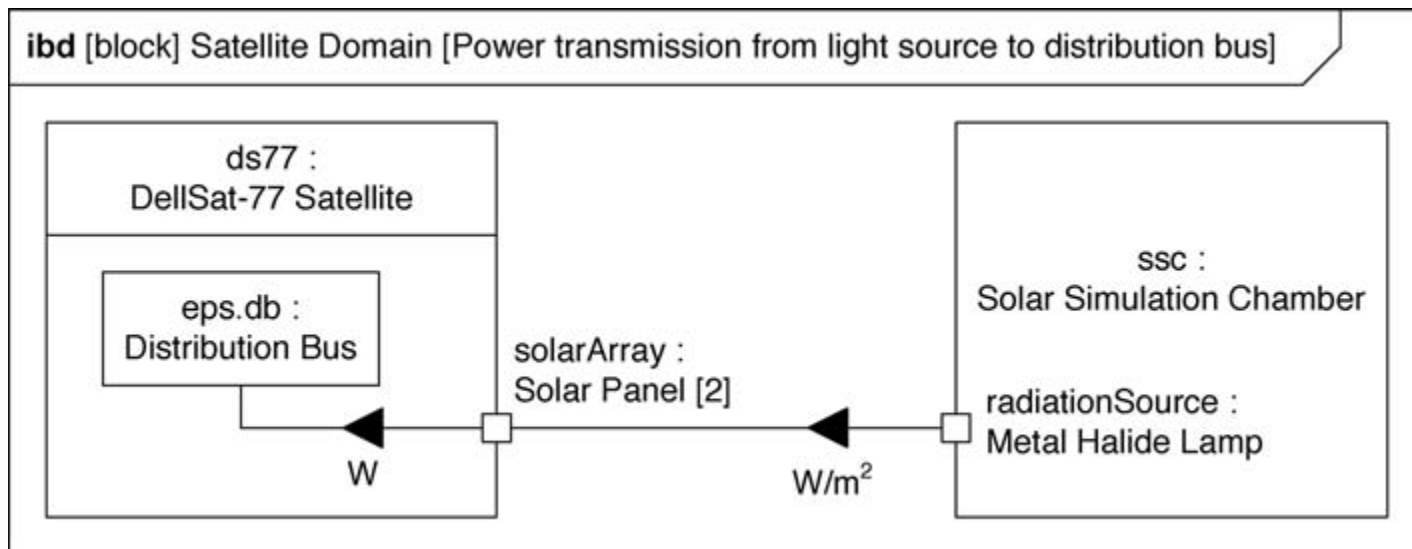


- Внешние по отношению к блоку **Solar Panel** структуры могут вызывать операцию **generateElectricity** и обмениваться со спутником элементами, которые согласуются (по направлению и типу) со свойствами потока

Потоки элементов между портами и свойствами

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

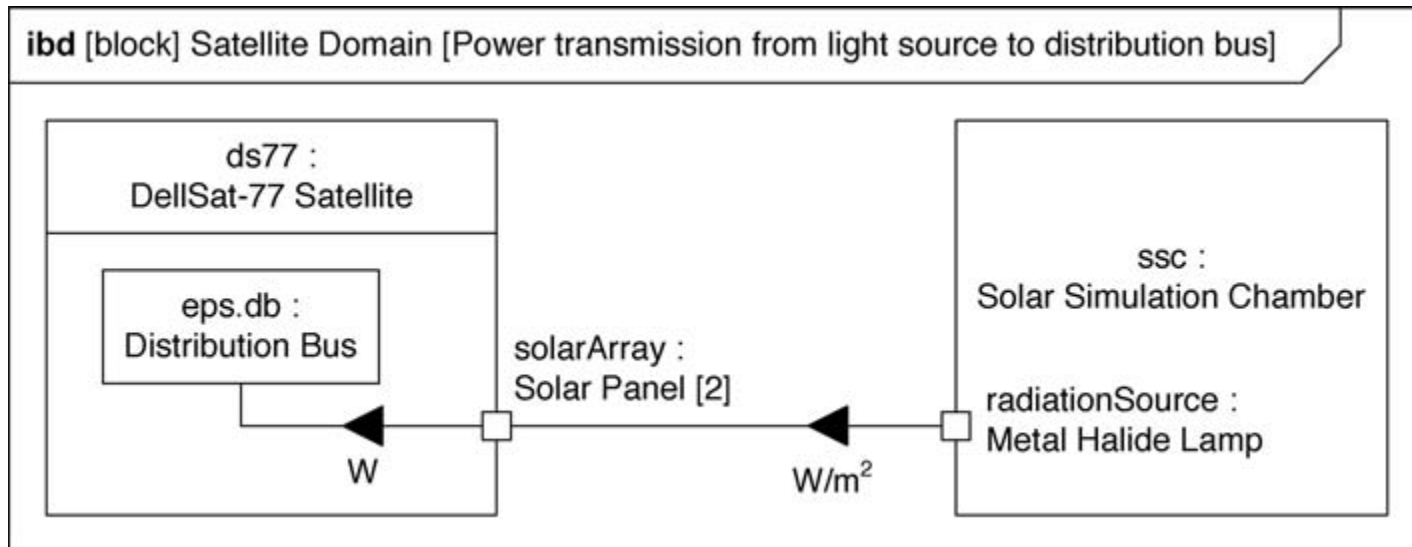


- На диаграмме показаны свойство части **ssc** (типа **Solar Simulation Chamber**) и свойство части **ds77** (типа **DellSat-77 Satellite**)
- Разъем соединяет порт **radiationSource** (на **ssc**) с портом **solarArray** (на **ds77**)

Потоки элементов между портами и свойствами

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

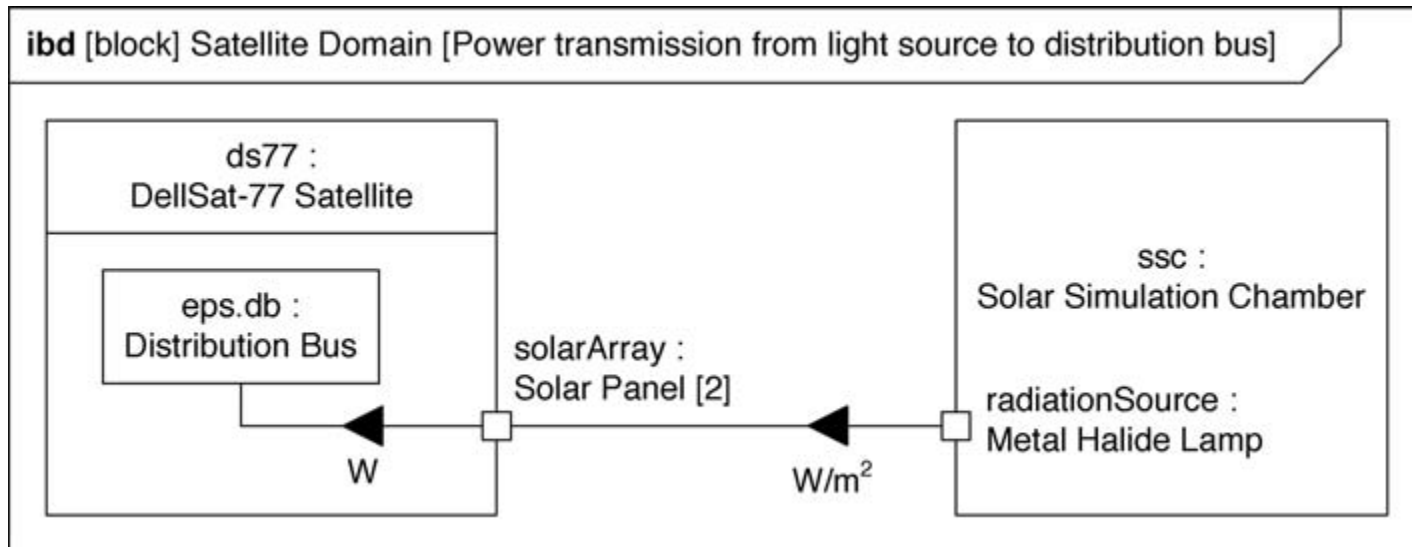


- На соединителе существует поток элементов, который сообщает, что значения типа **W/m²** могут передаваться от **radiationSource** к **solarArray** во время работы системы
- Этот поток элементов согласуется по направлению и типу со свойством потока **solarInputPowerDensity** блока **Solar Panel**

Потоки элементов между портами и свойствами

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

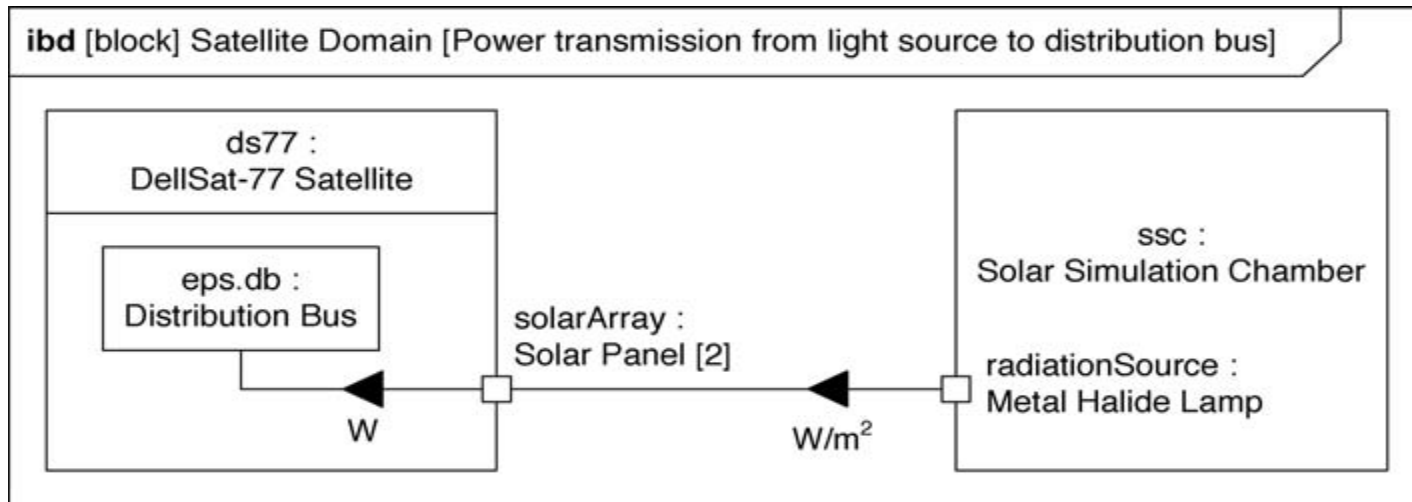


- Свойство части **db** типа **Distribution Bus** вложено в **ds77**
- Использование записи через точку означает, что **ds77** владеет свойством части, **eps**, которое, в свою очередь, владеет свойством части **db**

Потоки элементов между портами и свойствами

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

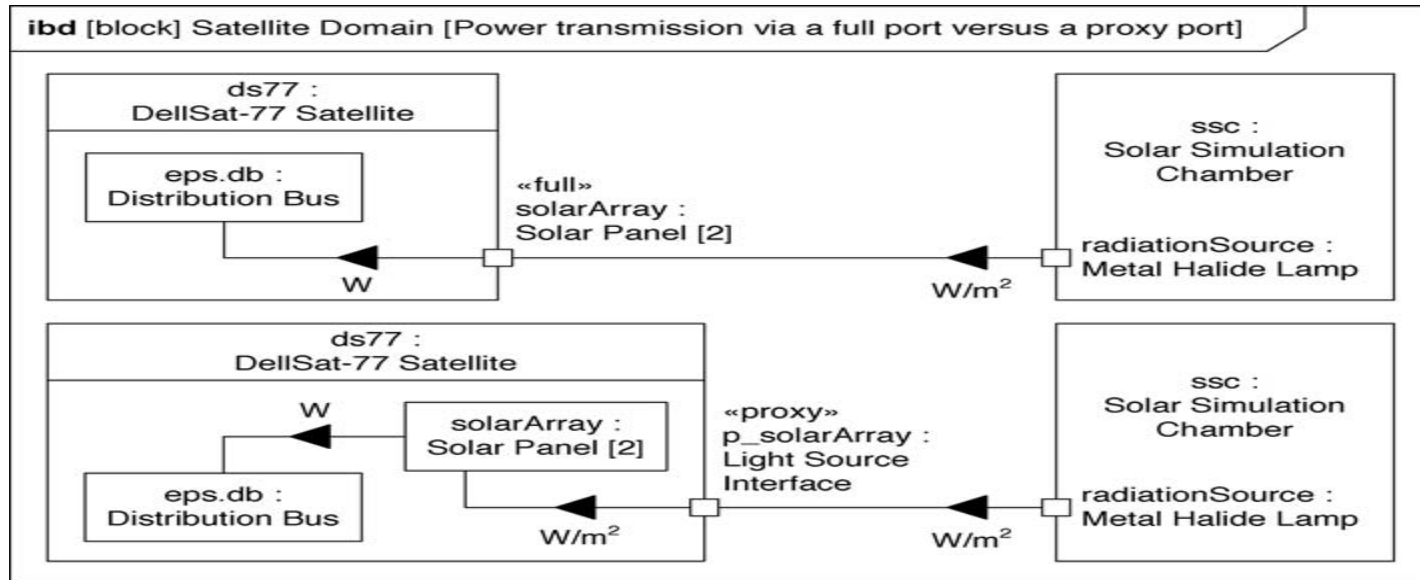


- Соединитель соединяет порт **solarArray** на границе спутника со свойством части **db** внутренним по отношению к спутнику
- Разъем имеет поток элементов **W**, который сообщает, что выход солнечной батареи направляется внутри к распределительной шине спутника
- Поток элементов согласуется по направлению и типу со свойством потока **powerOutput** блока **Solar Panel**

Полные порты и прокси-порты

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

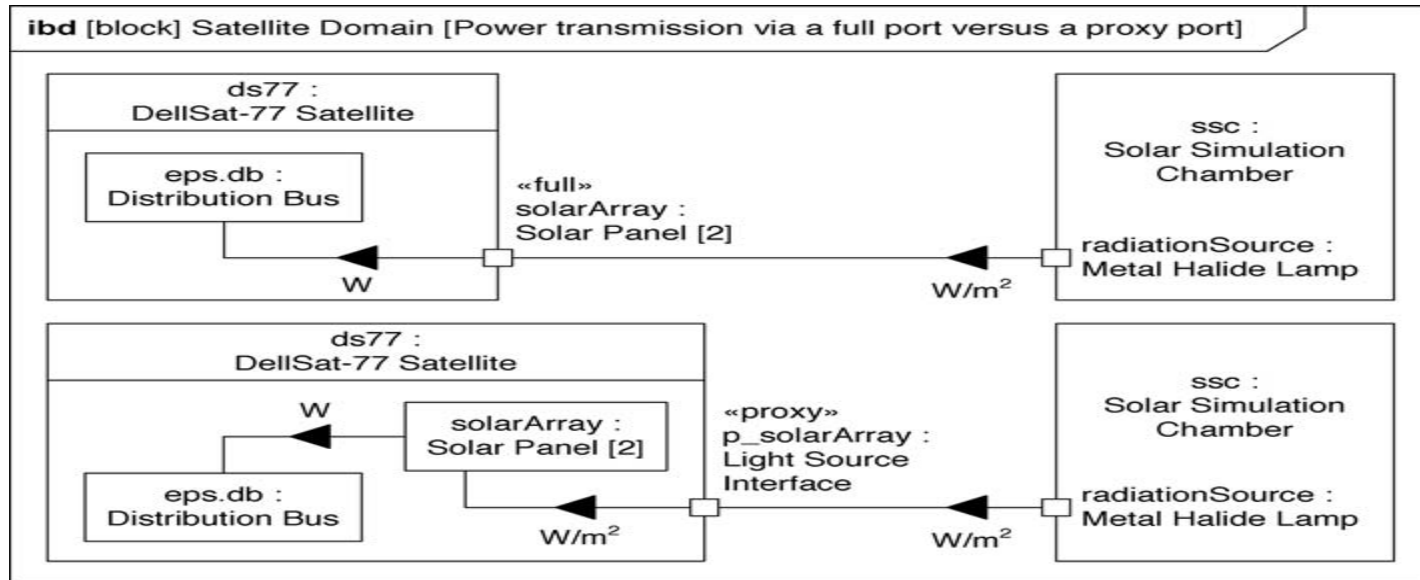


- Полный порт в верхней части диаграммы и прокси-порт в нижней части
- Полный порт имеет стереотип «*full*» в начале строки имени
- Прокси-порт имеет стереотип «*proxy*» в начале строки имени

Полные порты и прокси-порты

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

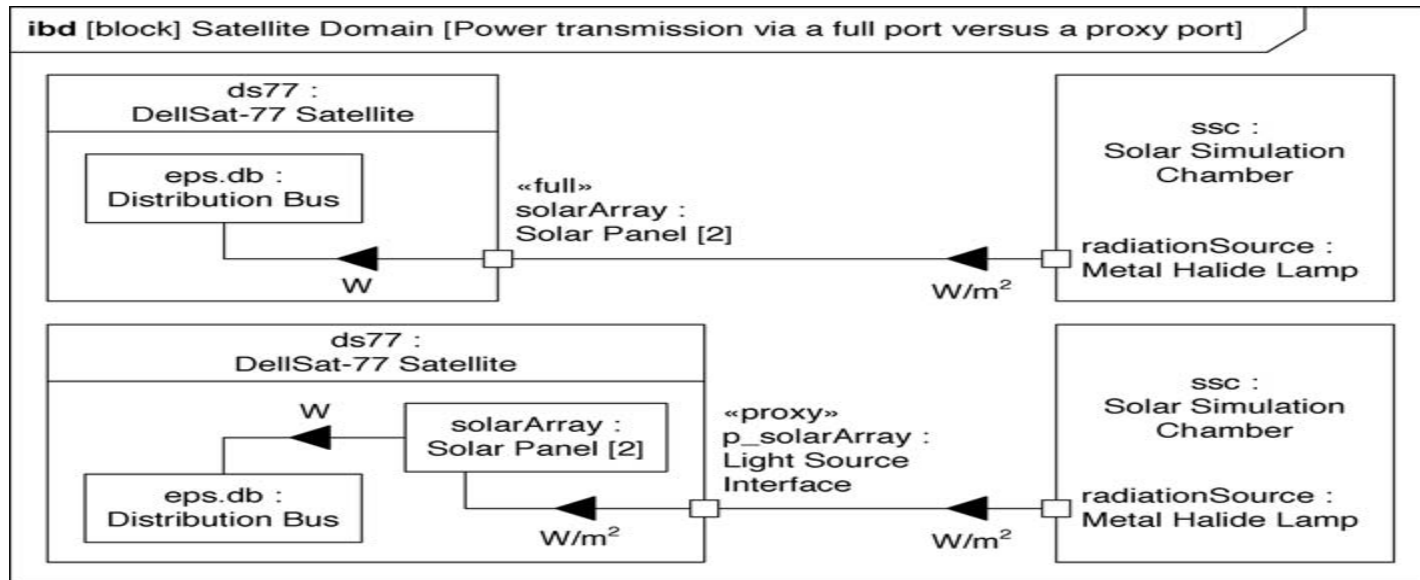


- Полный порт представляет собой свойство части блока-владельца, которое просто существует на границе этого блока
- Полный порт задается блоком
- Полный порт может владеть поведением и выполнять его
- Может иметь свои вложенные свойства-части

Полные порты и прокси-порты

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

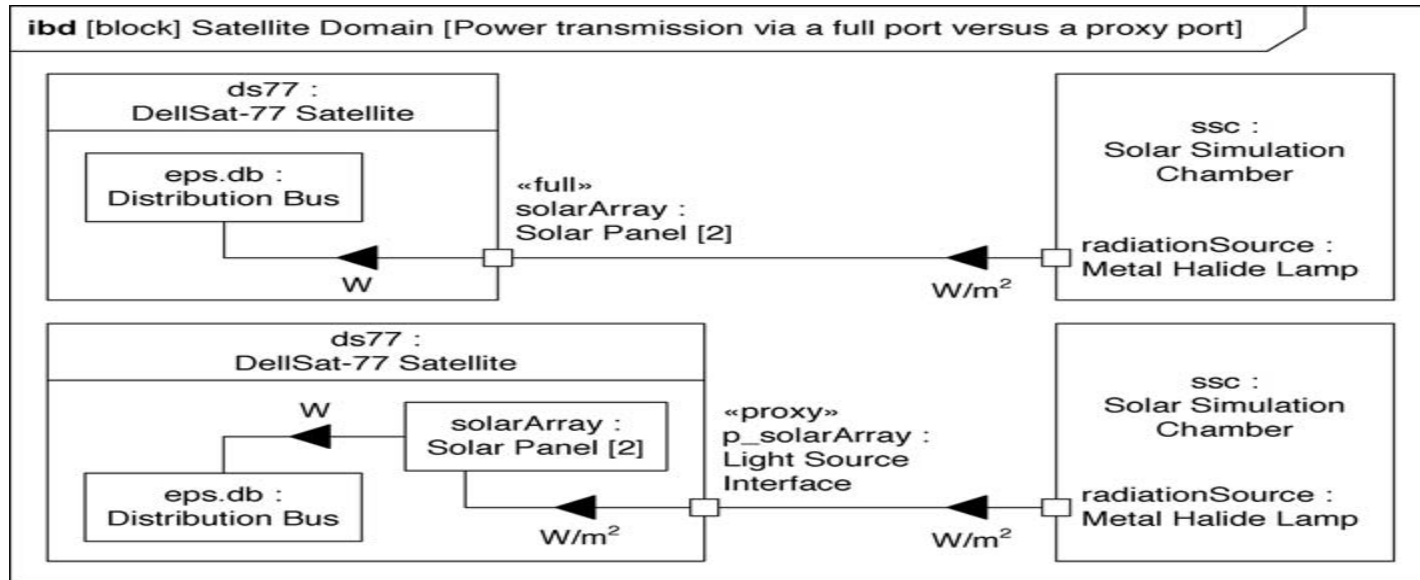


- Стереотип **«full»** у порта **solarArray** означает, что блок **DellSat-77 Satellite** владеет свойством части с именем **solarArray** типа **Solar Panel** с кратностью **2**
- Это части, как и вложенное свойство части **db**
- Моделирование **SolarArray** как полного порта означает, что порт существует на границе спутника

Полные порты и прокси-порты

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

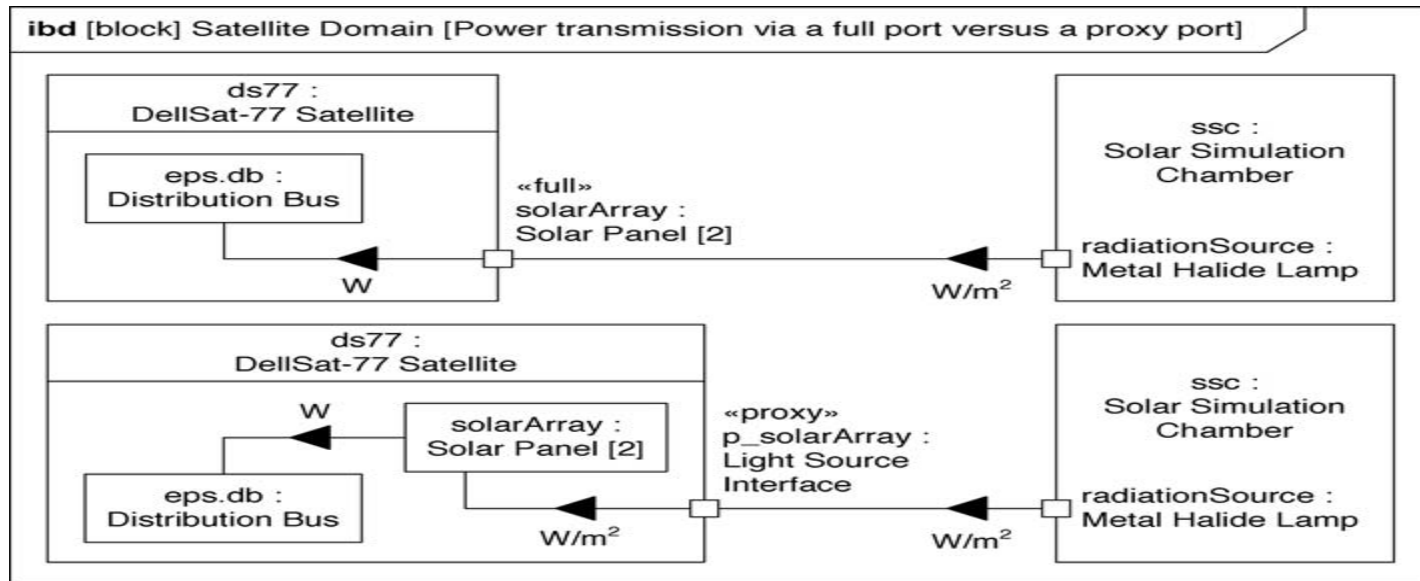


- В качестве свойства части полный порт **solarArray** может владеть и выполнять действия (например, операцию **generateElectricity** в блоке **Solar Panel**)
- Полный порт **SolarArray** может получать элементы, может их преобразовать, а затем выводить другие элементы возможно другого типа

Полные порты и прокси-порты

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

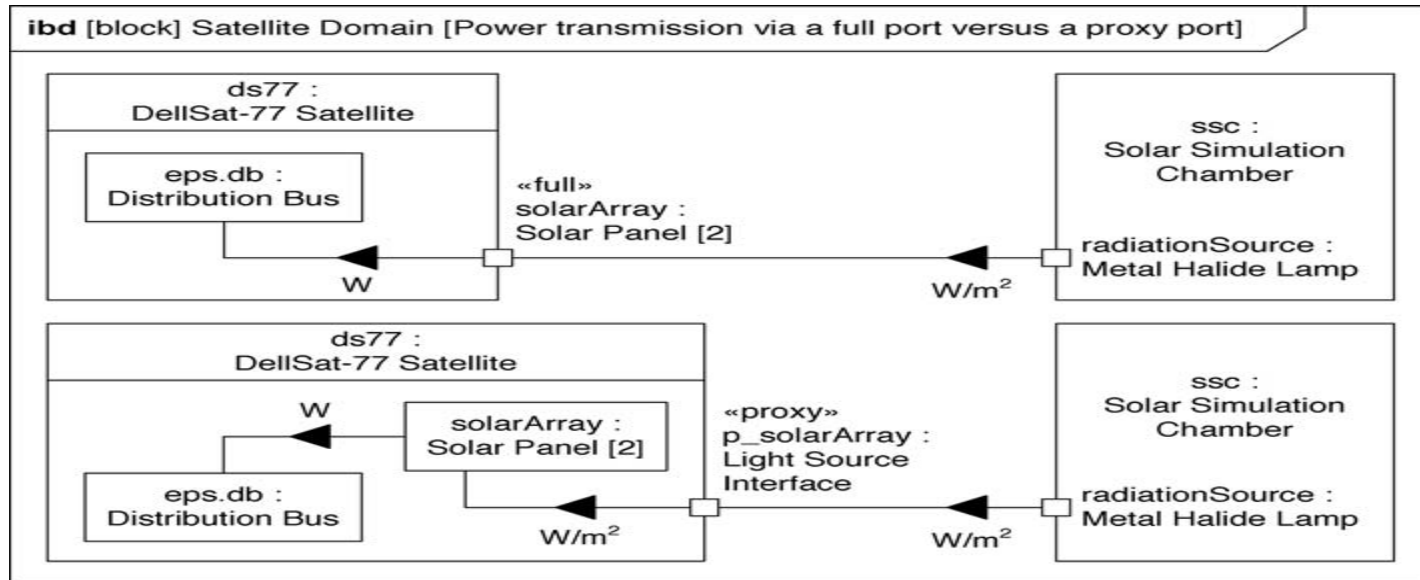


- Полный порт **SolarArray** может получать экземпляры типа значения **W/m²** из внешней среды и может выводить экземпляры типа значения **W** на распределительную шину спутника
- Полный порт **SolarArray** на самом деле выполняет поведение, которое преобразует его вход в другой тип вывода

Полные порты и прокси-порты

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

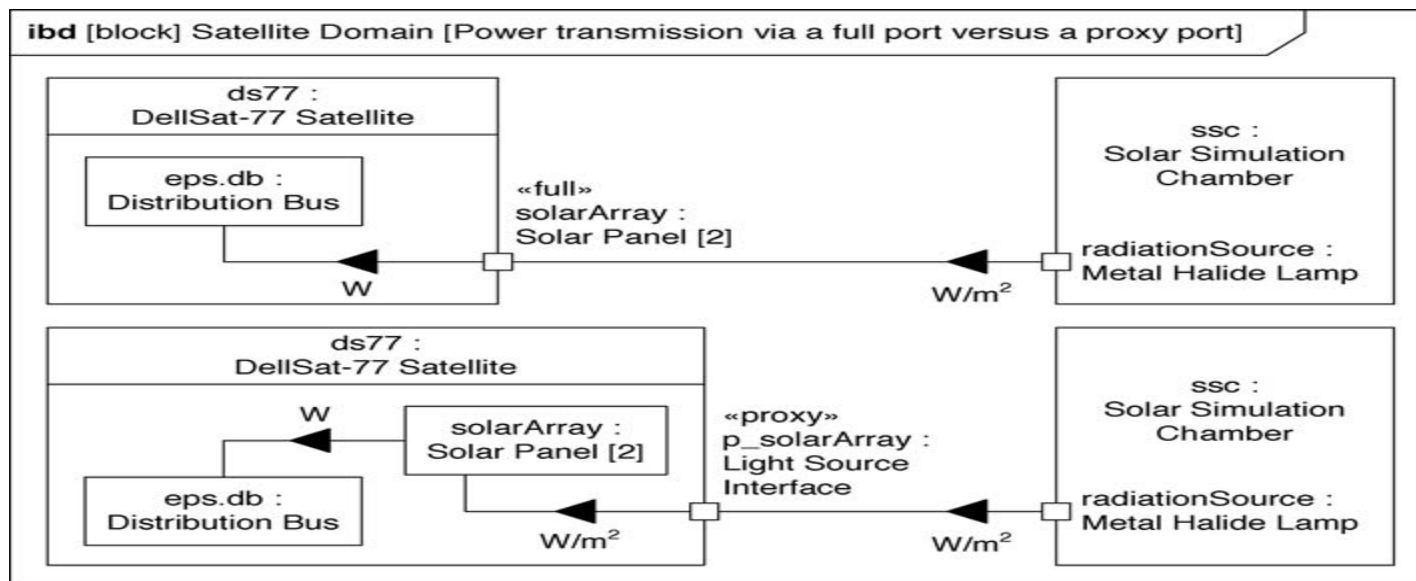


- Прокси-порт не представляет собой часть собственности блока-владельца
- Прокси-порт представляет собой внешний интерфейс своего блока-владельца
- Прокси-порт представляет собой подмножество поведенческих и структурных характеристик блока-владельца доступных для внешних блоков

Полные порты и прокси-порты

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

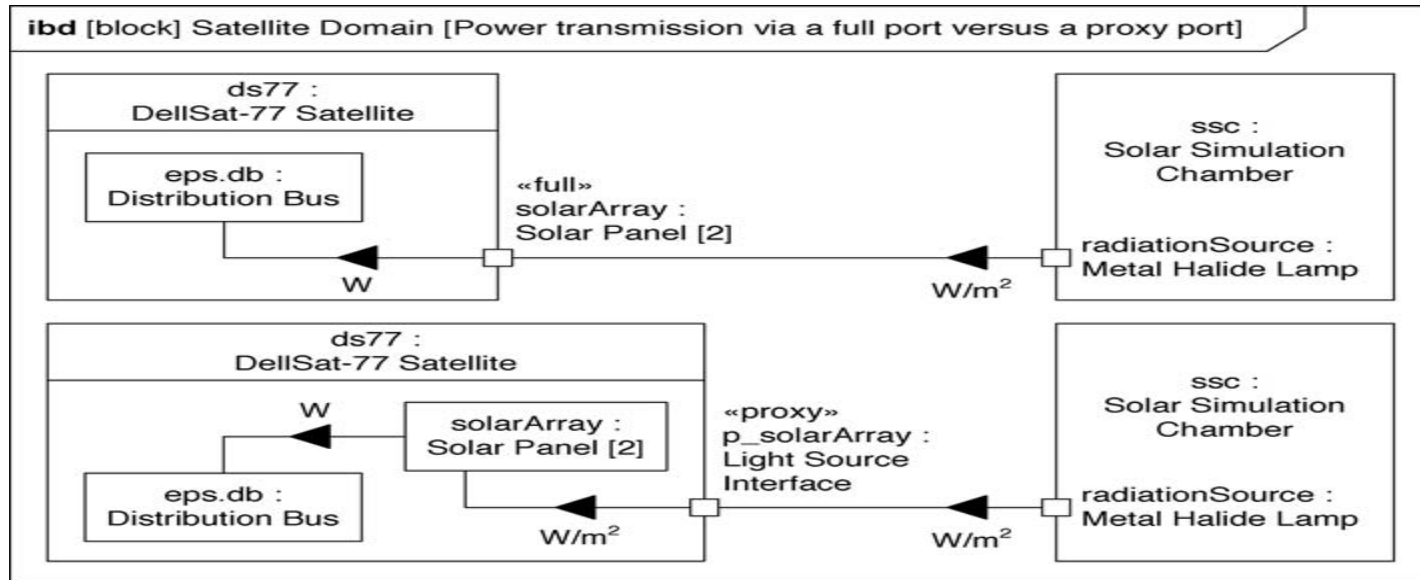


- Стереотип «**proxy**» у порта **p_solarArray** означает, что этот порт не представляет собой часть, которая может выполнять действия или отправлять и получать свойства потока
- Прокси-порт **p_solarArray** определяет точку взаимодействия между внешним объектом (камерой имитации солнечной активности) и одной из внутренних частей спутника (солнечной батареей)

Полные порты и прокси-порты

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

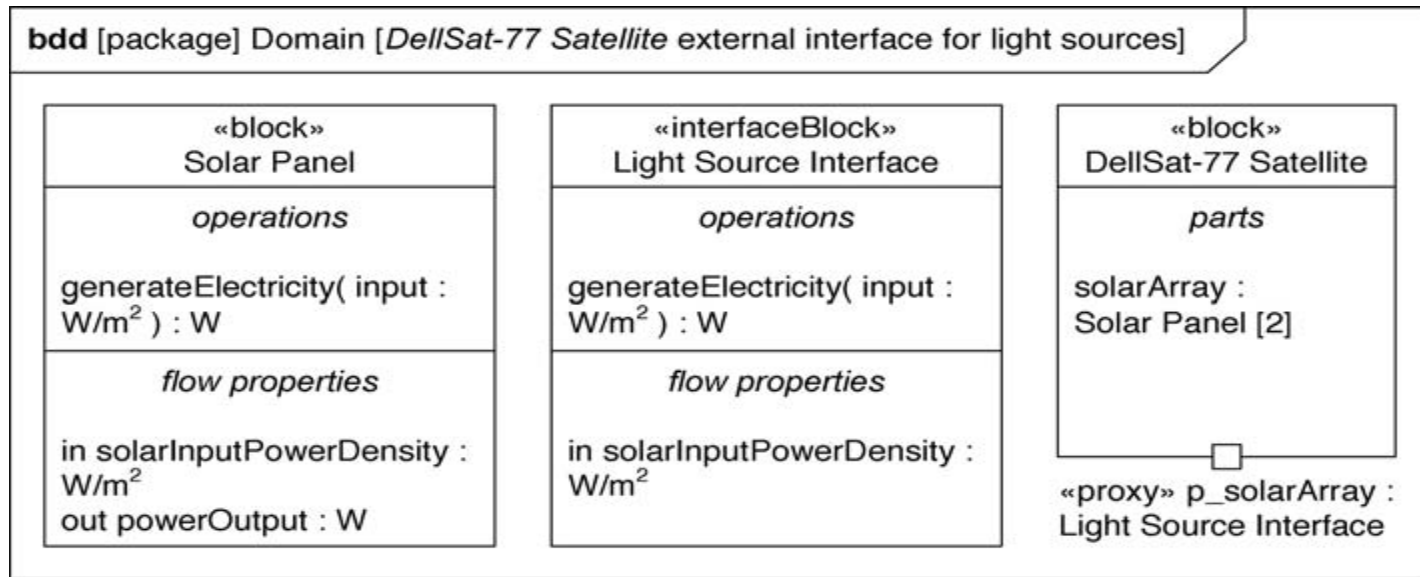


- Экземпляры типа значения W/m^2 , поступающие на порт прокси, просто перенаправляются в свойство части **solarArray**
- Сам прокси-порт никак не может воздействовать на эти экземпляры. Поведение, которое вызывается на этом порту, фактически выполняется свойством части **solarArray**

Блок интерфейса и прокси-порт

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

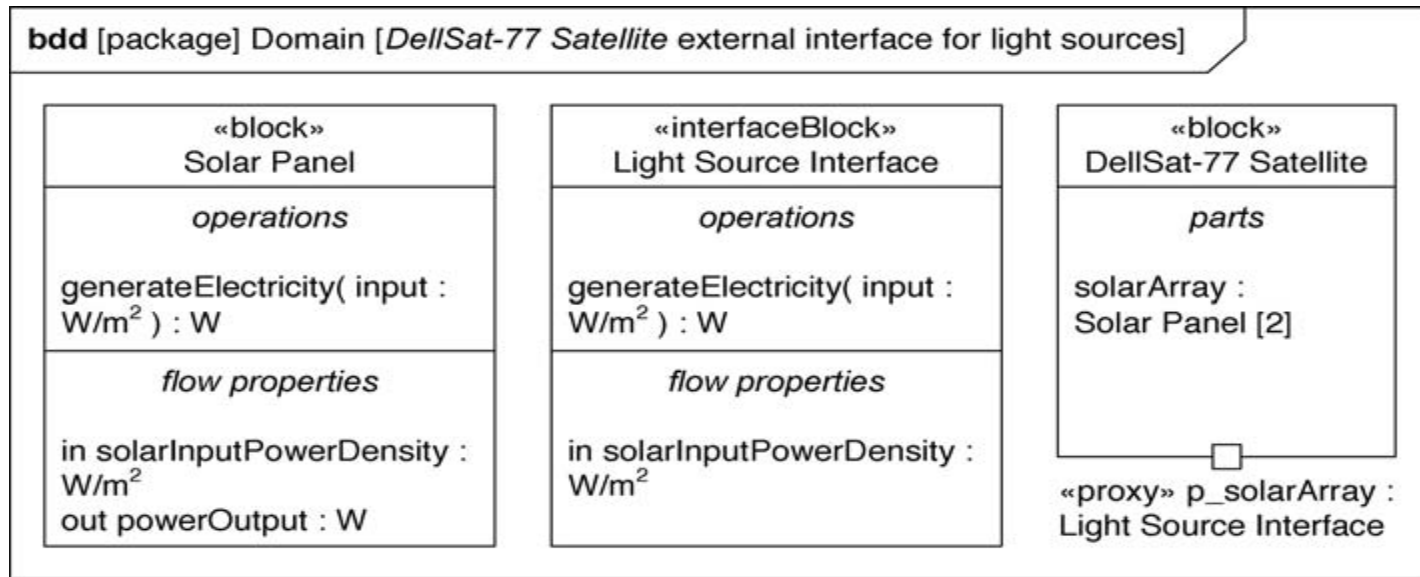


- Порт прокси типизируется блоком интерфейса
- У блока-интерфейса стереотип **«interfaceBlock»**
- Блока-интерфейс должен уже быть в модели, чтобы указать подмножество поведенческих и структурных характеристик другого блока, которые доступны через определенный прокси-порт

Блок интерфейса и прокси-порт

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

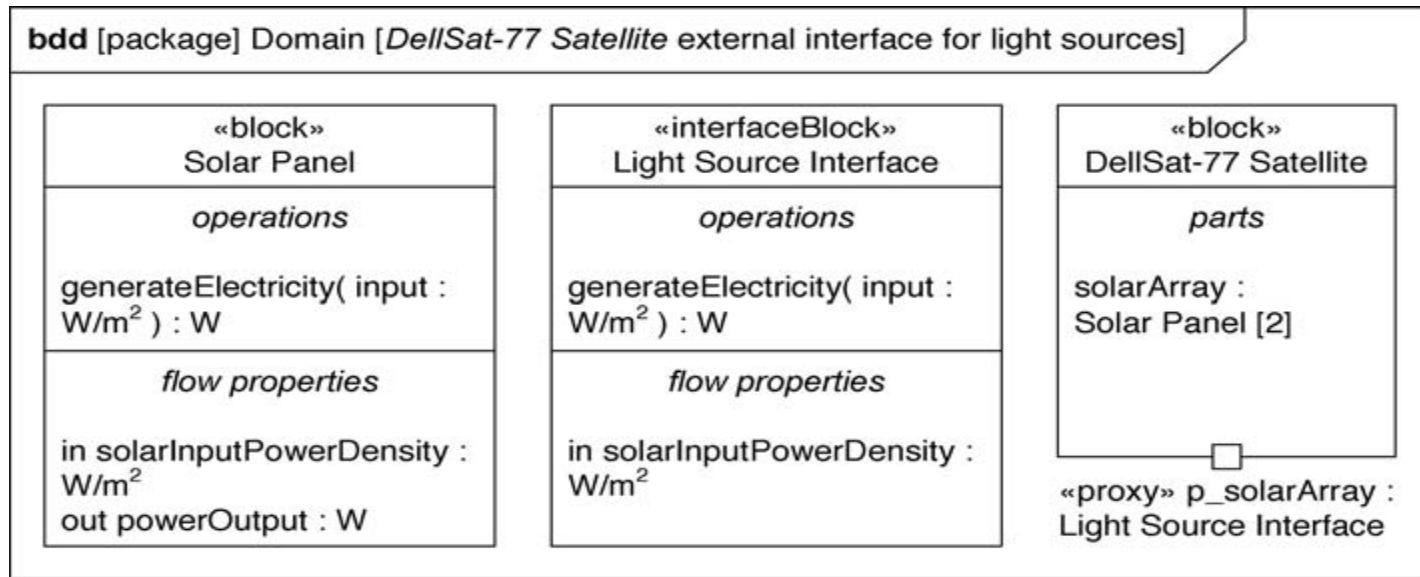


- Интерфейсный блок **Light Source Interface** содержит подмножество функций, показанных в блоке **Solar Panel**: одну операцию и одно свойство потока
- Интерфейс **Light Source Interface** типизирует прокси-порт **p_solarArray** на блоке **DellSat-77 Satellite**

Блок интерфейса и прокси-порт

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Этот вид модели показывает, что спутник владеет внутренней частью **solarArray** и предлагает внешний доступ к двум своим функциям через прокси-порт **p_solarArray**

Характеристика поведения. Операции

- Операция в разделе операций блока следующий формат:
`<operation name> (<parameter list>) : <return type> [
<multiplicity>]`
- Имя операции определяется разработчиком модели.
- Список параметров представляет собой разделенный запятыми список из нуля или более параметров
- Тип возвращаемого значения (если есть) должен быть именем типа значения или блока в модели системы
- Множественность — это ограничение на количество экземпляров возвращаемого типа, которые операция может вернуть вызывающему объекту после завершения

Характеристика поведения. Операции

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

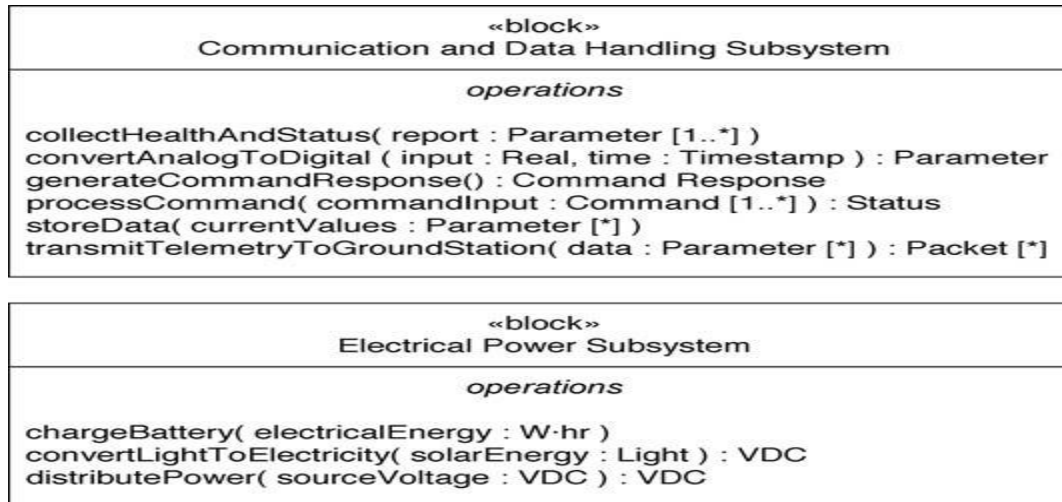
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- Параметры в списке параметров представляют собой входы или выходы операции. Каждый параметр в списке отображается в следующем формате:
`<direction> <parameter name> : <type>
[<multiplicity>] = <default value>`
- Направление может быть **in**, **out**, или **inout**
- Имя параметра определяется разработчиком модели
- Тип должен быть именем типа значения или блока, который существует в вашей модели
- Множественность — это ограничение на количество экземпляров типа, которые может представлять параметр
- Значение по умолчанию — это значение, присвоенное параметру, если значение не указано в качестве аргумента при вызове операции

Характеристика поведения. Операции

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Блоки «*Electrical Power Subsystem*» и «*Communication and Data Handling Subsystem*» владеют несколькими операциями представляющими поведение
- Пример операции - *processCommand*. Клиент может вызвать подсистему связи и обработки данных для выполнения этой операции
- При вызове клиент может передать несколько команд как входные данных операции. При завершении операции она вернет значение состояния

Характеристика поведения.

Прием (reception)

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- Прием (reception) представляет собой поведение, которое выполняет блок, когда клиент отправляет сигнал, который его запускает. Прием вызывается **событием сигнала**
- Различие между *приемом* и *операцией* в том, что прием всегда представляет собой асинхронное поведение
- Асинхронное поведение означает, что клиент отправляет **сигнал**, который запускает **прием** после получения, и немедленно продолжает свое собственное выполнение; он не ждет завершения приема (или даже его начала)

Характеристика поведения.

Сигнал и прием

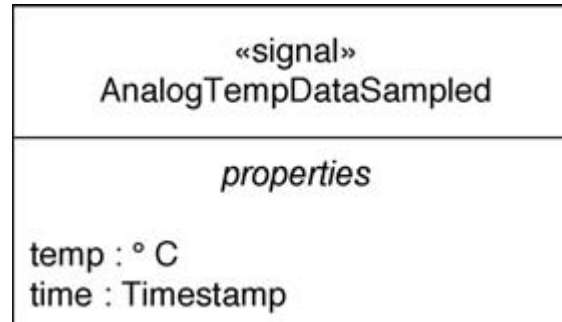
- **Сигнал** является элементом модели
- Сигнал может представлять любой тип материи, энергии или данных, которые одна часть системы посылает другой части — обычно с целью запуска поведения на принимающей стороне
- Как и блок, сигнал может иметь свойства. Чаще всего эти свойства представляют собой данные, которые сигнал переносит от клиента к цели
- Когда сигнал достигает цели и вызывает прием, свойства сигнала становятся входными данными для этого приема

Характеристика поведения.

Сигнал *AnalogTempDataSampled*

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



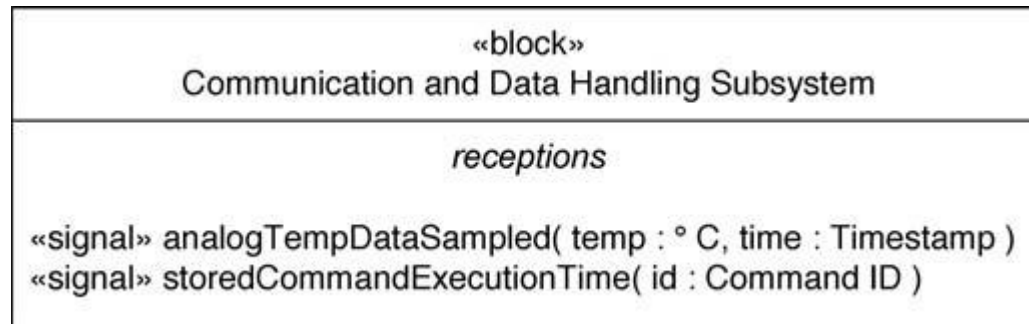
- Сигнал с именем *AnalogTempDataSampled* имеет два свойства: *temp* (типа °C) и *time* (типа *Timestamp*)
- Когда клиент генерирует экземпляр этого сигнала во время работы системы, он может указать значения для двух свойств

Характеристика поведения.

Прием сигнала

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Клиент может отправить экземпляр сигнала цели, которая его воспринимает
- Например, сигнал *AnalogTempDataSampled* блоку *Communication and Data Handling Subsystem*
- Структура является подходящей целью для сигнала, если ей принадлежит прием с тем же именем, что и у сигнала
- Прием должен иметь параметр с совместимым типом для каждого свойства сигнала
- Блок *Communication and Data Handling Subsystem* соответствует этим критериям

Характеристика поведения.

Формат приема

- При отображении приема в разделе приемов блока строка имеет следующий формат:
`«signal» <reception name> ( <parameter list> )`
- Ключевое слово «signal» всегда должно предшествовать названию приема.
- Имя приема должно совпадать с именем сигнала в модели, который его запускает.
- На диаграмме может быть показано столько параметров, сколько необходимо в списке параметров

Характеристика поведения.

Формат параметра приема

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- Каждый параметр в списке отображается в следующем формате:
`<parameter name> : <type> [<multiplicity>] = <default value>`
- Имя параметра определяется разработчиком модели
- Тип должен быть именем типа значения или блока, который существует где-то в вашей модели
- Множественность — это ограничение на количество экземпляров типа, которые может представлять параметр
- Значением по умолчанию является значение, присвоенное параметру, если в соответствующем свойстве сигнала значение не указано
- Приемы не могут иметь возвращаемых типов
- Параметры приема могут быть только входными

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

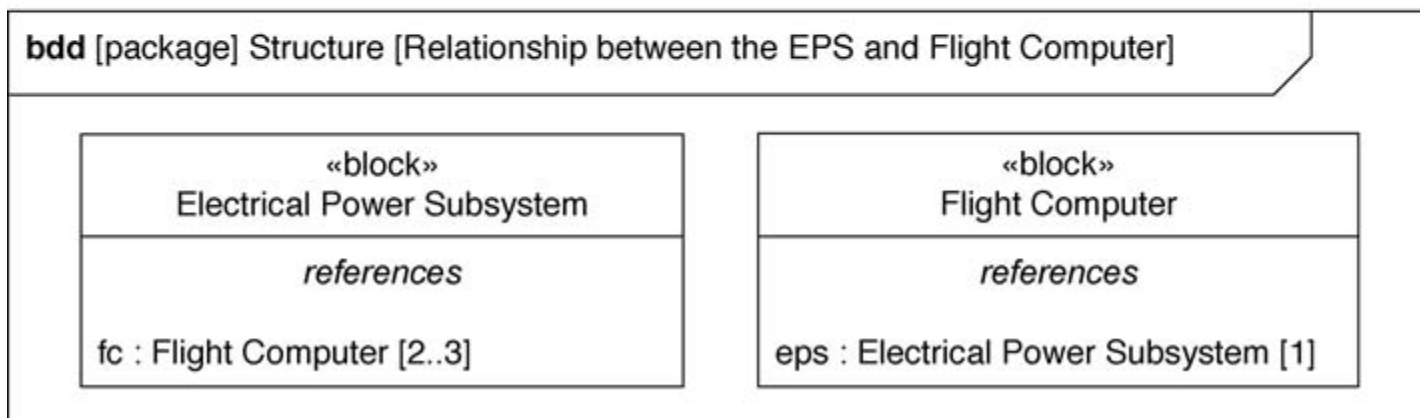
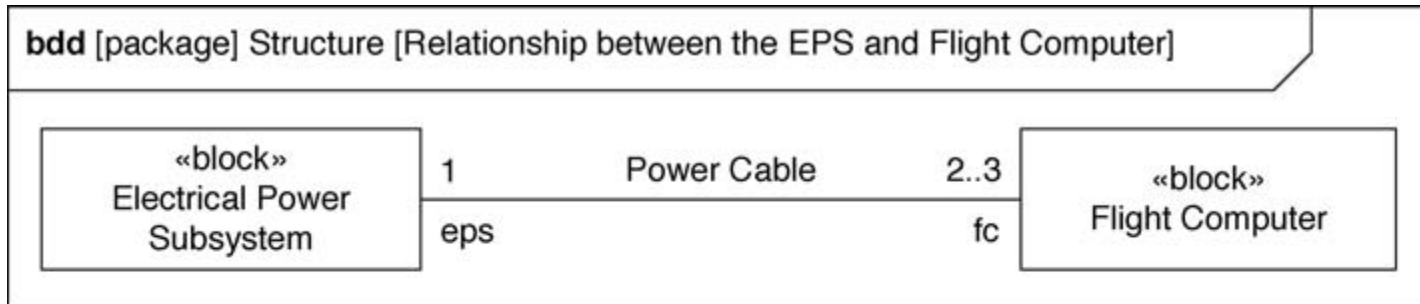
- Ссылочная связь между двумя блоками означает, что между экземплярами этих блоков может существовать соединение.
- Экземпляры блоков могут получать доступ друг к другу для какой-либо цели через соединение.
- Обозначение ссылки на диаграмме представляет собой сплошную линию между двумя блоками.
- Открытая 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

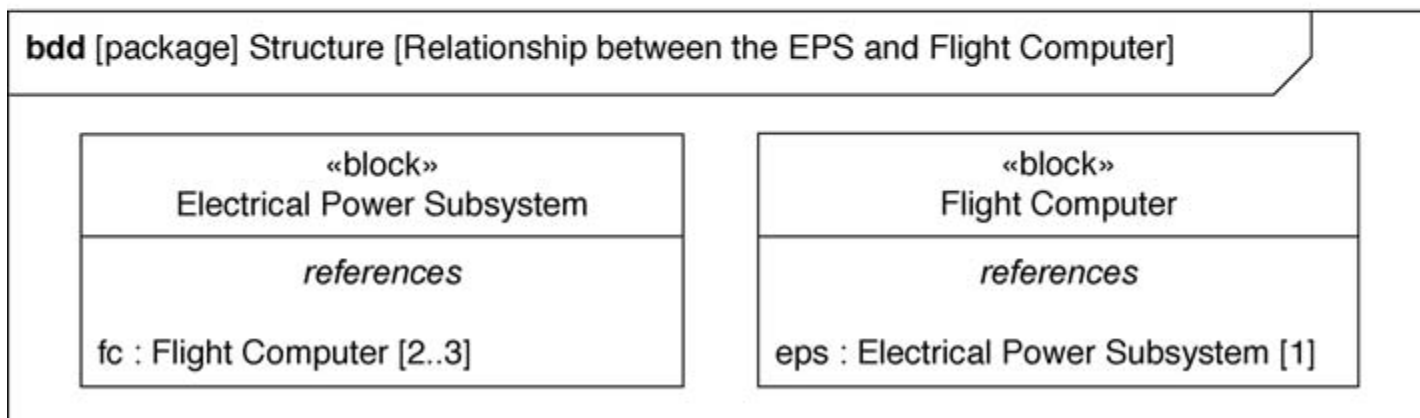
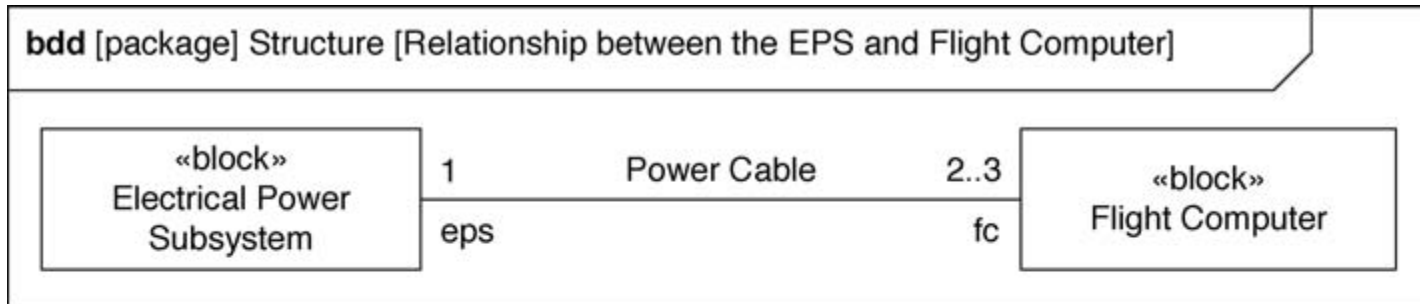
- Ассоциации могут иметь несколько меток.
- Можно отобразить имя ассоциации, плавающее рядом с серединой строки
- Можно дополнительно отобразить имя роли и множественность на любом конце строки.
- Имя ассоциации — это определяемая разработчиком модели строка, описывающая тип соединения, которое может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

Отношение ассоциации

Пример ссылочной ассоциации

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



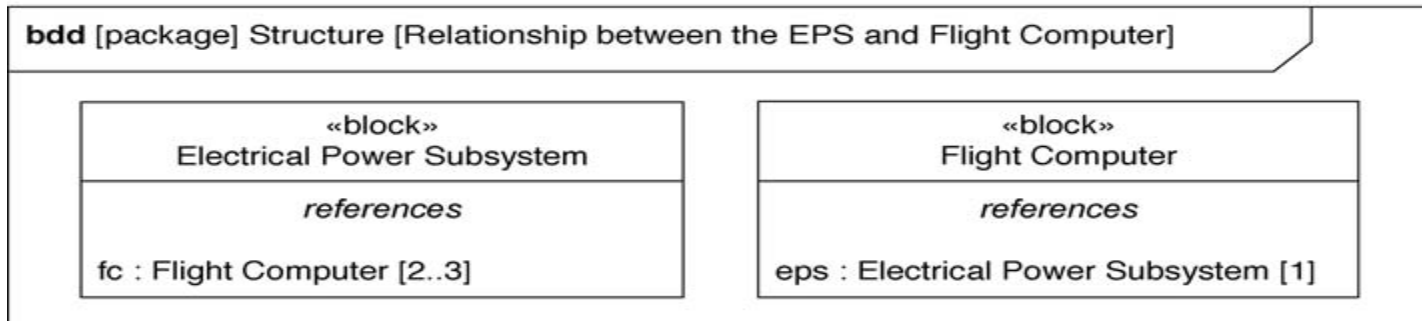
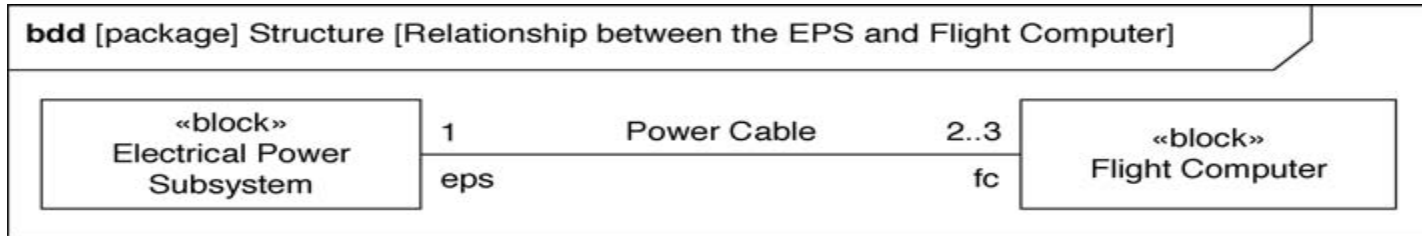
Имя показанной связи *Power Cable* описывает тип соединения, которое может существовать между подсистемой электропитания и бортовым

Отношение ассоциации

Пример ссылочной ассоциации

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



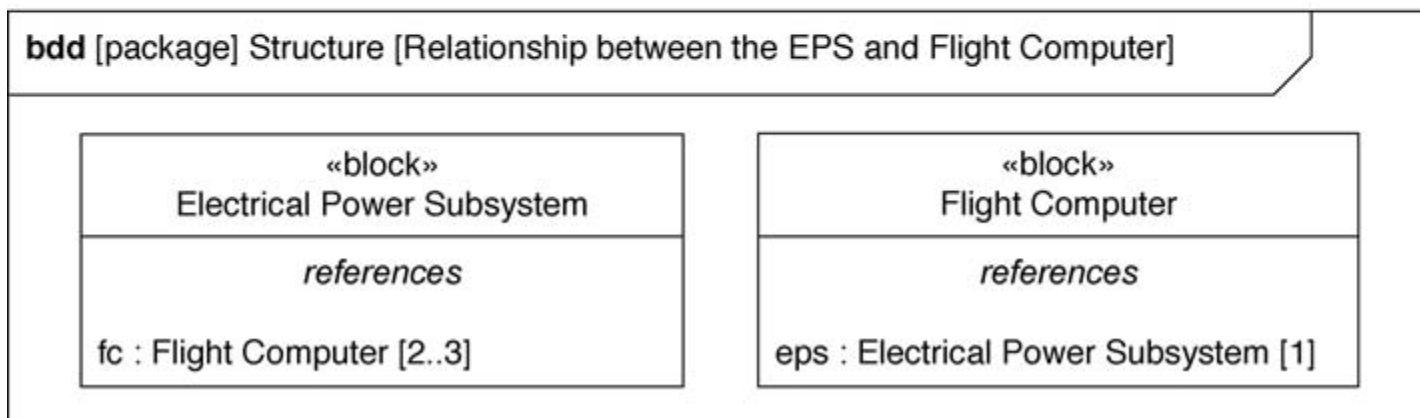
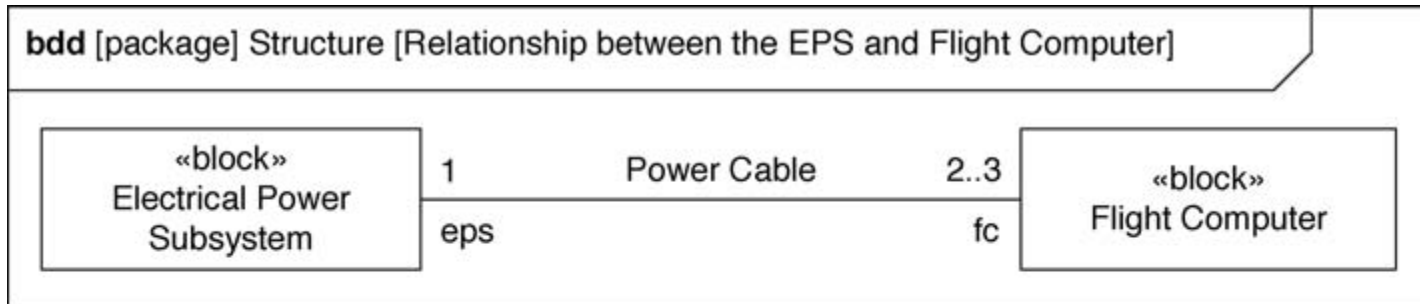
- В верхней диаграмме имя роли *eps* представляет свойство-ссылку, принадлежащее блоку *Flight Computer* и типом которого является блок *Electric Power Subsystem*
- Имя роли *fc* представляет свойство-ссылку, которое принадлежит блоку *Electric Power Subsystem* и типом которого является блок *Flight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

Отношение ассоциации

Пример ссылочной ассоциации

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



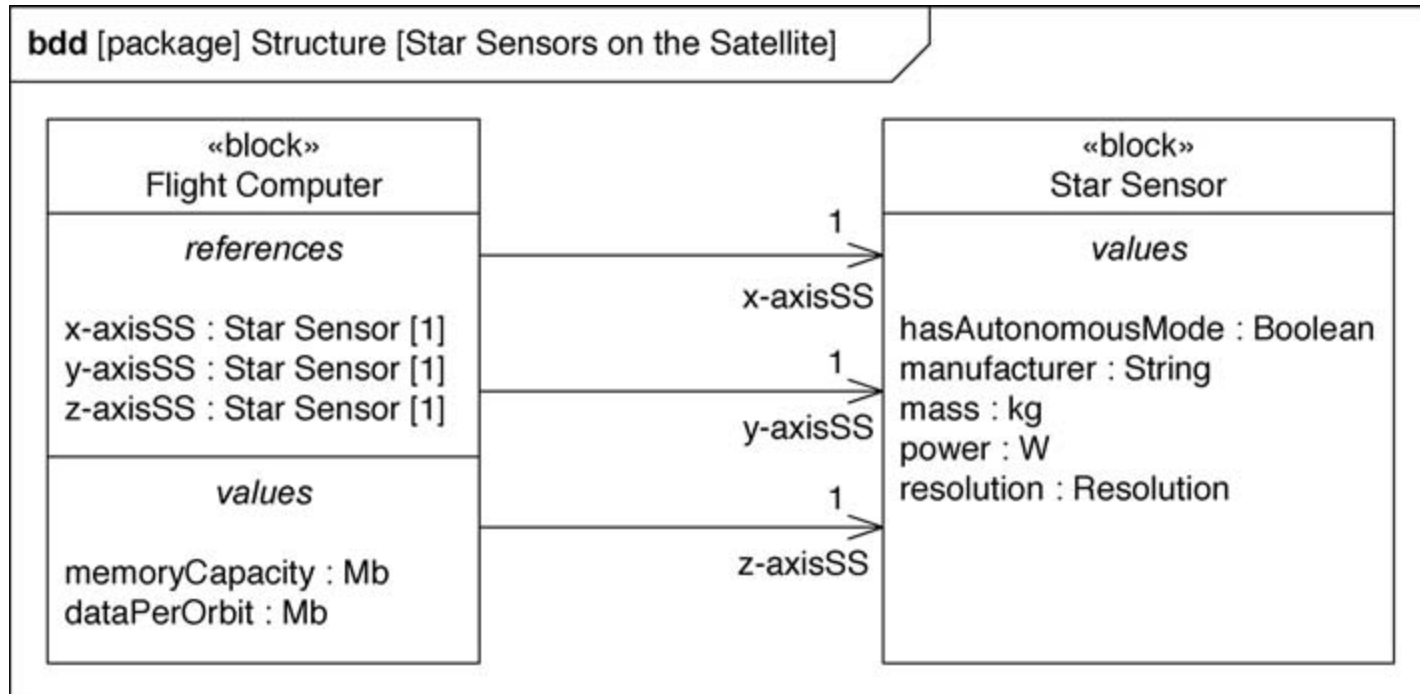
Нижняя диаграмма показывает эквивалентное представление той же модели, используя нотацию *ссылки* вместо *ассоциаций*

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

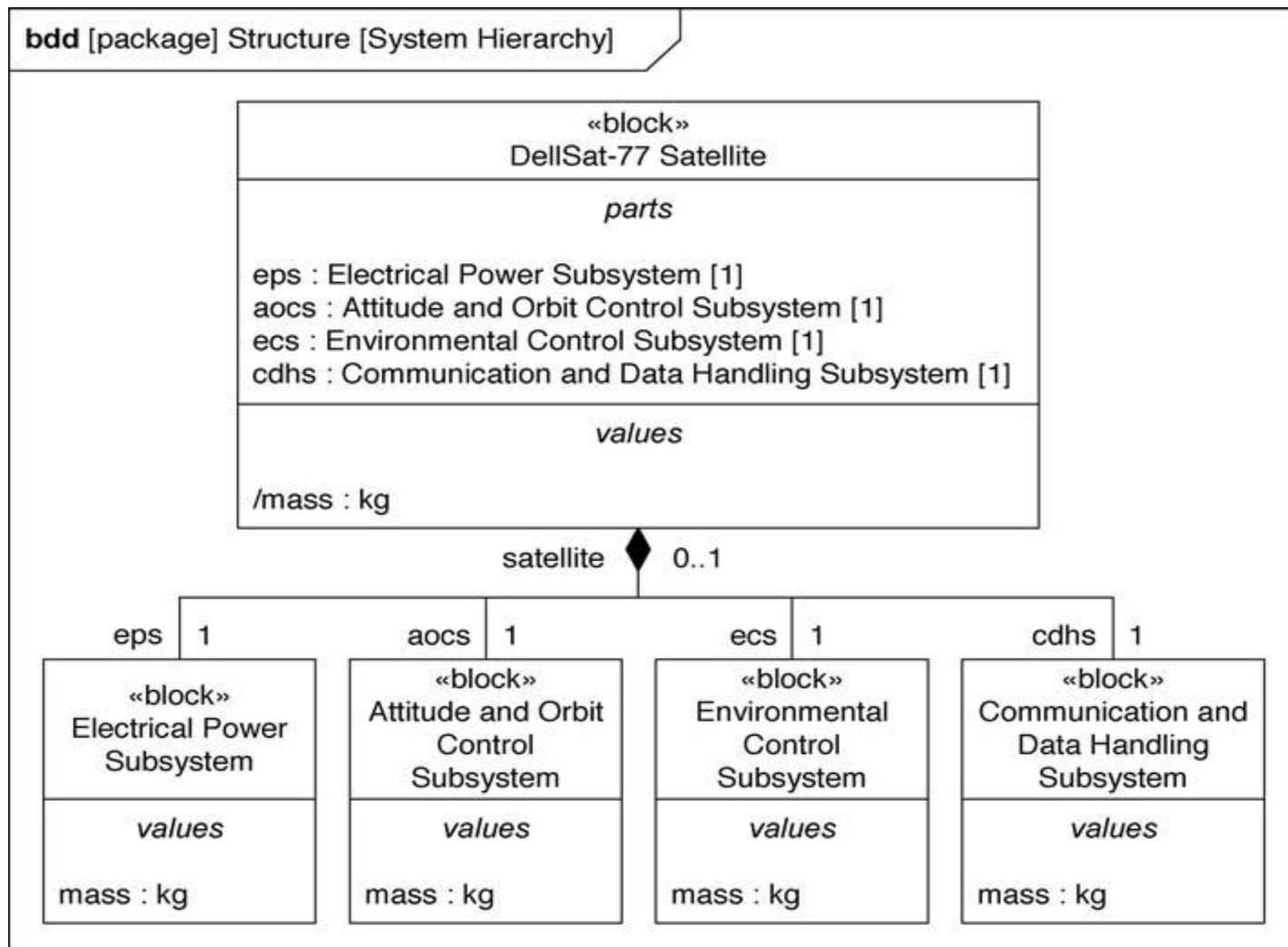
- **Составная ассоциация** между двумя блоками передает структурную декомпозицию.
- Экземпляр блока на составном конце состоит из некоторого количества экземпляров блока на конце части
- Обозначение составной ассоциации представляет собой сплошную линию между двумя блоками со сплошным ромбом на составном 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

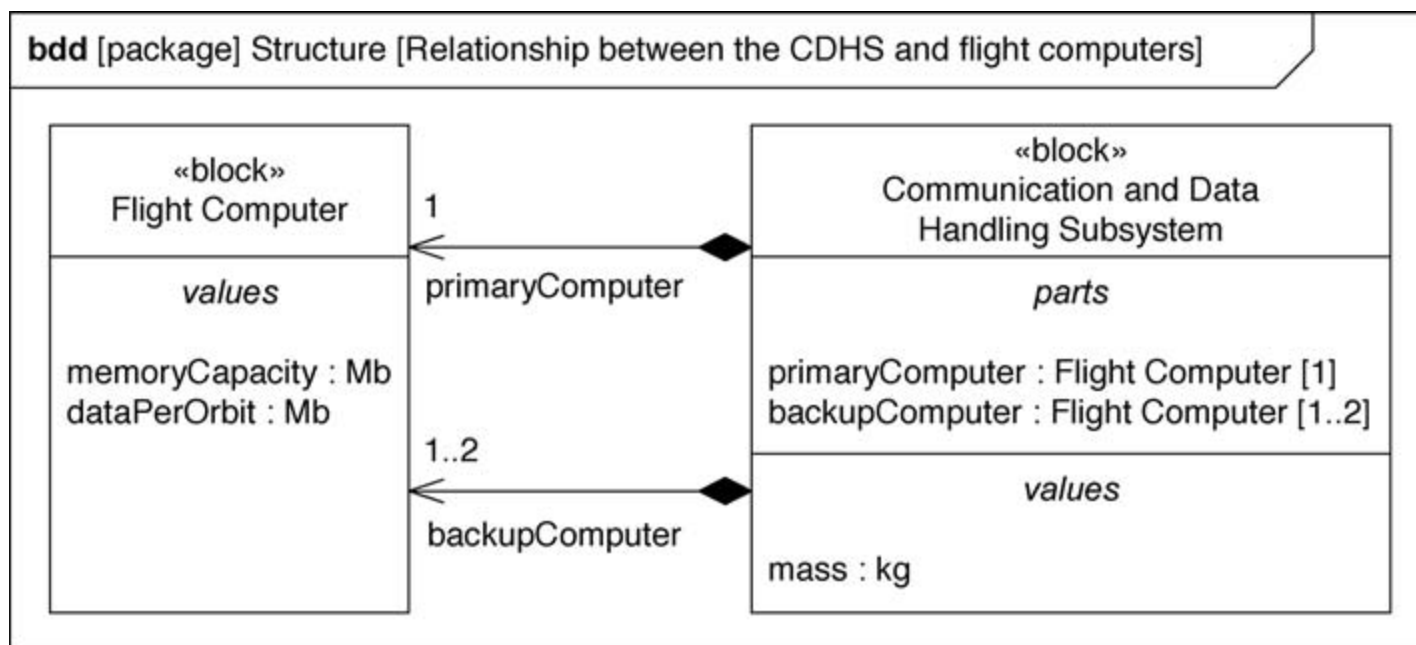


Отношение ассоциации

Пример нескольких составных свойств одного типа

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



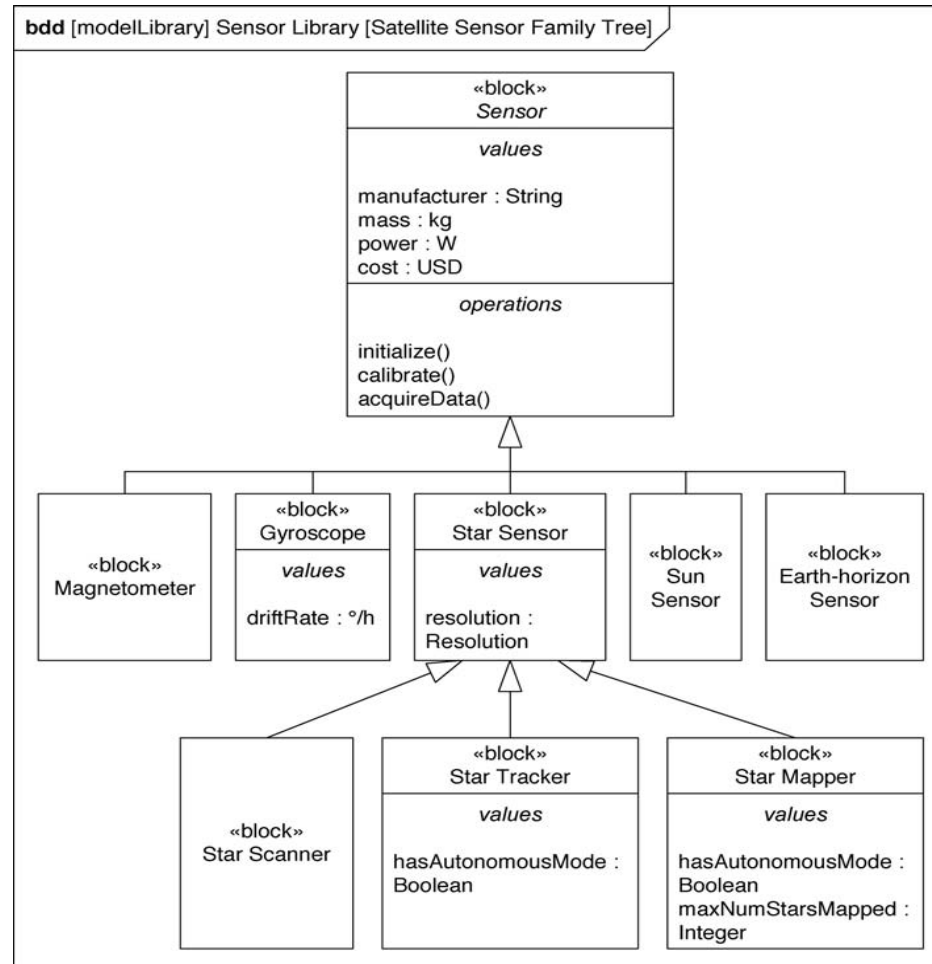
Отношение обобщения

- **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*

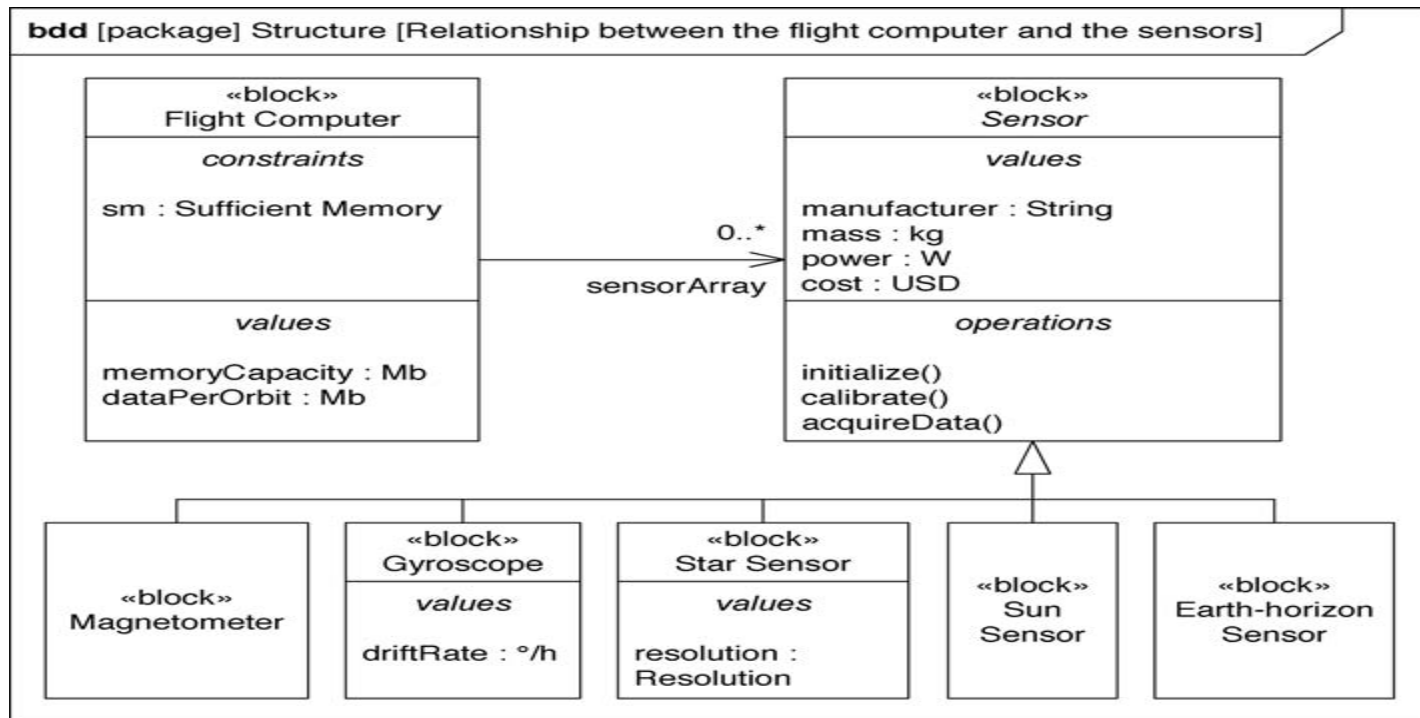
Отношение обобщения

- 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*

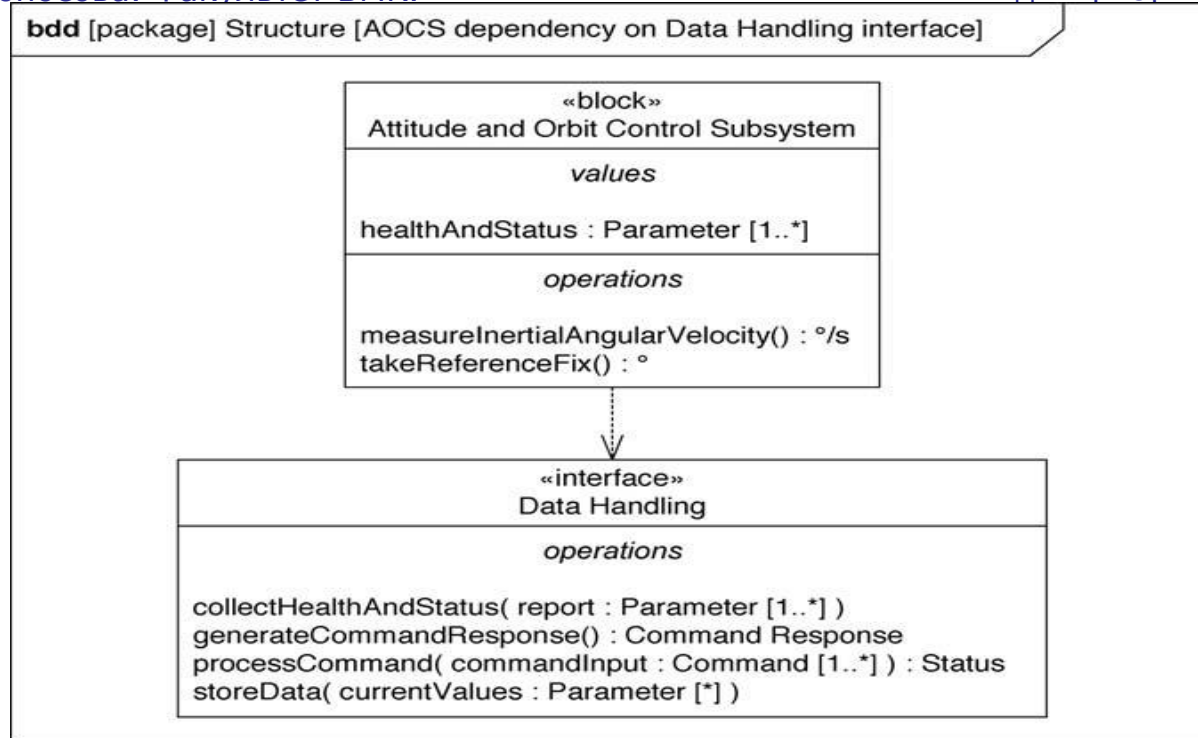
Отношение зависимости

- **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.

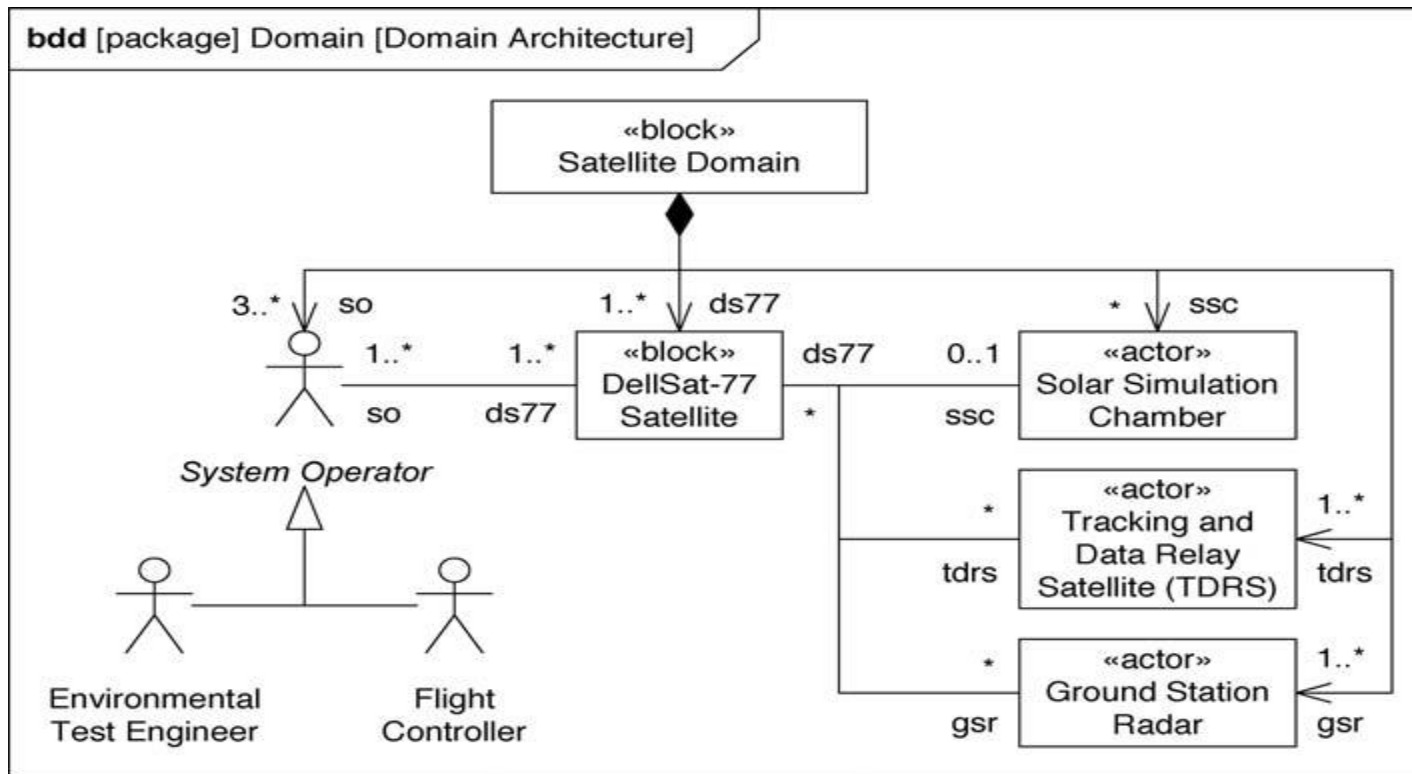
Актеры

- **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

Актёры

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Невозможно отношение обобщения между актером и блоком.
- У актера не может быть ролей в отношении составной ассоциации

Типы значений

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

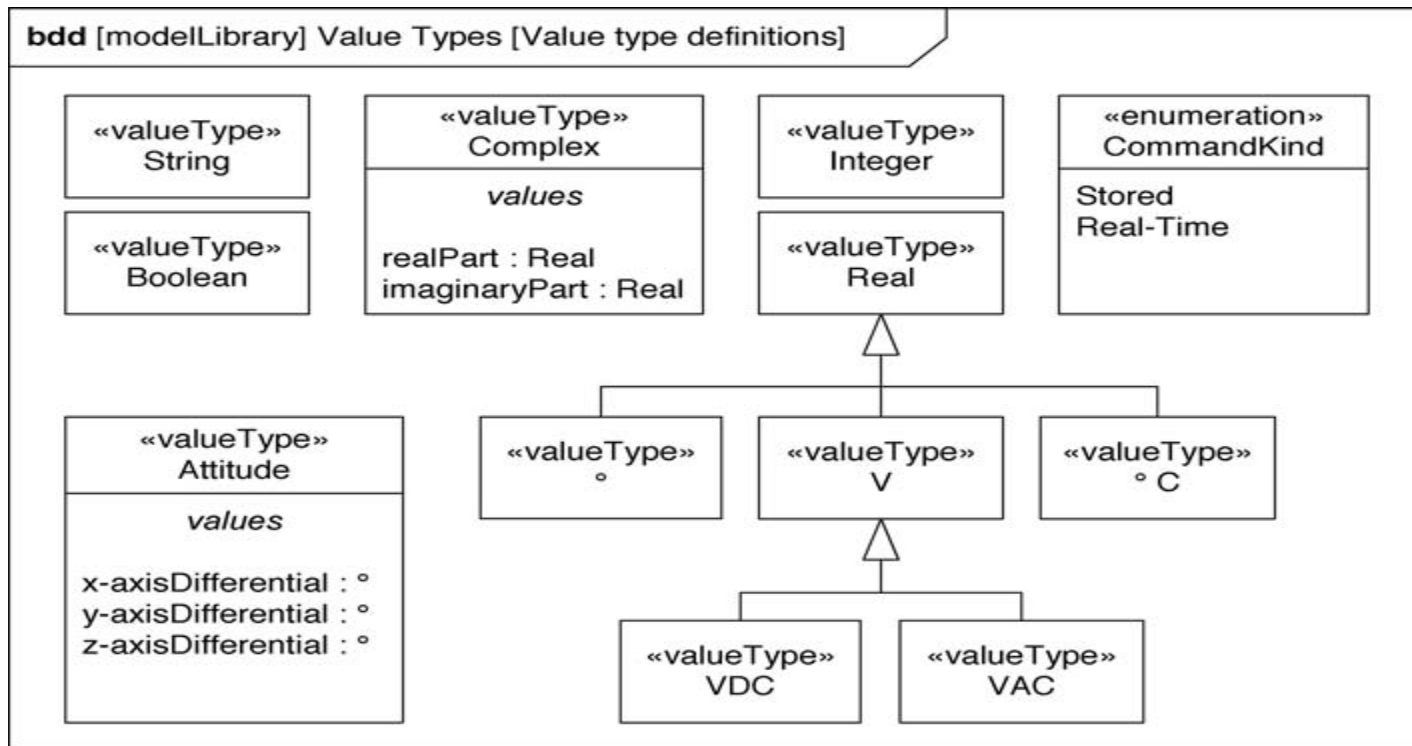
Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Тип значения** — это элемент определения, который обычно определяет тип количества
- Два типа значений *Boolean* и *String* не являются количествами
- Существует три вида типов значений: примитивные, структурированные и перечисляемые
- **Примитивный** тип значения не имеет внутренней структуры (у него нет никаких свойств значения). Его обозначение представляет собой прямоугольник со стереотипом «*valueType*» предшествующим имени
- Существуют четыре примитивных типа значений: *String*, *Boolean*, *Integer* и *Real*
- Возможно определить свои собственные примитивные типы значений как специализации (подтипы) этих четырех.

Типы значений

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

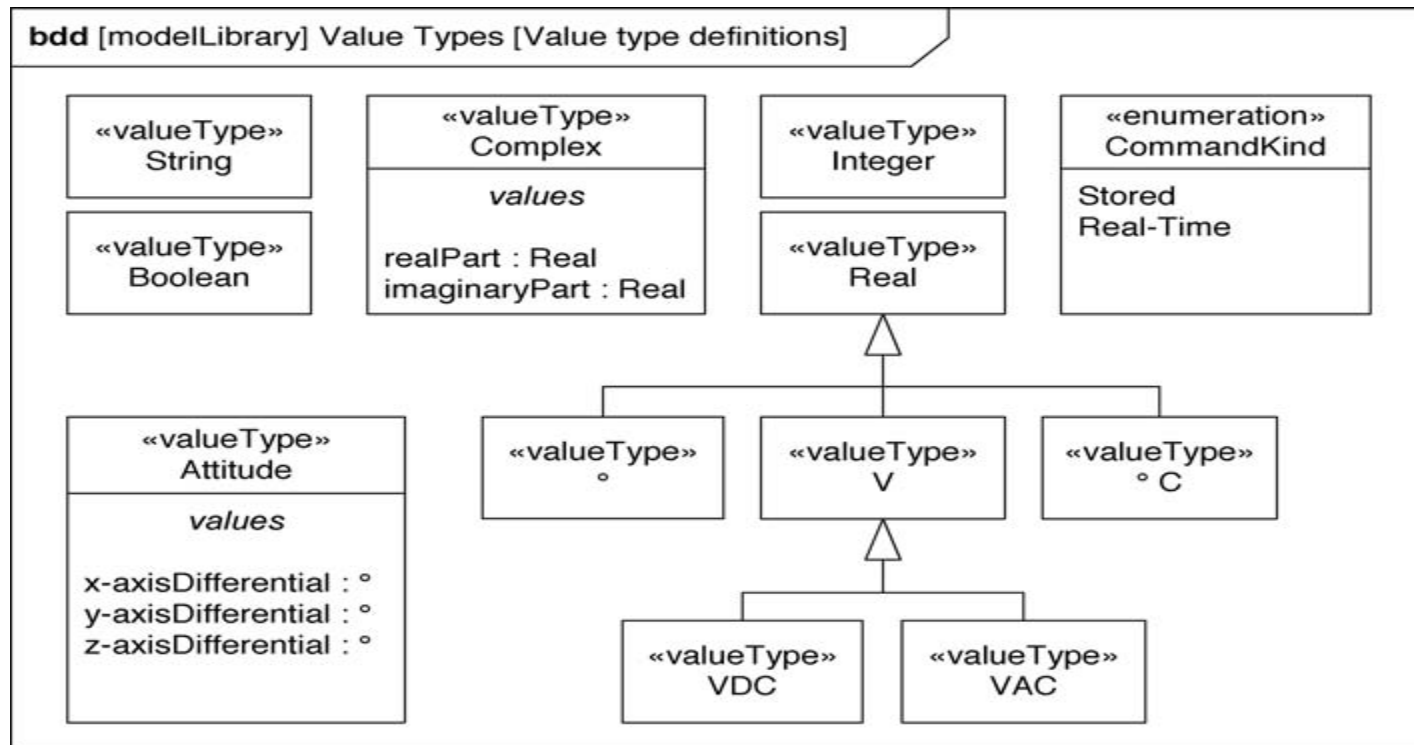


- Три типа значений ($^{\circ}$, **V** и $^{\circ}\mathbf{C}$), которые являются подтипами *Real*
- Тип **структурированных** значений *Complex* состоит из двух свойств-значений *realPart* и *imaginaryPart*, оба типа *Real*

Типы значений

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- **Перечислимый** тип значения просто определяет набор литералов (допустимых значений)
- Перечисление с именем *CommandKind* определяет два литерала: *Stored* и *Real-Time*

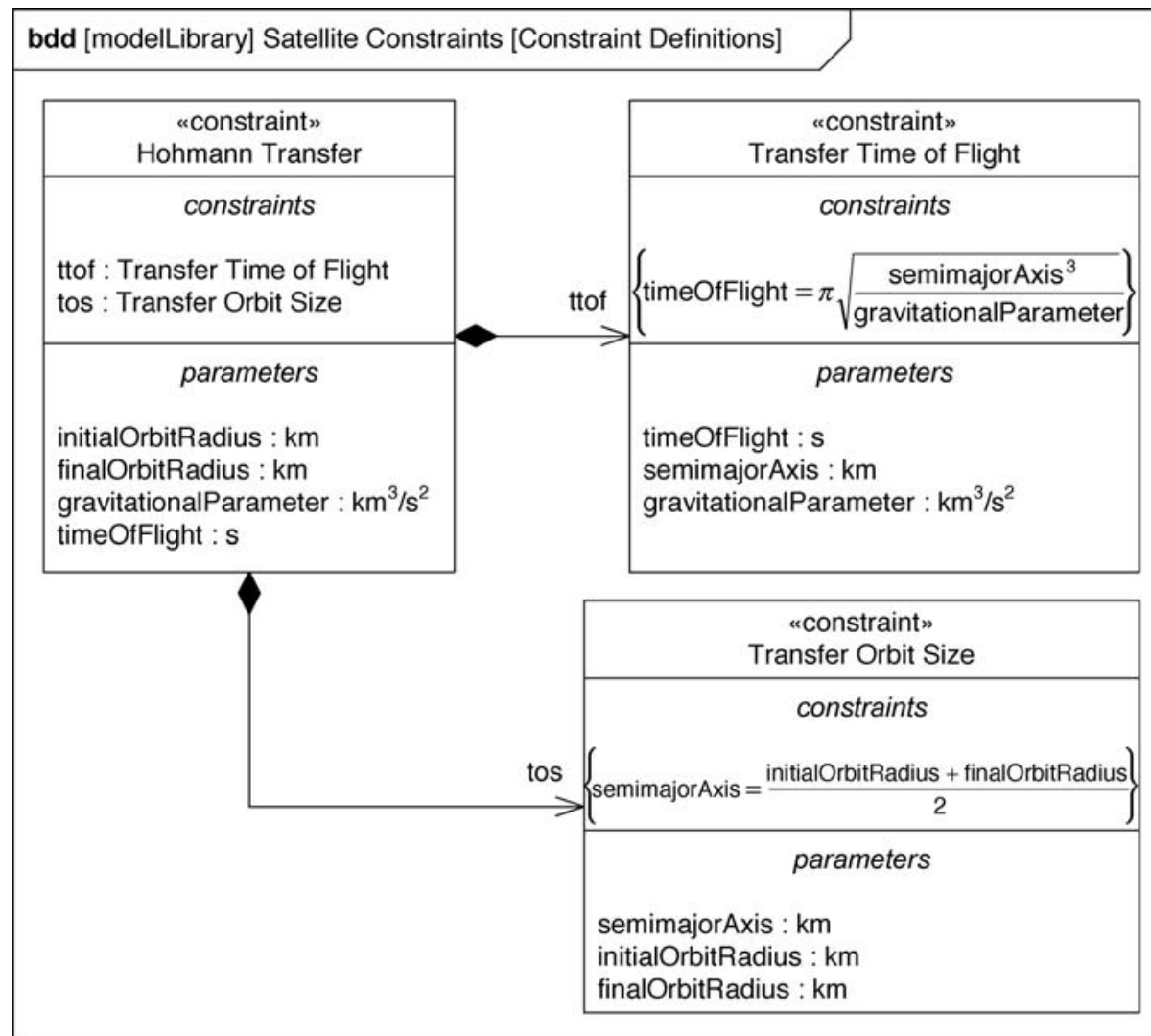
Блоки ограничений

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Блок ограничения** является элементом определения, определяющим логическое **выражение ограничения** (выражение, которое должно оцениваться как *истинное* или *ложное*).
- Выражение ограничения в блоке ограничения, представляет собой уравнение или неравенство: математическое отношение, которое вы используете для ограничения свойств значений блоков.
- Причины ограничений:
 - Для указания утверждений о допустимых значениях
 - Выполнение инженерных расчетов на этапе проектирования
- Переменные в выражении ограничения называются **параметрами ограничения**. Как правило, они представляют количества, поэтому их чаще всего типизируют по типам значений

Блоки ограничений



Блоки ограничений

- На предыдущем рисунке показан блок ограничения с именем *Transfer Orbit Size*, который определяет выражение ограничения, содержащее три параметра ограничения: *semimajorAxis*, *initialOrbitRadius* и *finalOrbitRadius*.
- Эти три параметра ограничения имеют тип значения *km*.
- Блок ограничений *Hohmann Transfer* состоит из двух свойств ограничений — *ttof* и *tos*, которые представляют собой использование блоков ограничений *Transfer Time of Flight* и *Transfer Orbit Size* соответственно.
- Блок *Hohmann Transfer* определяет выражение ограничения, которое является составным из двух более простых выражений ограничения

Блоки ограничений

- Обозначение блока ограничения представляет собой прямоугольник со стереотипом «**constraint**», предшествующим имени.
- Выражение ограничения всегда отображается между фигурными скобками (**{}**) в разделе ограничений.
- Параметры ограничения в выражении ограничения перечислены по отдельности в разделе параметров.

Комментарии

- **Комментарий** является элементом модели состоящим из одного атрибута: текстовой строки, называемой *телом*.
- В *теле* комментария можно передать любую необходимую информацию
- Можно дополнительно прикрепить комментарий к другим элементам на диаграмме, чтобы предоставить дополнительную информацию о них.
- Можно использовать комментарии к любому из девяти типов диаграмм **SysML**.
- Обозначение комментария обычно называют символом примечания: прямоугольник, правый верхний угол которого загнут.
- Используется пунктирная линия для прикрепления комментария к другим элементам

Комментарии

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

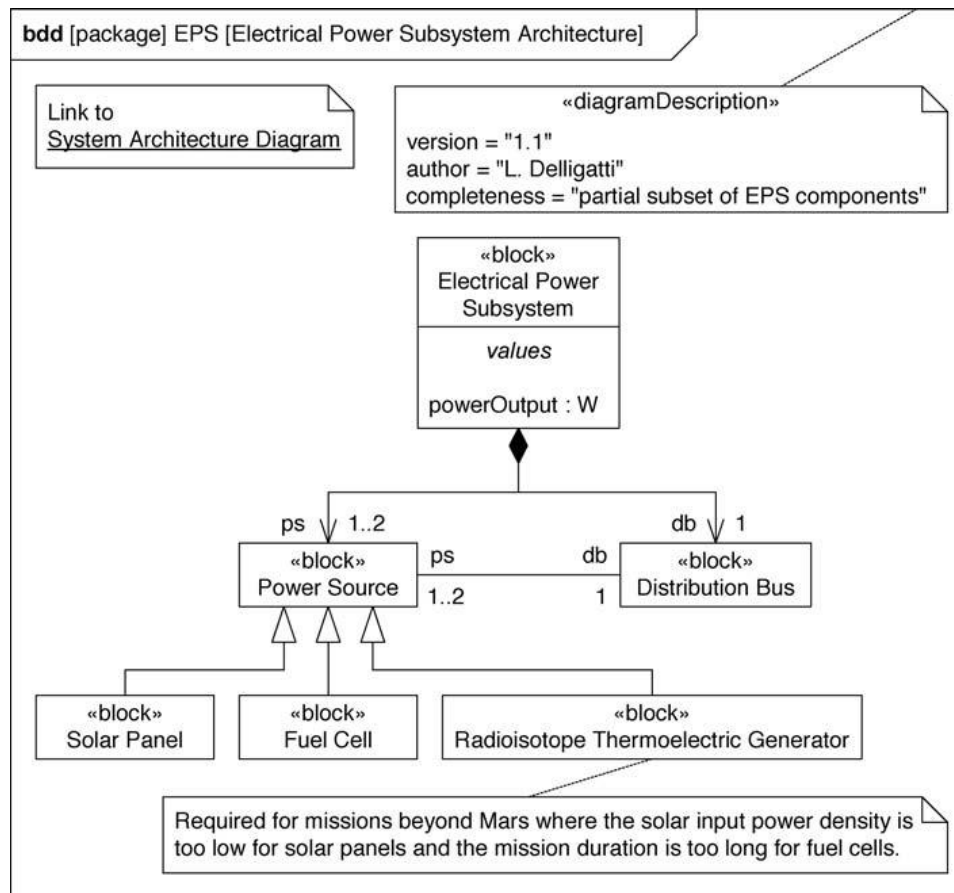


Диаграмма пакетов

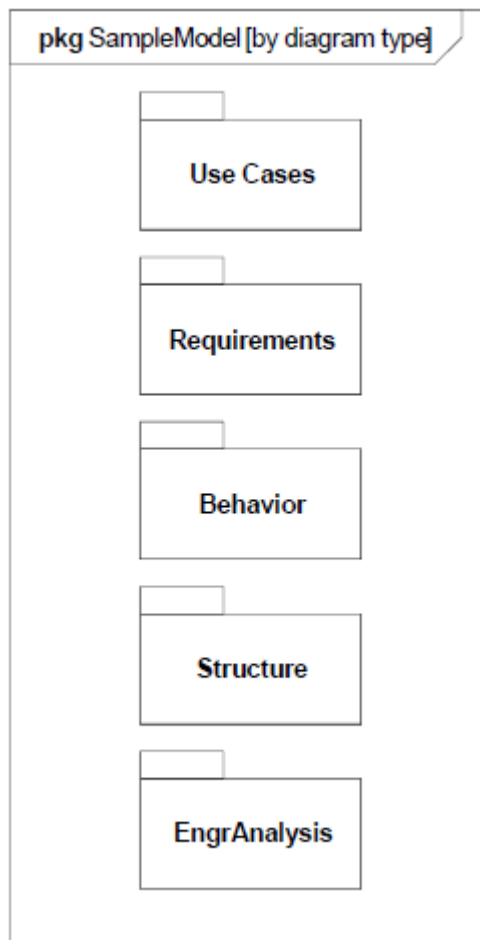
Диаграмма пакетов

- Диаграмма пакетов используется для организации модели.
 - Группирует элементы модели в пространство имен
 - Часто представлена в браузере инструментов
 - Поддерживает управление конфигурацией модели
- Модель может быть организована несколькими способами
 - По системной иерархии (например, предприятие, система, компонент)
 - По разновидности диаграмм (например, требования, варианты использования, поведение)
 - Позволяет использование точек зрения для расширения организации модели
- Отношения импорта уменьшают потребность в полном имени (*package1::class1*)

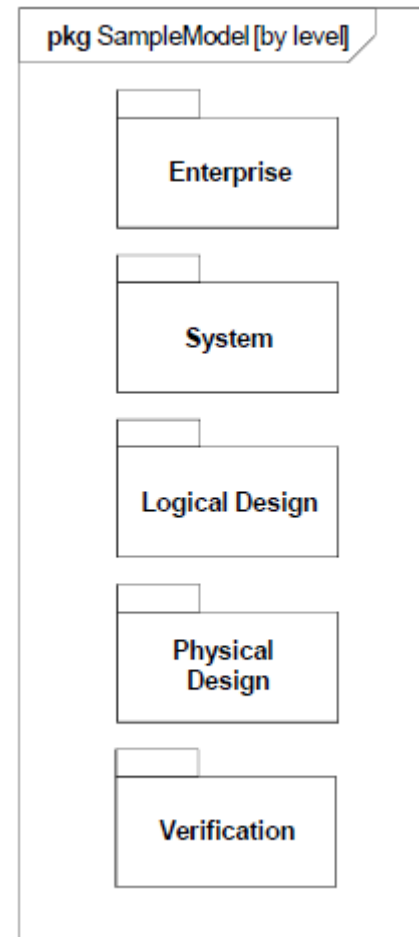
Организация модели с помощью диаграмм пакетов

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



По разновидности диаграмм

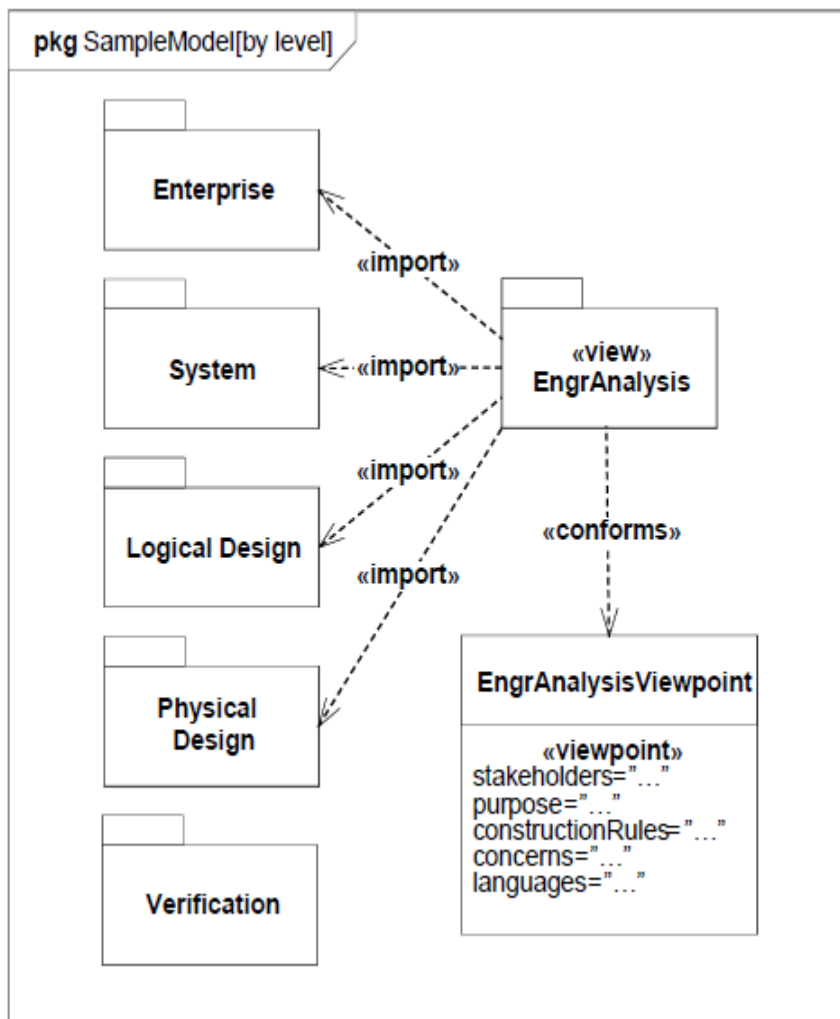


По структуре модели

Точки зрения на диаграммах пакетов

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025



- Вид (view) соответствует определенной точке зрения на модель
 - Импортирует элементы модели из нескольких пакетов
 - Может представлять запрос к модели на основе некоторых критериев запроса

Диаграмма внутренности блоков

Назначение диаграммы внутренних блоков

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- **Диаграмма внутренности блока (IBD)** предназначена для указания внутренней структуры блока
- В отличие от *диаграммы определения блока*, IBD не отображает блоки; она отображает использование блока, то есть свойства частей и свойства ссылок блока, имя которого указано в заголовке диаграммы
- IBD позволяет вам передавать дополнительную информацию, которую вы не можете передать с помощью диаграммы:
 - Связь между свойствами частями блока и свойствами ссылками блока
 - Типы материи, энергии или данных, которые проходят через соединения
 - Услуги, которые предоставляются соединениями и требуются для соединений

Назначение диаграммы внутренности блоков

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

- *Диаграмма внутренности блока и диаграмма определения блока* обеспечивают дополнительные представления блока
- Сначала *диаграмма определения блока* позволяет определить блок и его свойства
- После этого можно использовать *диаграмму внутренности блока* для отображения внутренней конфигурации этого блока: определенного набора связей между свойствами блока
- Из-за такой связи этих видов диаграмм они часто создаются попарно

Фрейм диаграммы внутренности блоков

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

ibd [block] Communication and Data Handling Subsystem [Flow-Oriented View]

- Сокращение для типа диаграммы для диаграмма внутренности блока **ibd**.
- Единственным допустимым типом элемента модели для этой диаграммы является блок.
- Фрейм диаграммы всегда представляет блок уже определенный в модели системы.
- Внутри фрейма можно отобразить свойства-части этого блока и свойства-ссылки, а также связывающие их соединители.
- Название диаграммы **Flow-Oriented View**.
- Эта диаграмма представляет блок **Communication and Data Handling Subsystem** уже существующий в модели системы.
- Этот блок является владельцем свойств-частей и свойств-ссылок, которые показаны на диаграмме.

Диаграмма определения блоков (дополнение к диаграмме внутренности блока)

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

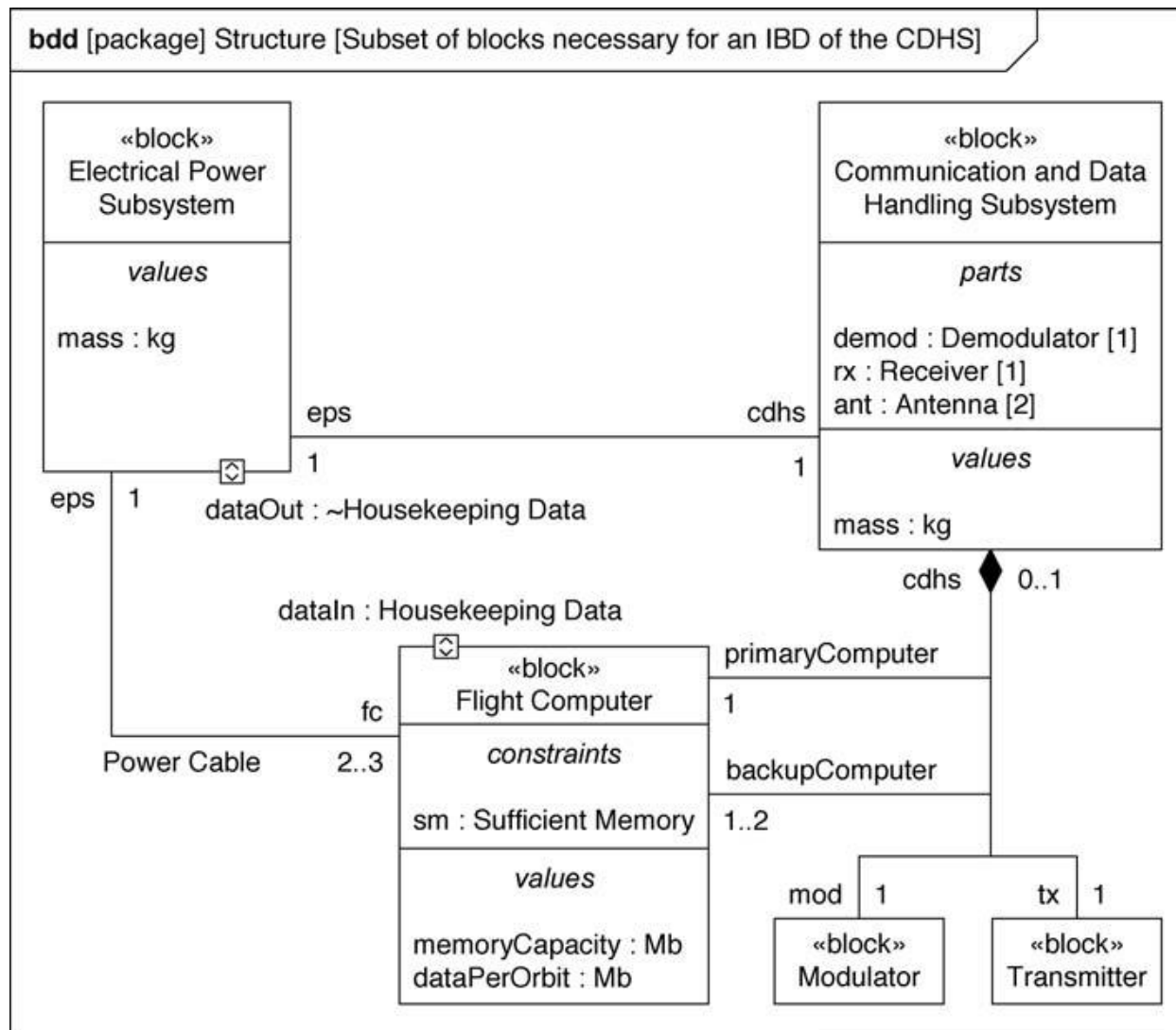


Диаграмма внутренности блока

Communication and Data Handling Subsystem

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

Романов Владимир Юрьевич ©2025

