

Обзор парадигм программирования

Часть 2

Юрий Литвинов
y.litvinov@spbu.ru

01.12.2023

Логическое программирование

- ▶ Программа представляет собой набор фактов и правил, система сама строит решение с использованием правил логики
 - ▶ Использует логику предикатов как математическую формализацию
- ▶ Создавалось в 60-х для решения задач искусственного интеллекта и экспертных систем
 - ▶ Автоматическое доказательство теорем
- ▶ Могут использоваться разные стратегии доказательства
 - ▶ В общем случае, программа — это набор фактов и правил + стратегия вывода, которая управляет тем, как новые факты получаются из существующих
 - ▶ В формальной логике стратегия вывода обычно не важна, для компьютеров это критично
- ▶ Дедуктивные базы данных — хранят факты и правила вывода

Пролог

- ▶ Появился в 1972 г. как научная разработка
- ▶ Реализации:
 - ▶ SWI-Prolog (<http://www.swi-prolog.org/>)
 - ▶ Amzi Prolog (<http://www.amzi.com/>)
 - ▶ Turbo Prolog
- ▶ Использует метод резолюций – последовательно перебирая правила и факты, пытается подобрать такой набор переменных, которые бы им удовлетворяли
 - ▶ Пример:
 - ▶ cat(tom)
 - ▶ ?- cat(tom).
 - Yes
 - ▶ ?- cat(X).
 - X = tom

Пример программы

```
sibling(X, Y) :- parent_child(Z, X), parent_child(Z, Y).
```

```
parent_child(X, Y) :- father_child(X, Y).
```

```
parent_child(X, Y) :- mother_child(X, Y).
```

```
mother_child(trude, sally).
```

```
father_child(tom, sally).
```

```
father_child(tom, erica).
```

```
father_child(mike, tom).
```

```
?- sibling(sally, erica).
```

Yes

```
?- father_child(Father, Child).
```

Императивное программирование

```
?- write('Hello world!'), nl.
```

```
Hello world!
```

```
true.
```

```
program_optimized(Prog0, Prog) :-  
    optimization_pass_1(Prog0, Prog1),  
    optimization_pass_2(Prog1, Prog2),  
    optimization_pass_3(Prog2, Prog).
```

QSort

```
quicksort(Xs, Ys) :- quicksort_1(Xs, Ys, []).
```

```
quicksort_1([], Ys, Ys).
```

```
quicksort_1([X|Xs], Ys, Zs) :-  
    partition(Xs, X, Ms, Ns),  
    quicksort_1(Ns, Ws, Zs),  
    quicksort_1(Ms, Ys, [X|Ws]).
```

```
partition([K|L], X, M, [K|M]):-
```

```
    X < K, !,
```

```
    partition(L, X, M, N).
```

```
partition([K|L], X, [K|M], N):-
```

```
    partition(L, X, M, N).
```

```
partition([], _, [], []).
```

Рекурсивное программирование, РЕФАЛ

- ▶ РЕкурсивных Функций Алгоритмический
 - ▶ В. Турчин, 1966г.
- ▶ Ориентирован на символьные вычисления
 - ▶ ИИ, перевод, манипуляции с формальными системами (лямбда-исчисление, например)
- ▶ Использует нормальные алгорифмы Маркова в качестве математической формализации
- ▶ Программа записывается в виде набора функций
 - ▶ Функция — упорядоченный набор предложений
 - ▶ Предложение состоит из шаблона и того, на что надо заменить шаблон
 - ▶ Выражения в угловых скобках (активные выражения)
 - ▶ Переменные
- ▶ Вычисление продолжается, пока в «поле зрения» Рефал-машины не окажется выражение без угловых скобок

Рефал, пример

Hello, world:

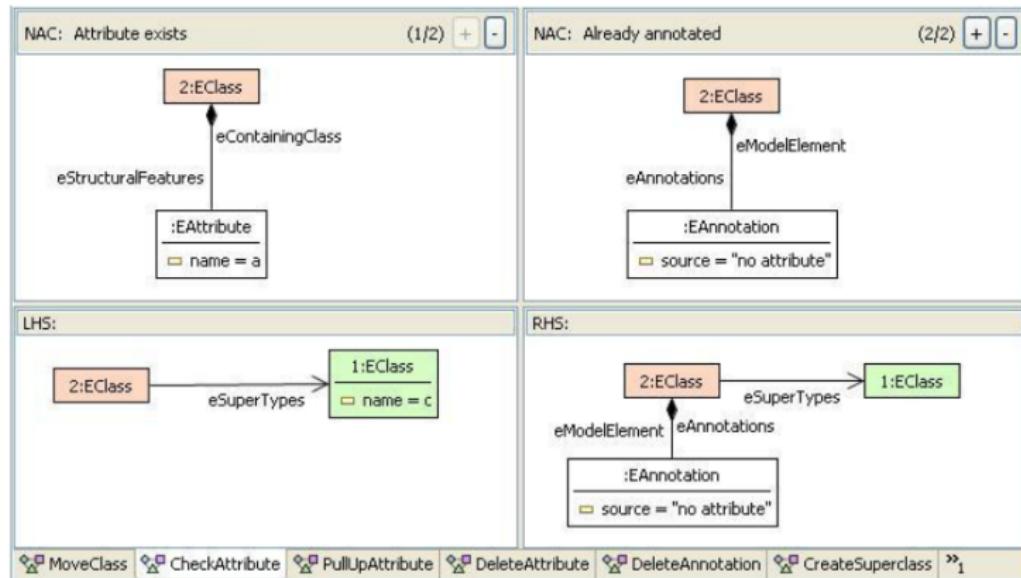
```
$ENTRY Go { = <Hello>;}  
Hello {  
    = <Prout 'Hello world'>;  
}
```

Палиндром:

```
Palindrom {  
    s.1 e.2 s.1 = <Palindrom e.2>;  
    s.1 = True;  
    = True;  
    e.1 = False;  
}
```

Переписывание графов

EMF Refactor



Стековое программирование

- ▶ Язык Форт (Forth)
 - ▶ Разработан в 60-х Чарльзом Муром «для себя»
 - ▶ Был широко распространён для программирования встроенных систем и задач, естественным образом выражавшихся в терминах стеков
 - ▶ Синтаксический анализ
 - ▶ Анализ естественных языков

Форт, подробнее

- ▶ Основной элемент программы: слово
- ▶ Форт-система состоит из словаря (набора слов) и стеков — арифметического и командного (с их помощью производятся вычисления)
- ▶ Используется обратная польская нотация

Примеры

► `25 10 * 50 + .`

Вывод: 300 ok

► `: FLOOR5 (n -- n') DUP 6 < IF DROP 5 ELSE 1 - THEN ;`

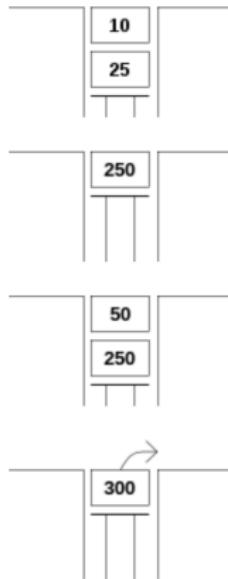
► то же самое на С:

```
int floor5(int v) { return v < 6 ? 5 : v - 1; }
```

► более красиво на Форте:

`: FLOOR5 (n -- n') 1- 5 MAX ;`

► `: HELLO (--) CR ." Hello, world!" ;`

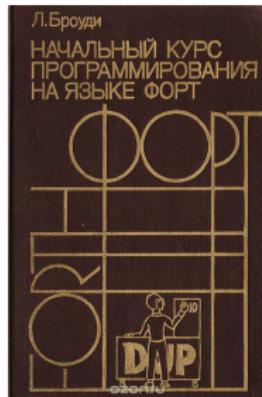


Форт, пример

```
\ Напечатать знак числа
:.SIGN ( n -- )
?DUP 0= IF
    ." НОЛЬ"
ELSE
    0> IF
        ." ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО" ELSE
        ." ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО" THEN
    THEN
;
```

Реализации

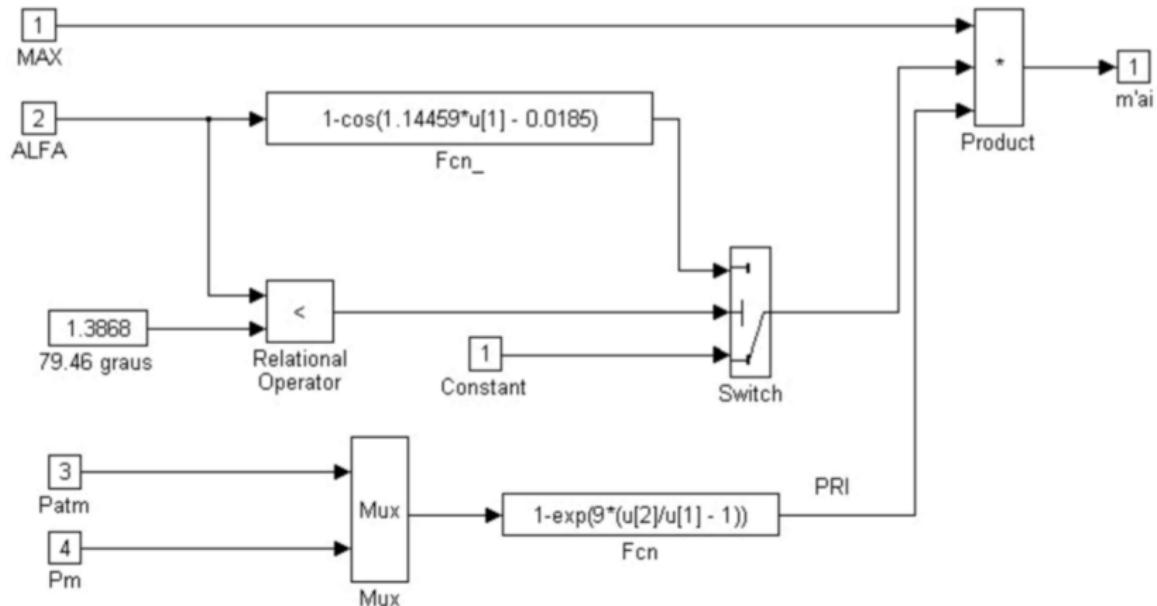
- ▶ SwiftForth
 - ▶ <https://www.forth.com/swiftforth/>
- ▶ Gforth
 - ▶ <http://www.gnu.org/software/gforth/>
- ▶ Десятки других реализаций
 - ▶ <http://www.forth.org/commercial.html>
- ▶ Книжка
 - ▶ Броуди Л. «Начальный курс программирования на Форте»



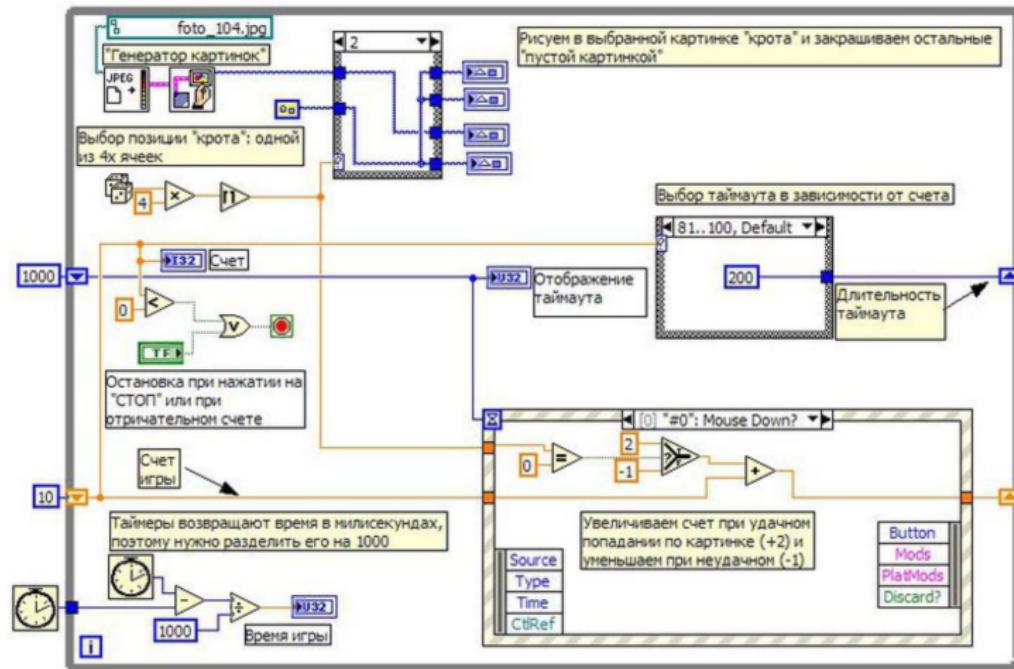
Визуальное программирование

- ▶ Визуальные языки появились ещё до компьютеров
 - ▶ Диаграммы потоков данных
 - ▶ Сети Петри
- ▶ Применяются прежде всего для моделирования, а не для программирования
 - ▶ Описание архитектуры системы (UML, SysML, IDEFx)
 - ▶ Описание бизнес-процессов (UML, BPMN)
 - ▶ Описание схем баз данных (ER, ORM)
- ▶ Есть и языки программирования: G (LabVIEW), Simulink, ДРАКОН, Scratch
- ▶ Предметно-ориентированные визуальные языки
 - ▶ TRIK Studio

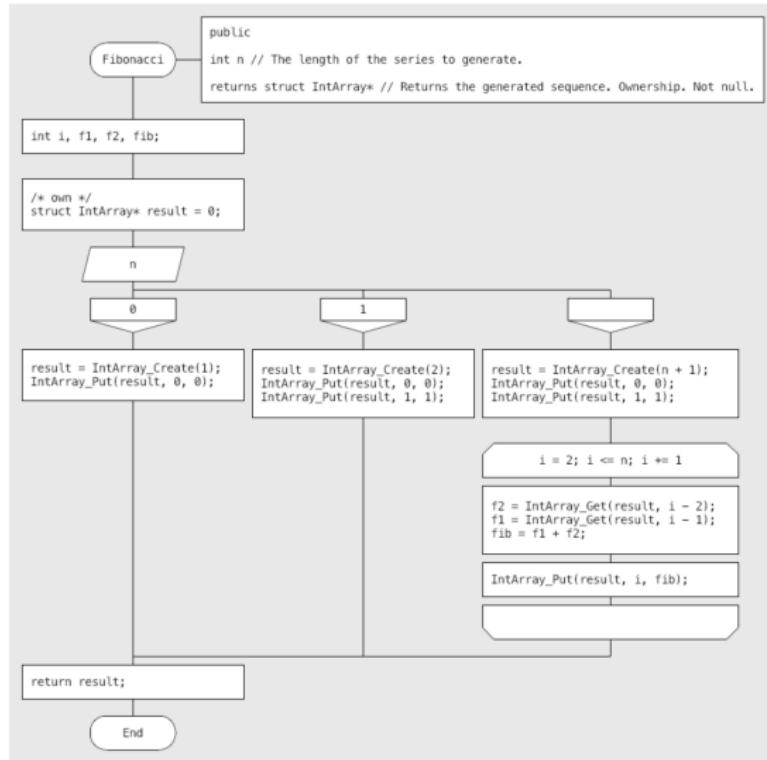
Пример (Matlab/Simulink)



Пример (LabVIEW)

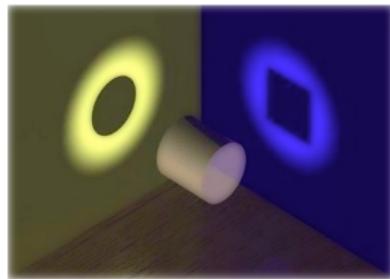


Пример (ДРАКОН)

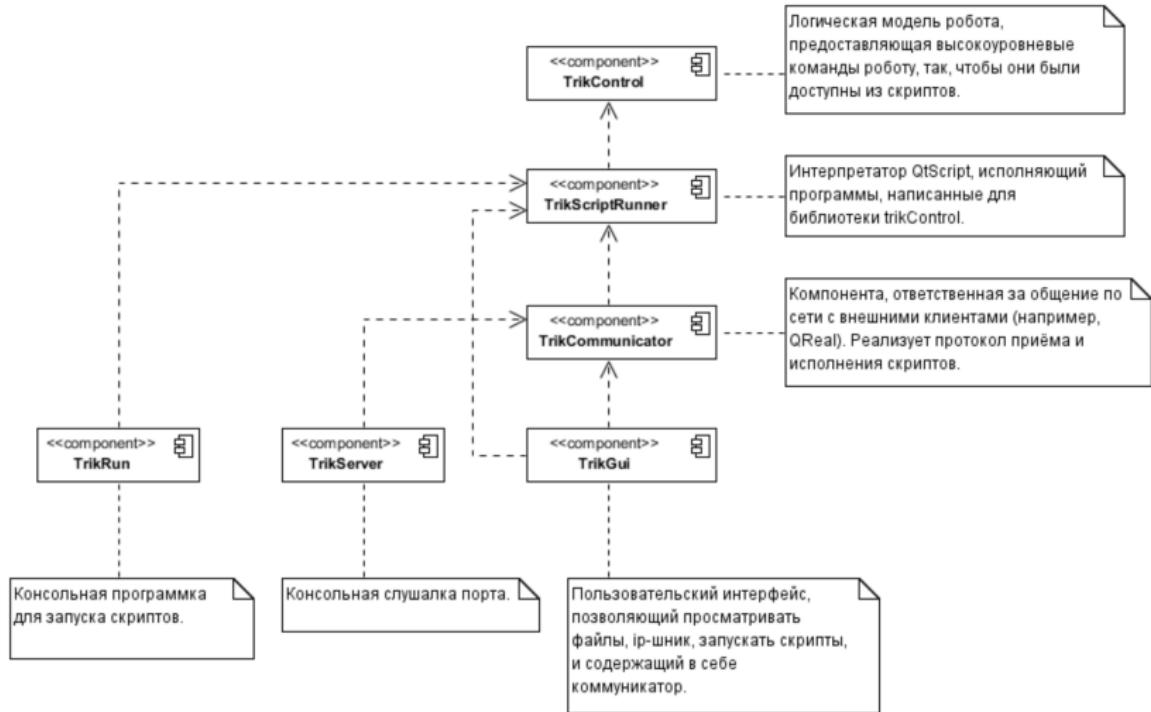


Визуальное моделирование

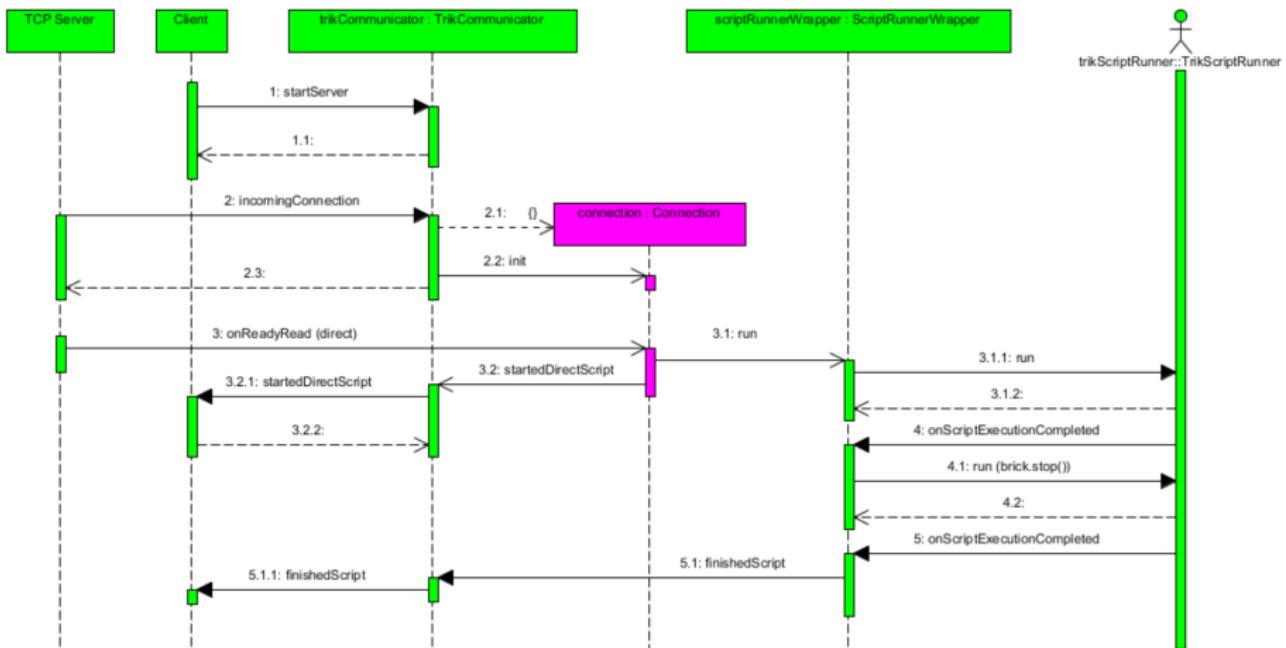
- ▶ Не ставит своей целью получить работающую программу
- ▶ Модель проще, чем нужно исполнителю
- ▶ Модель даже для сложной системы обозрима
- ▶ Система описывается с разных дополняющих друг друга точек зрения
 - ▶ При этом описание системы остаётся целостным, визуальная модель — это не просто картинка
- ▶ Модели можно анализировать до реализации
- ▶ Могут быть сгенерированы заглушки классов и иногда даже реализации методов



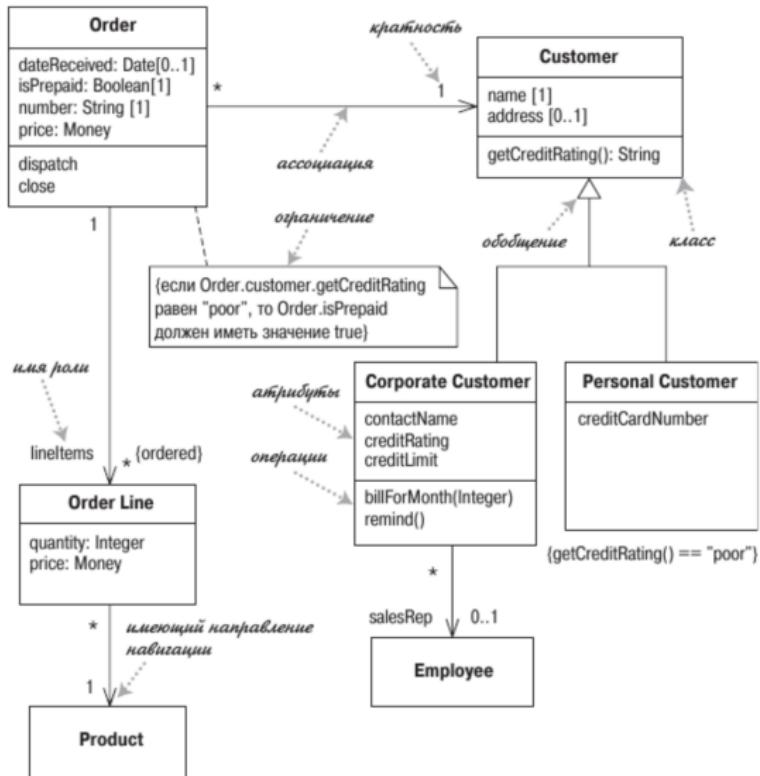
Пример высокоуровневой модели (UML)



Ещё пример (UML)



UML, диаграммы классов



Предметно-ориентированное моделирование

- ▶ Специальные языки и инструменты для конкретной задачи или группы похожих задач
- ▶ Благодаря узости предметной области можно генерировать полностью работающую программу по диаграмме
 - ▶ Зато оно работает только для этой предметной области
- ▶ Могут программировать даже непрограммисты

Пример: TRIK Studio

- ▶ Среда программирования роботов
- ▶ Программа — набор элементарных команд
 - ▶ Исполняются на реальном роботе по WiFi, Bluetooth, USB
 - ▶ Генерируются в код на текстовом языке и загружаются на робот
 - ▶ Исполняются на двумерной модели
- ▶ Можно программировать только роботы
- ▶ Могут программировать даже дети, не умеющие ещё читать

