

Разработка систем реального времени с использованием UML и каркасов приложений

Дмитрий Рыжов

Менеджер по продукту

d.ryzhov@swd.ru



- **Распространение языка моделирования UML**
- **Развитие инструментов разработки на основе визуального моделирования**
- **Применение инструментов на всех стадиях процесса разработки**
- **Специализация инструментов**
- **Инструменты для разработки встраиваемых систем и приложений реального времени**
- **Автоматическая генерация кода, тестирование, временной анализ и верификация**

Пример разработки секундомера

- Секундомер имеет одну кнопку для запуска и остановки и дисплей для отображения. Дисплей отображает минуты и секунды
- При нажатии и отпускании кнопки в течении 2 секунд секундомер запускается либо останавливается
- Если кнопка удерживается нажатой более чем 2 секунды, то секундомер сбрасывается в 0 и останавливается

Rhapsody in C++ by Telelogic - Stopwatch

File Edit View Code Layout Tools Window Help

StopWatch Release

Object Model Diagram: Определение классов и ассоциаций in Stopwatch *

Entire Model View

- StopWatch
 - Component Diagrams
 - Components
 - Packages
 - StopWatch
 - Classes
 - Button
 - Timer
 - Display
 - Builder
 - Events
 - Object Model Diagrams
 - Определение классов и ассоциаций
 - Определение Builder
 - Sequence Diagrams
 - PredefinedTypes (REF)
 - PredefinedTypesCpp (REF)

Двойной рамкой отображаются активные классы, то есть классы работающие в отдельном потоке

Значком в правом верхнем углу отображаются реактивные классы, то есть классы для которых определена диаграмма состояний

Ассоциация между классами приводит к появлению указателя в сгенерированном коде

В сгенерированном коде активные и реактивные классы наследуются от классов каркаса, реализующие данную функциональность

```

classDiagram
    class Button
    class Timer
    class Display
    Button "1" --> "1" Timer : itsTimer
    Timer "1" --> "1" Display : itsDisplay
    
```

Button.h

```

//// Relations and components ////
protected :

    Timer* itsTimer;      /// link itsTimer
    
```

Timer.h

```

### class Timer
class Timer : public OMThread, public OMReactive {

//// Constructors and destructors ////
public :
    
```

Определени... Button.h Timer.h

For Help, press F1

GE MODE

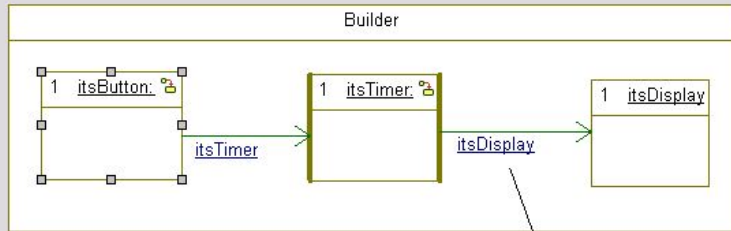
Fri, 5, Oct 2007 1:51 PM

Rhapsody in C++ by Telelogic - Button.cpp

File Edit View Code Tools Window Help

StopWatch Release

Object Model Diagram: Определение Builder in StopWatch *



Класса Builder содержит 3 статических объекта, определение которых мы видим в сгенерированном коде

Линки между объектами приводят к инициализации ассоциаций в сгенерированном коде

```

Builder.h
76
77 // Relations and comp...
78 protected :
79
80     Button itsButton;
81
82
83     Display itsDisplay;
84
85
86     Timer itsTimer; //A
87
88 ..

```

```

Builder.cpp
58
59 void Builder::initRelations() {
60     itsButton.setItsTimer(&itsTimer);
61     itsTimer.setItsDisplay(&itsDisplay);
62 }

```

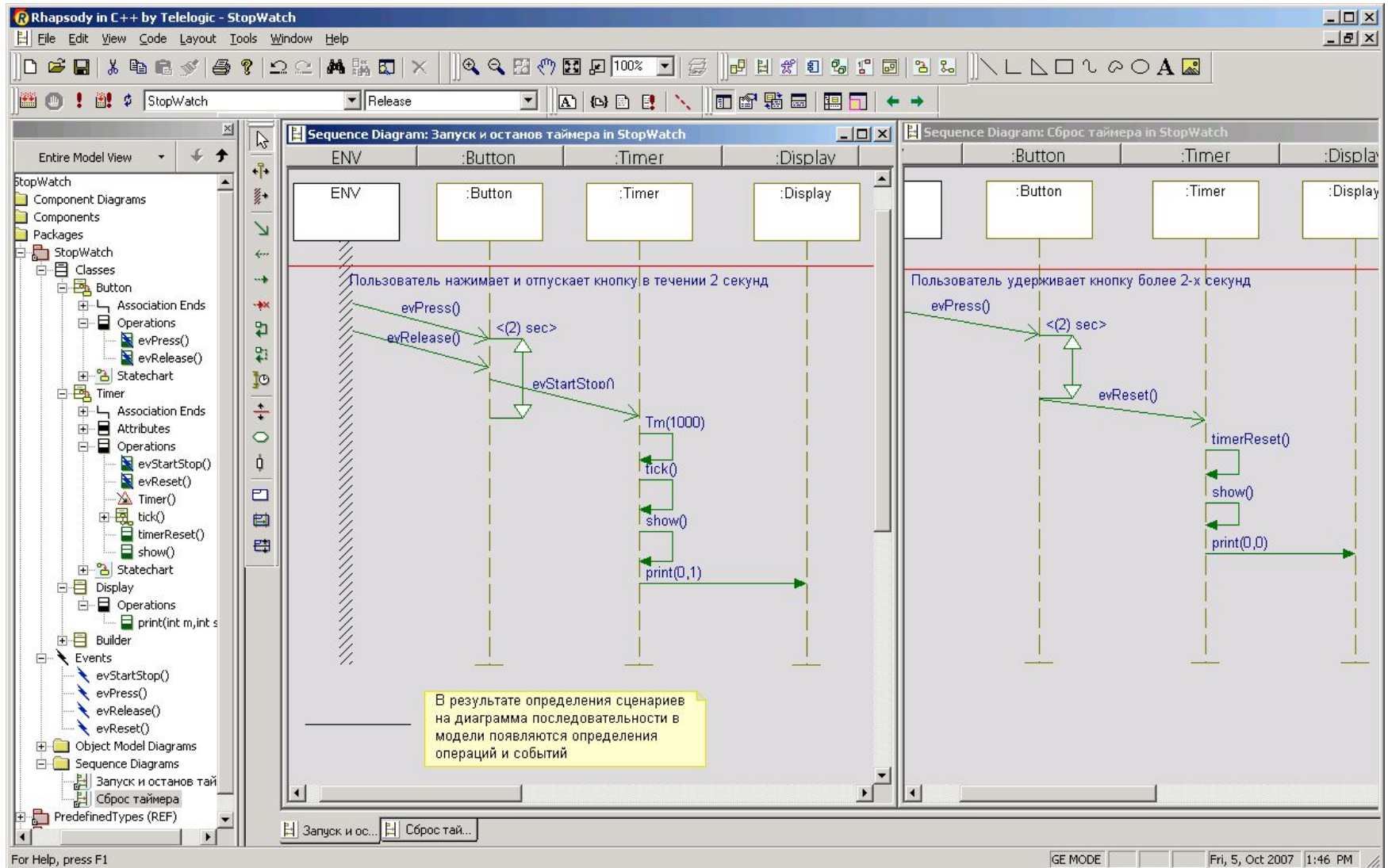
```

Button.cpp
040
041 void Button::setItsTimer(Timer* p_Timer) {
042     itsTimer = p_Timer;
043 }
044

```

For Help, press F1

GE MODE Fri, 5, Oct 2007 12:50 PM



Rhapsody in C++ by Telelogic - Stopwatch

File Edit View Code Layout Tools Window Help

StopWatch Release

Statechart of: Button

```

stateDiagram-v2
    state released
    state pressed
    released --> pressed : evPress
    pressed --> released : evRelease/ itsTimer->GEN(evStartStop);
    released --> released : tm(2000)/ itsTimer->GEN(evReset);
    
```

Обработка событий главных состояний реализуется в сгенерированном коде методом rootState_processEvent

Statechart of: Timer

```

stateDiagram-v2
    state Active
    state idle
    state running
    Active --> idle : /timerReset(); show();
    idle --> running : evStartStop
    running --> idle : evStartStop
    running --> running : tm(1000)/ tick(); show();
    
```

Обработка вложенных состояний реализуется методом activeState_processEvent(), который вызывается из rootState_processEvent()

Button.cpp

```

IOxfReactive::TakeEventStatus Button::rootState_processEvent() {
    IOxfReactive::TakeEventStatus res = eventNotConsumed;
    switch (rootState_active) {
        case released:
            if (IS_EVENT_TYPE_OF(evPress_StopWatch_id))
            {
                rootState_subState = pressed;
                rootState_active = pressed;
                pressed_timeout = scheduleTimeout(2000, NULL);
                res = eventConsumed;
            }
            break;
        case pressed:
            if (IS_EVENT_TYPE_OF(OMTimeoutEventId))
            {
                if (getCurrentEvent() == pressed_timeout)
                {
                    if (pressed_timeout != NULL)
                    {
                        pressed_timeout->cancel();
                        pressed_timeout = NULL;
                    }
                    //#[ transition 3
                    itsTimer->GEN(evReset);
                    //#[
                    rootState_subState = released;
                    rootState_active = released;
                    res = eventConsumed;
                }
            }
    }
}
    
```

Timer Button Button.cpp

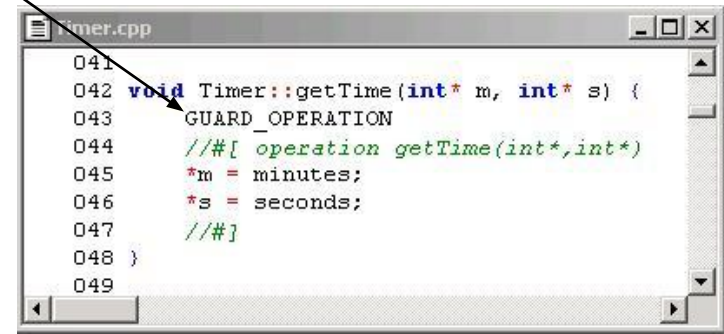
For Help, press F1

GE MODE Fri, 5, Oct 2007 1:10 PM

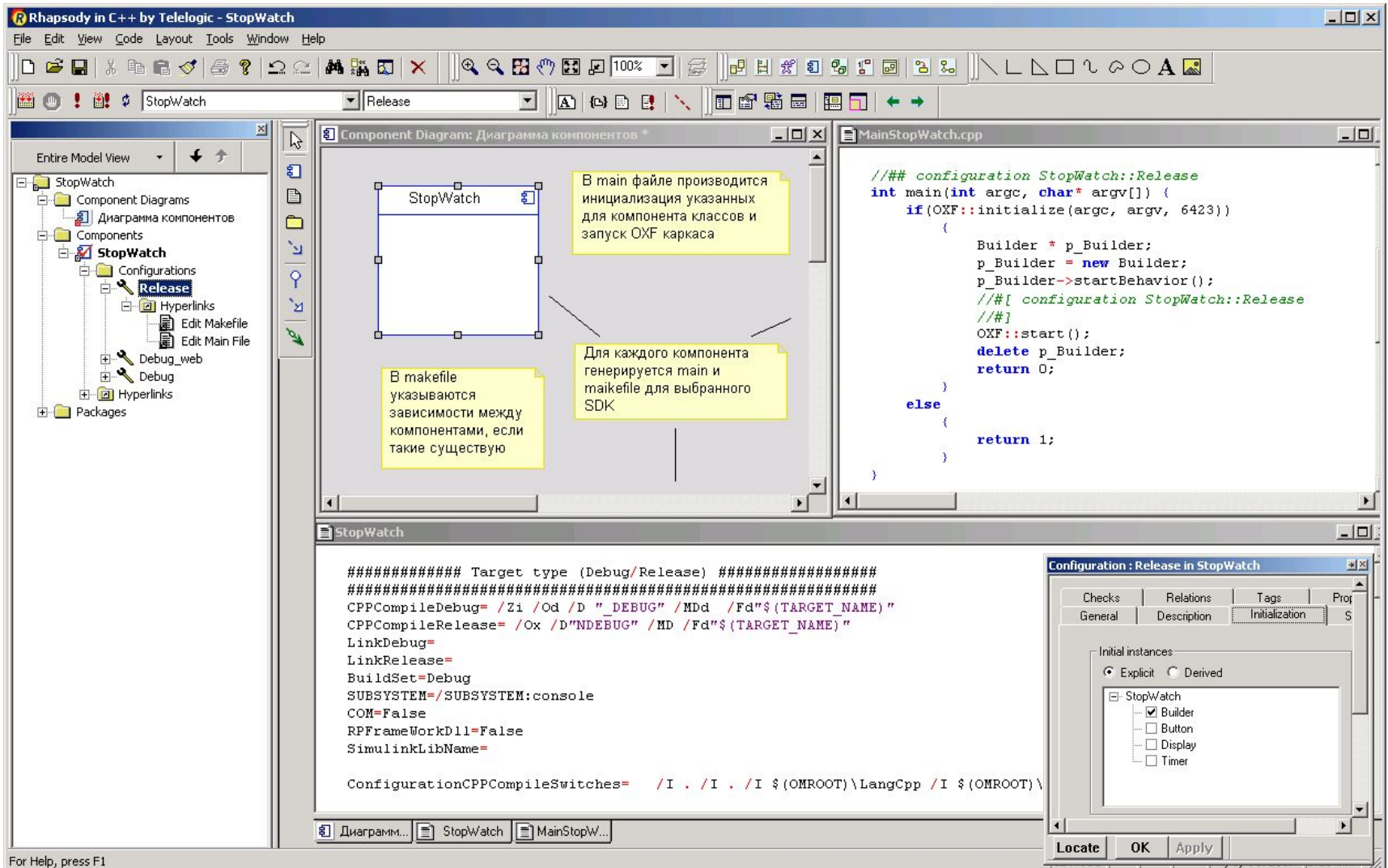
- Установка для таймера свойства **Concurrency=guarded**
- В коде появляется макрос **GUARD_OPERATION**
- Обработка асинхронных событий становится защищенной (**eventGuard != 0**)



```
TakeEventStatus OMReactive::handleEvent (IOxfEvent* ev) {
    TakeEventStatus eventConsumeResult = eventNotConsumed;
    if (eventGuard != 0)
        eventGuard->lock(); // guard against synchronous ev
    eventConsumeResult = processEvent(ev);
    if (eventGuard != 0)
        eventGuard->unlock();
    return eventConsumeResult;
}
```



```
041
042 void Timer::getTime(int* m, int* s) {
043     GUARD_OPERATION
044     /*#[ operation getTime(int*,int*)
045     *m = minutes;
046     *s = seconds;
047     /*#]
048 }
049
```



The screenshot displays the Rhapsody in C++ IDE interface for a project named "StopWatch". The main window is titled "Component Diagram: Диаграмма компонентов". It shows a single component named "StopWatch".

Yellow callout boxes provide context:

- Top-left: "В main файле производится инициализация указанных для компонента классов и запуск OXF каркаса" (In the main file, initialization of the specified classes for the component and starting the OXF framework).
- Bottom-left: "В makefile указываются зависимости между компонентами, если такие существуют" (Dependencies between components are specified in the makefile, if they exist).
- Bottom-right: "Для каждого компонента генерируется main и makefile для выбранного SDK" (For each component, a main and makefile are generated for the selected SDK).

The "MainStopWatch.cpp" window shows the following code:

```

//## configuration StopWatch::Release
int main(int argc, char* argv[]) {
    if(OXF::initialize(argc, argv, 6423))
    {
        Builder * p_Builder;
        p_Builder = new Builder;
        p_Builder->startBehavior();
        //#[ configuration StopWatch::Release
        //#]
        OXF::start();
        delete p_Builder;
        return 0;
    }
    else
    {
        return 1;
    }
}

```

The "StopWatch" window shows the configuration for the Release target:

```

##### Target type (Debug/Release) #####
#####
CPPCompileDebug= /Zi /Od /D " DEBUG" /MDd /Fd"${TARGET_NAME}"
CPPCompileRelease= /Ox /D"NDEBUG" /MD /Fd"${TARGET_NAME}"
LinkDebug=
LinkRelease=
BuildSet=Debug
SUBSYSTEM=/SUBSYSTEM:console
COM=False
RPFrameWorkDll=False
SimulinkLibName=

ConfigurationCPPCompileSwitches= /I . /I . /I $(OMROOT)\LangCpp /I $(OMROOT)\

```

The "Configuration: Release in StopWatch" dialog box is open, showing the "Initialization" tab. Under "Initial instances", the "Explicit" radio button is selected. The "StopWatch" component is expanded, showing the following instances checked:

- Builder
- Button
- Display
- Timer

Buttons at the bottom of the dialog include "Locate", "OK", and "Apply".

The screenshot displays the Rhapsody in C++ IDE with the following components:

- Statechart of Button-Builder[0]->itsButton:** Shows states `released` and `pressed`. Transitions include `evPress` from `released` to `pressed`, and `evRelease/itsTimer->GEN(evStartStop)` from `pressed` back to `released`. A self-transition on `released` is labeled `tm(2000)/itsTimer->GEN(evReset)`.
- Statechart of Timer-Builder[0]->itsTimer:** Shows states `idle` and `running` within an `Active` container. Transitions include `evStartStop` from `idle` to `running` and `evStartStop` from `running` back to `idle`. A self-transition on `running` is labeled `tm(1000)/tick(); show();`. An `evReset` transition returns to the `idle` state.
- Sequence Diagram: Animated Запуск и останов таймера:** Shows interactions between `ENV`, `-Button`, and `-Timer`. Messages include `Create()`, `evPress()`, `evRelease()`, and `evStartStop()`. It also shows timer events like `tm(1000) at ROOT.Active running` and `tick()`.
- Application Window:** Displays a graphical interface for `Button[0]` with `evPress` and `evRelease` buttons, each with an `Activate` button. The status bar shows `Готово`.
- Terminal Window:** Shows the execution log with timestamps from `0:0` to `0:11`, including the message `Constructed`.

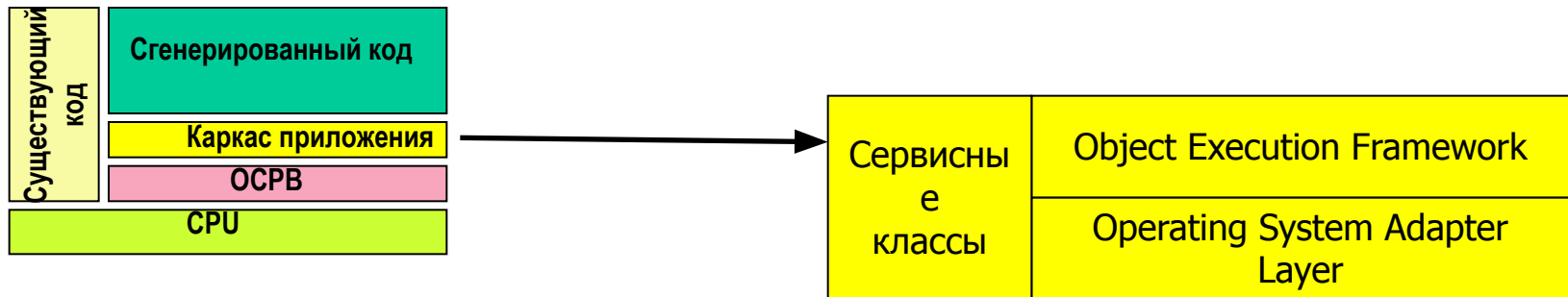
Каркас приложения в Telelogic Rhapsody

- Набор предопределённых взаимодействующих классов
- Предоставляют сервисы при разработке приложений определённого типа
- Разработка приложений путём наследования и переопределения

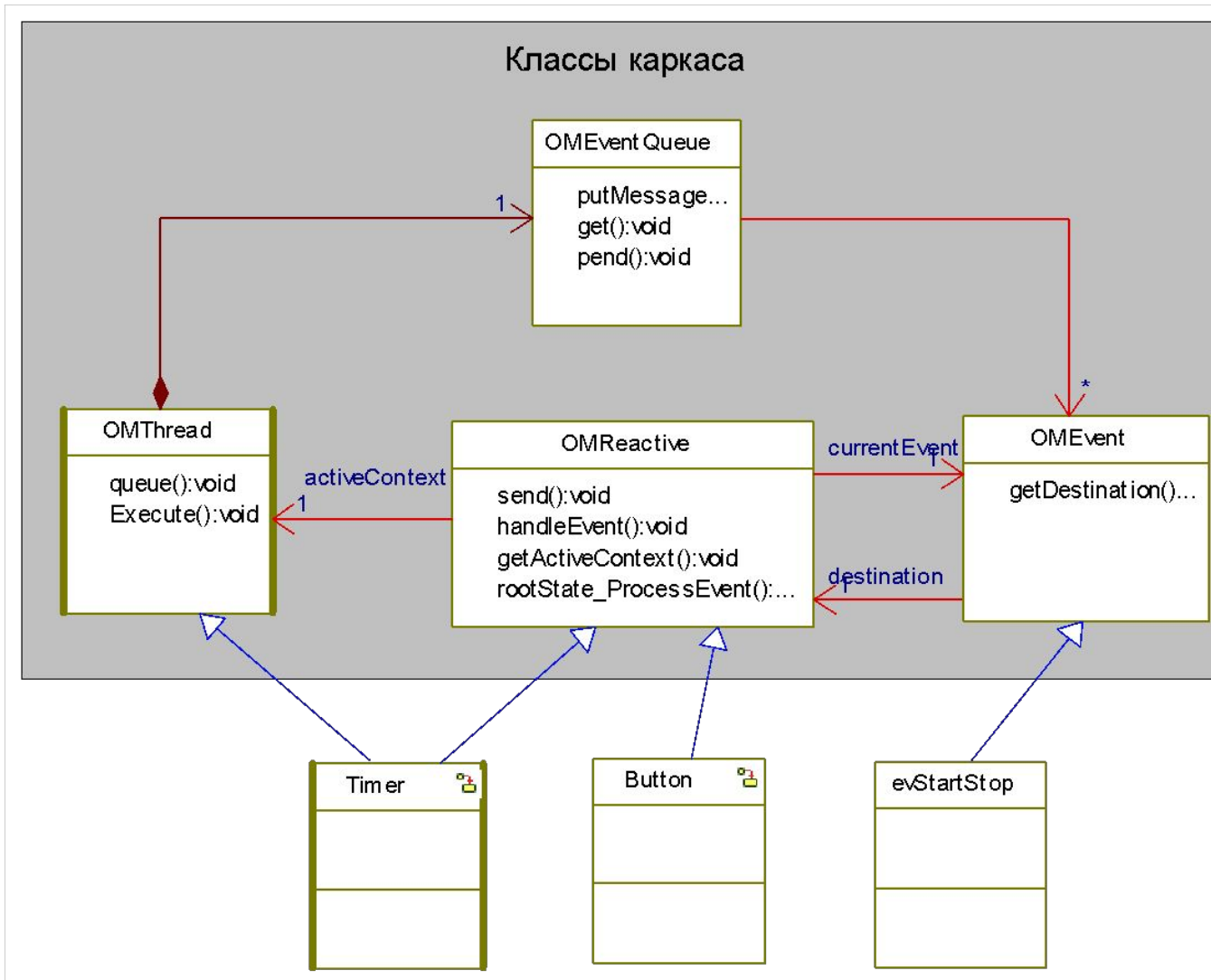
- Отсутствие необходимости создания приложений с нуля
- Определяют архитектуру целевых систем
- Представляют открытые конструкции, могут переопределяться в приложениях

- В сгенерированном коде используется API каркаса
- Каркас реализует основные абстракции приложений реального времени
- Значительная часть функциональности содержится в классах каркаса
- Классы каркаса могут быть адаптированы под конкретные нужды
- Каркас – это библиотека, независимая от генератора кода
- Каркас не ограничивает приложения от использования других библиотек и сервисов ОС

- Object Execution Framework (OXF)
- OS adapter level
- Сервисные классы
- Animation framework

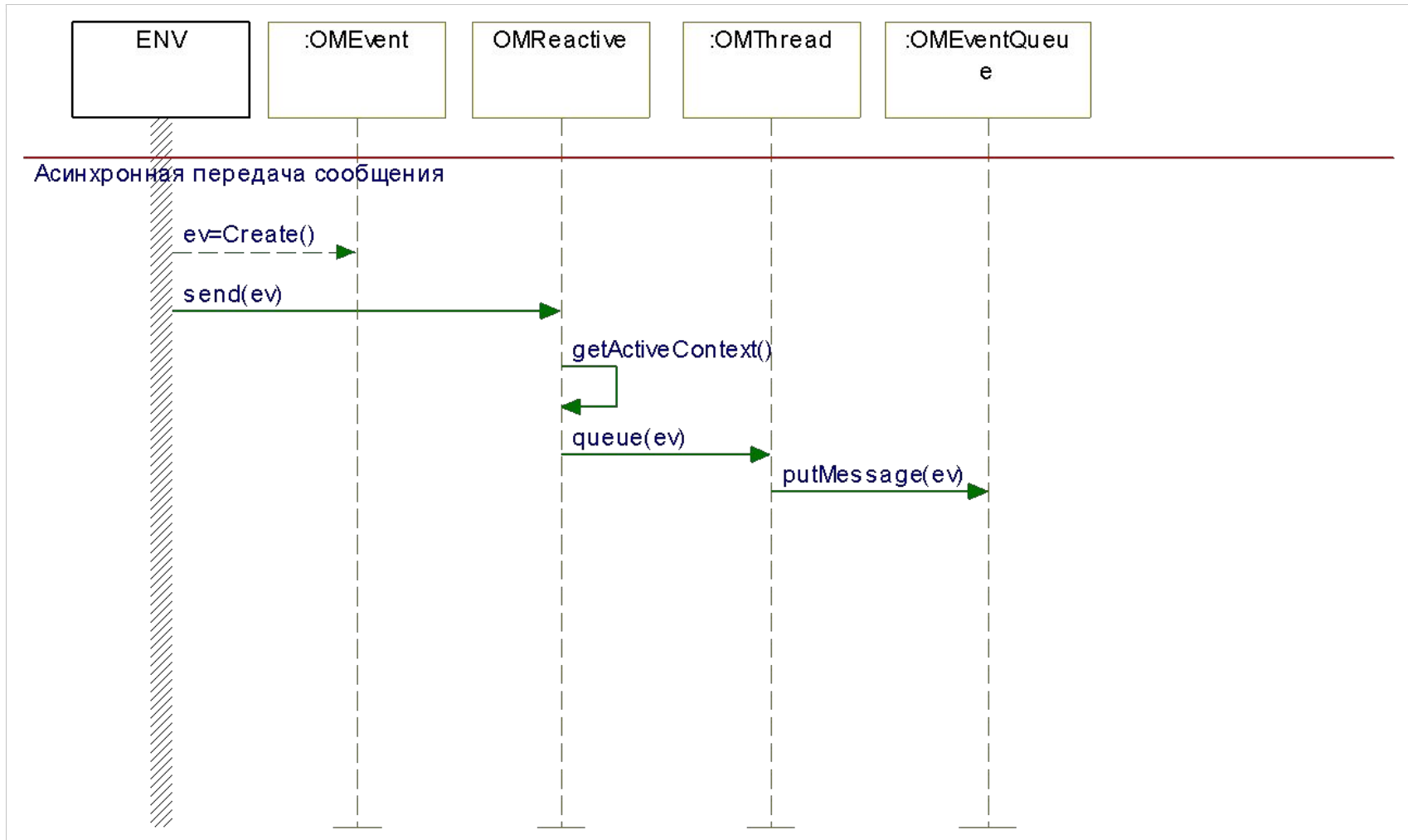


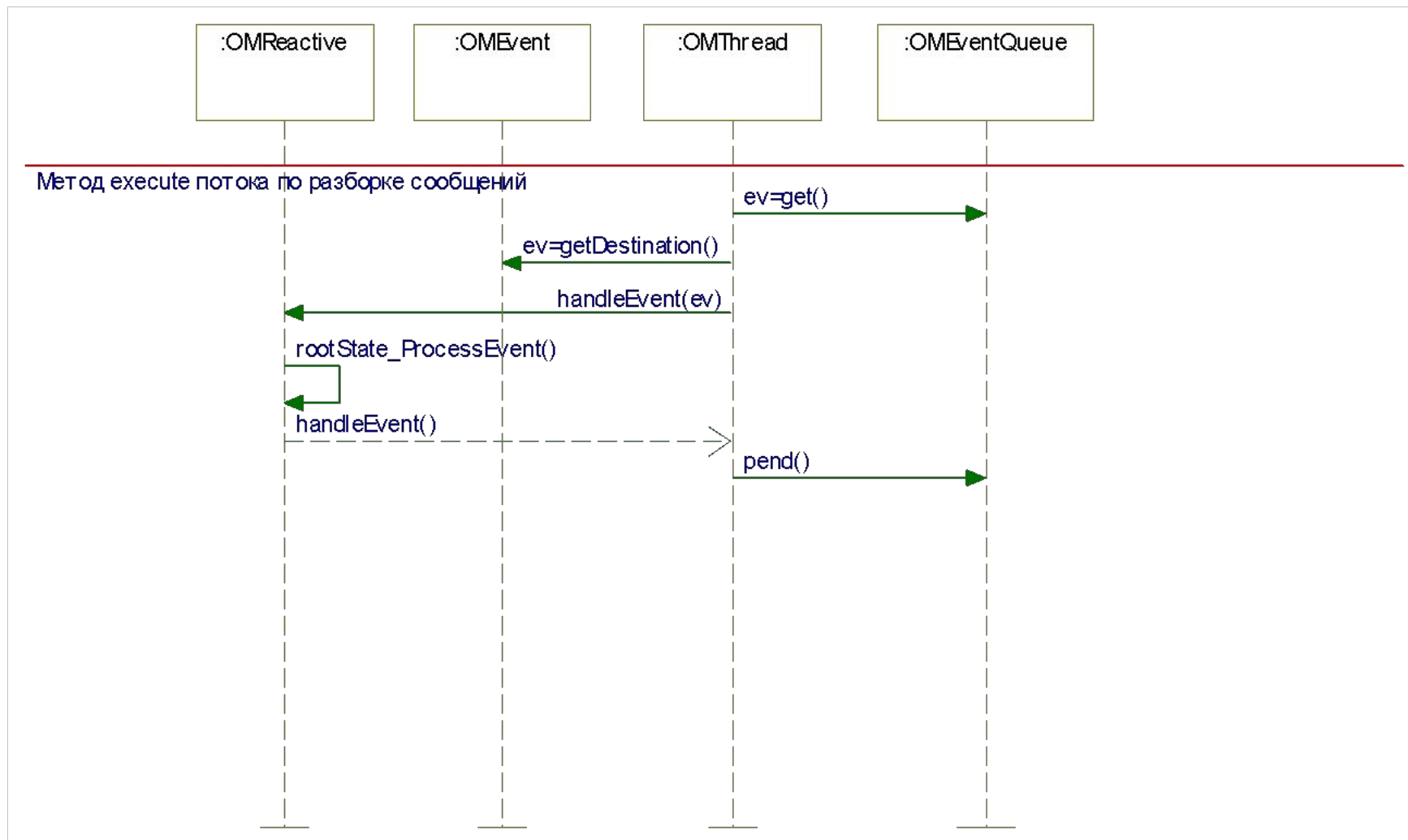
- **Асинхронные события**
- **События времени**
- **События вызова (синхронные)**

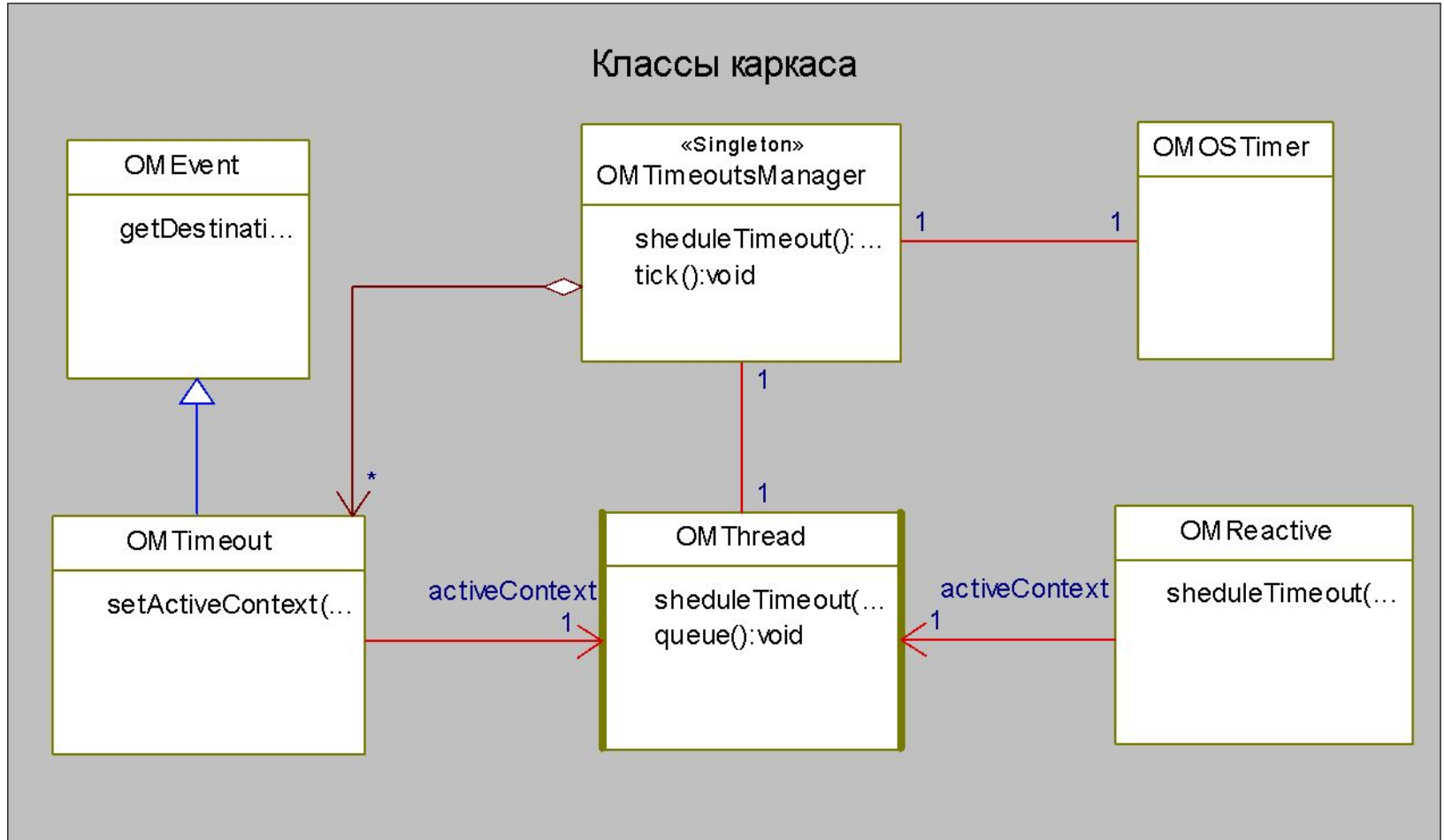


- Наследуется от класса `OMThread` каркаса
- Запускает в отдельном потоке функцию `Execute`
- Содержит очередь событий
- Предоставляет функцию `queue` для помещения событий в очередь
- В `Execute` разгребает очередь, передавая события адресатам на обработку в функцию `handleEvent`
- Позволяет перекрыть `Execute` для реализации другого поведения

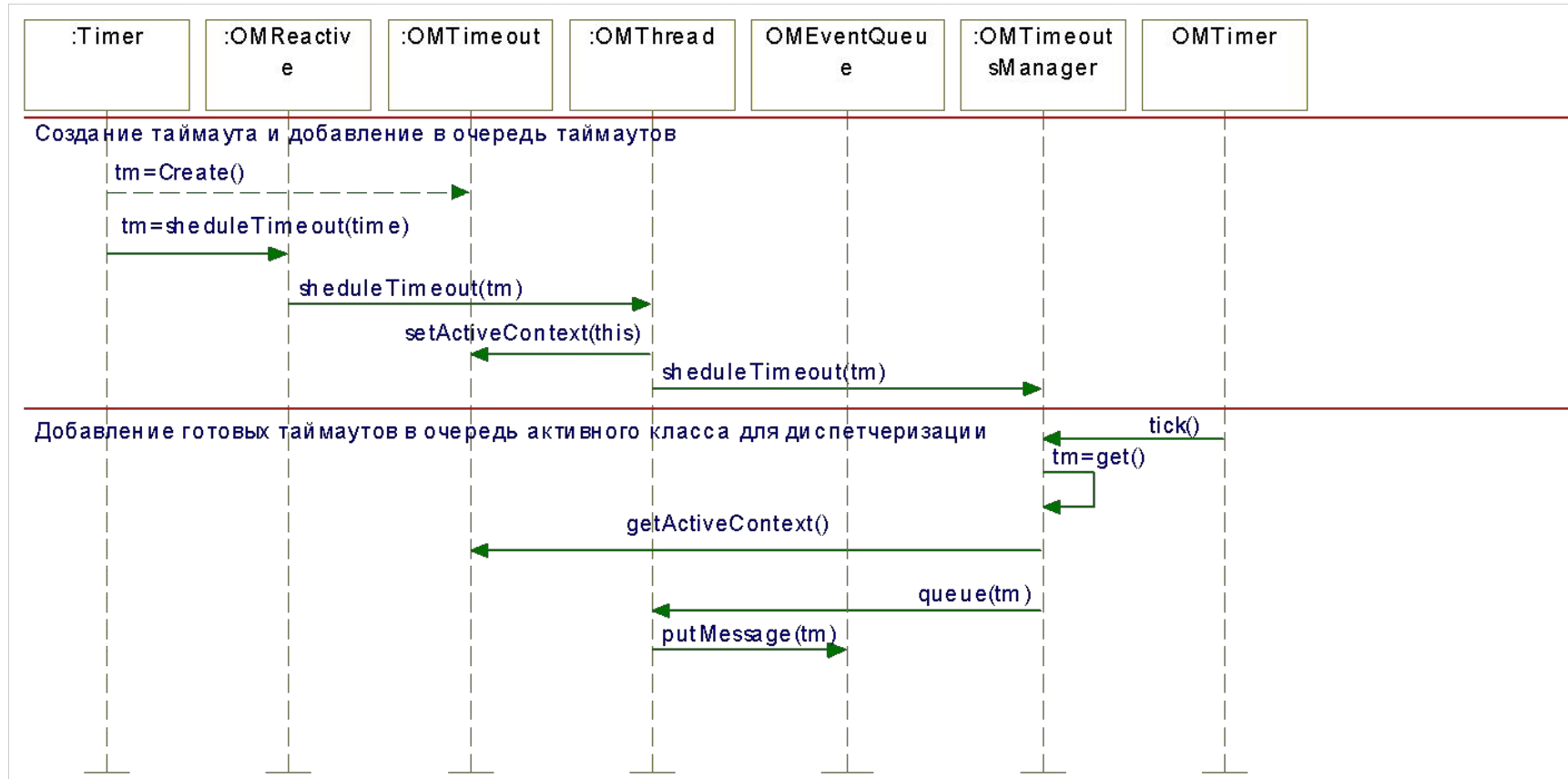
- Наследуется от класса OMReactive каркаса
- Предоставляет функцию send для передачи классу асинхронных событий
- Помещает полученные асинхронные события в связанный с ним активный класс для диспетчеризации
- Получает события от активного класса на обработку, вызывающего его функцию handleEvent
- Вызывает виртуальную функцию rootState_processEvent для обработки событий
- По умолчанию код для функции rootState_processEvent генерируется на основании диаграммы состояний



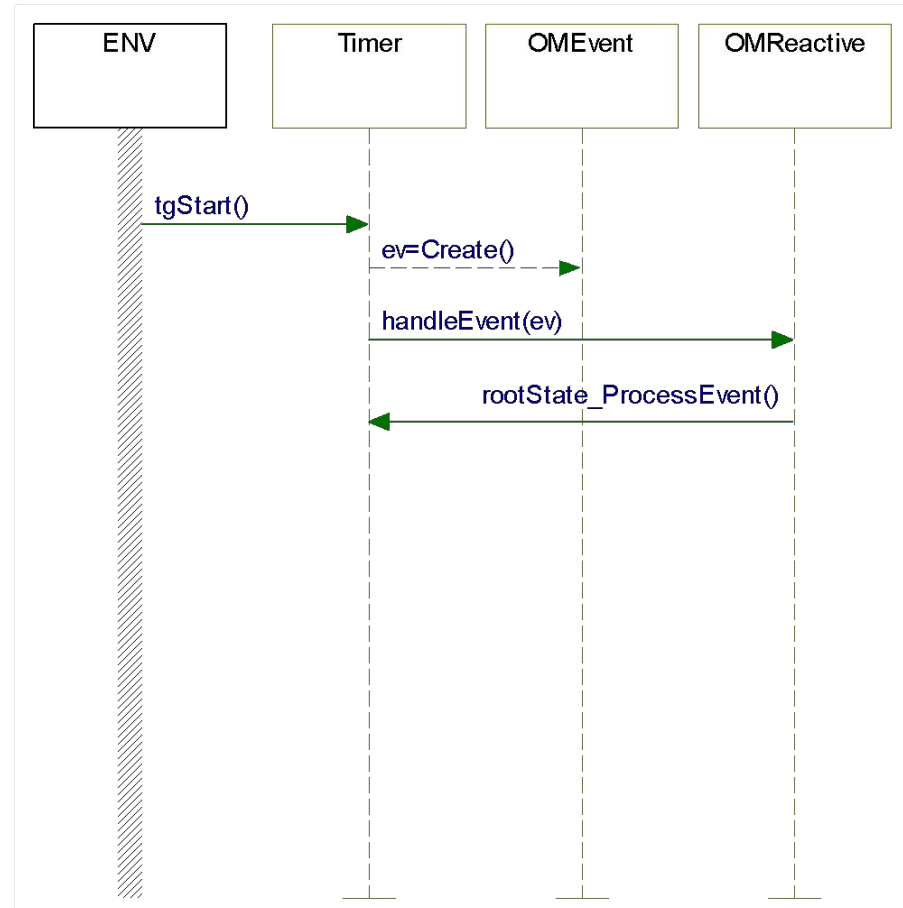


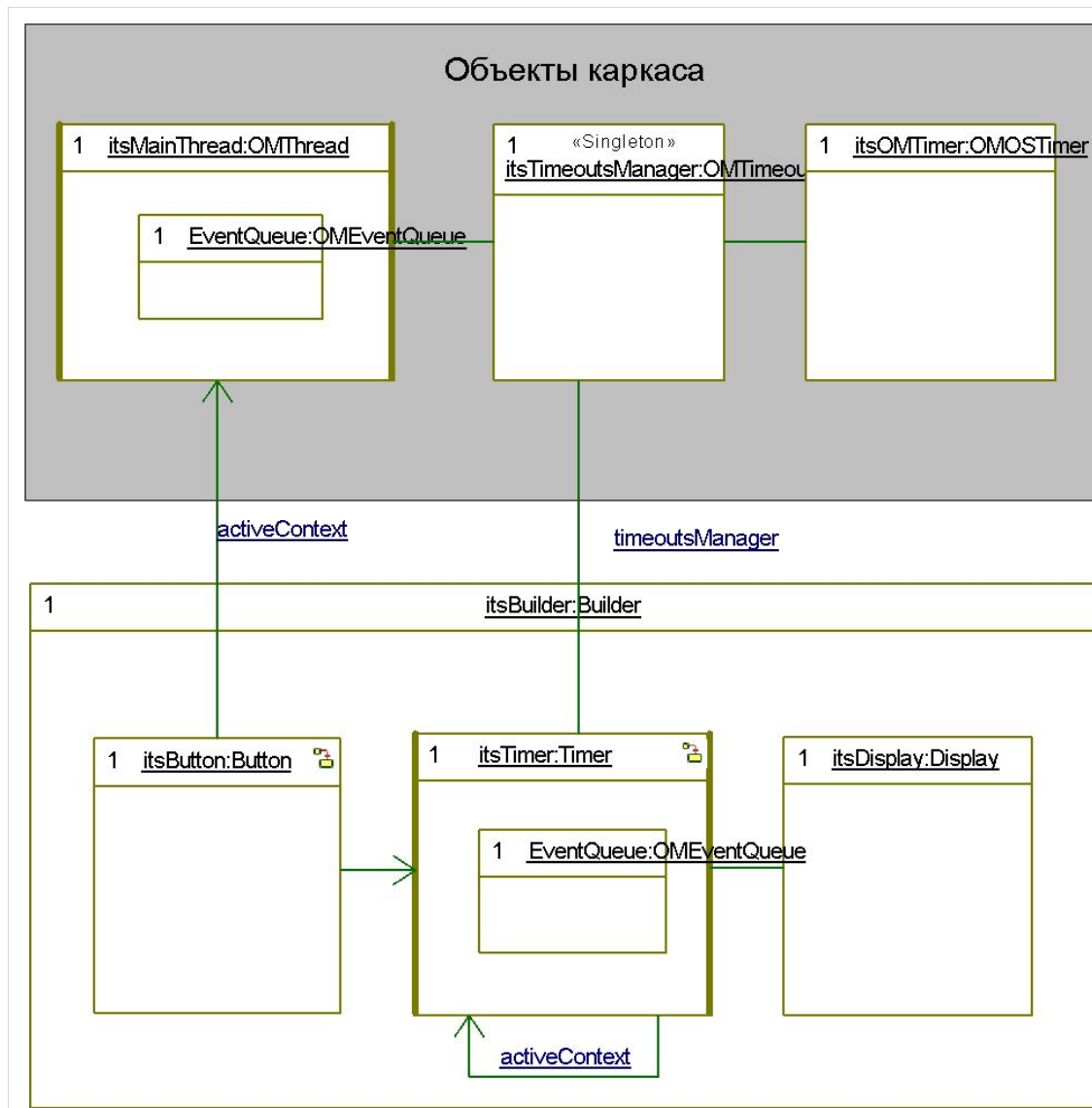


- Таймауты – это особый вид событий на которые можно определять реакции на диаграмме состояний
- Таймауты создаются в сгенерированном коде при входе в состояние и уничтожаются при выходе
- Всеми таймаутами управляет объект `TimeoutsManager`
- При истечении таймаута `TimeoutsManager` помещает его в очередь активного объекта для диспетчеризации
- Таймауты диспетчеризуются активными объектами наравне с другими событиями в очереди



- События вызова генерируются при вызове триггерных операций класса
- В операции создаётся одноимённое событие и сразу же передаётся на обработку в `handleEvent`
- На диаграмме состояний можно определять переходы и реакции на такие события
- Реализация для триггерных операций генерируется автоматически





- По умолчанию связывается с активным объектом `MainThread`
- Связывается с самим собой, если класс объявлен активным
- Связывается с содержащим его активным объектом
- Может быть связан с любым активным объектом путём вызова функции `setActiveContext`

- **Object Execution Framework (использует ОС)**
- **Interrupt Driven Framework (не использует ОС)**
- **Synchronous Framework (не использует ОС)**



<http://www.swd.ru/>

196135, г. Санкт-Петербург,
пр. Юрия Гагарина 23
тел.: (812) 702-0833

115553, г. Москва,
пр. Андропова 22/30
тел.: (495) 780-8831