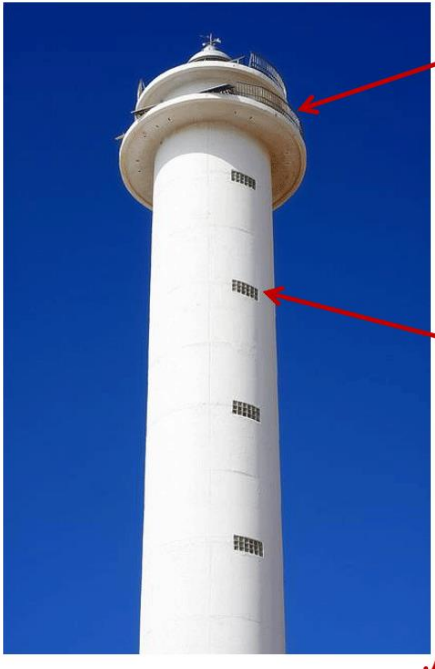

Lisp programmers
Haskell programmers
F#/OCaml programmers
Visual Basic programmers

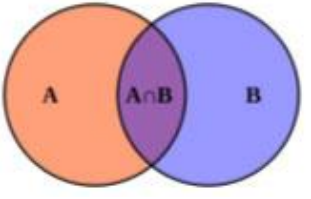
Многие люди представляют функциональное программирование как нечто очень сложное и «наукоемкое», а представителей ФП-сообщества – эстетствующими философами, живущими в башне из слоновой кости.

OO pattern/principle	**FP equivalent**
• Single Responsibility Principle	• Functions
• Open/Closed principle	• Functions
• Dependency Inversion Principle	• Functions, also
• Interface Segregation Principle	• Functions
• Factory pattern	• You will be assimilated!
• Strategy pattern	• Functions again
• Decorator pattern	• Functions
• Visitor pattern	• Resistance is futile!

Seriously, FP patterns are different

Основные принципы функционального проектирования (дизайна)

Function



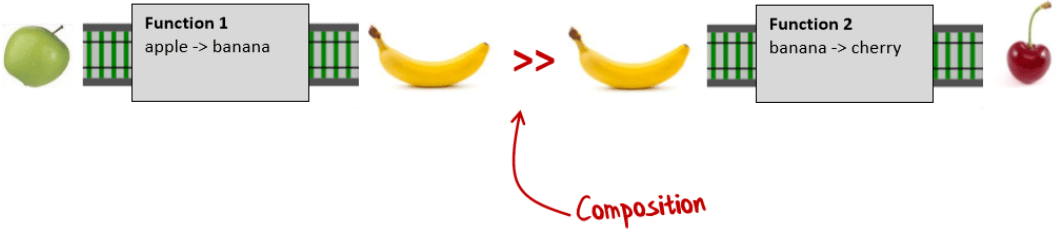
Функции как объекты первого класса

В отличие от «классического» ООП (первые версии C++, C#, Java) функции в ФП представляют собой самостоятельные объекты и не должны принадлежать какому-либо классу. Удобно представлять функцию как волшебный железнодорожный тоннель: подаете на вход яблоки, а на выходе получаете бананы `(apple -> banana)`.

Синтаксис F# подчеркивает, что функции и значения равны в правах:

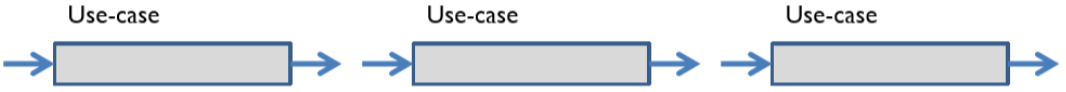
```
let z = 1
let add = x + y // int -> int ->int
```

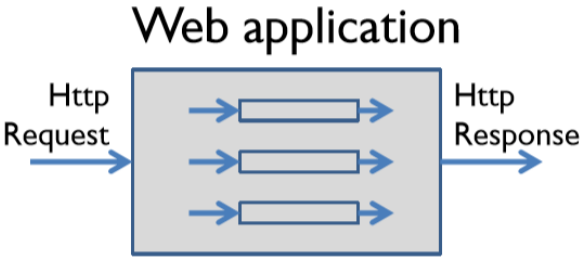
Композиция как основной «строительный материал»



Если у нас есть две функции, одна преобразующая яблоки в бананы `(apple -> banana)`, а другая бананы в вишни `(banana -> cherry)`, объединив их мы получим функции преобразования яблок в вишни `(apple -> cherry)`. С точки зрения программиста нет разницы получена эта функция с помощью композиции или написана вручную, главное – ее сигнатура.

Композиция применима как на уровне совсем небольших функций, так и на уровне целого приложения. Вы можете представить бизнес-процесс, как цепочку вариантов использования (use case) и скомпоновать их в функцию `httpRequest -> httpResponse`. Конечно это возможно только для синхронных операций, но для асинхронных есть реактивное функциональное программирование, позволяющее сделать тоже самое.

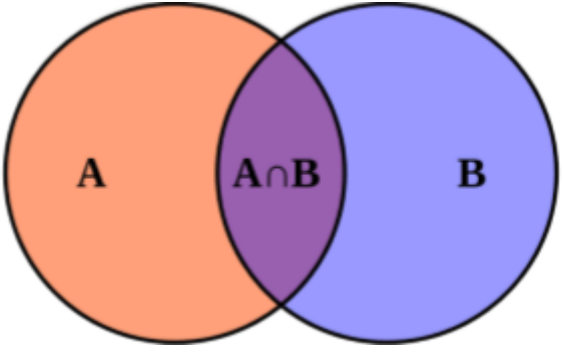




"Composition is fractal"

Можно представлять себе композицию функций как фрактал. Определение фрактала в строгом смысле не совпадает с определением композиции. Представляя фрактал вы можете визуализировать как ваш control flow состоит из скомпонованных функций, состоящих из скомпонованных функций, состоящих из…
Шаблон компоновщик (Composite) в ООП тоже можно представлять себе «фракталом», но компоновщик работает со структурами данных, а не преобразованиями.

Типы != классы



У системы типов в ФП больше общего с теорией множеств, чем с классами из ООП. `int` – это тип. Но тип не обязательно должен быть примитивом. `Customer` – это тоже тип. Функции могут принимать на вход и возвращать функции. `int -> int` – тоже тип. Так что «тип» — это название для некоторого множества.

Типы тоже можно компоновать. Большая часть функциональных ЯП работает с алгебраической системой типов, отличающейся от системы классов в ООП.

Перемножение (логическое «и», record type в F#)

На первый взгляд это может показаться странным, однако в этом есть смысл. Если взять множество людей и множество дат, «перемножив» их мы получим множество дней рождений.

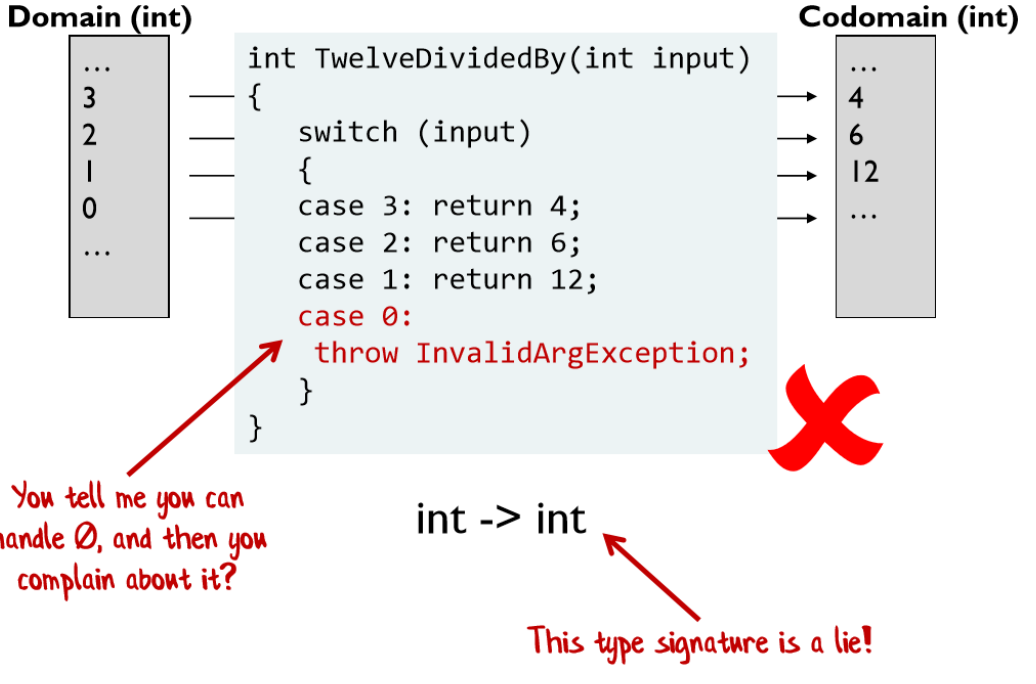
```
type Birthday = Person * Date
```

Сложение (логическое «или», discriminated union type в F#)

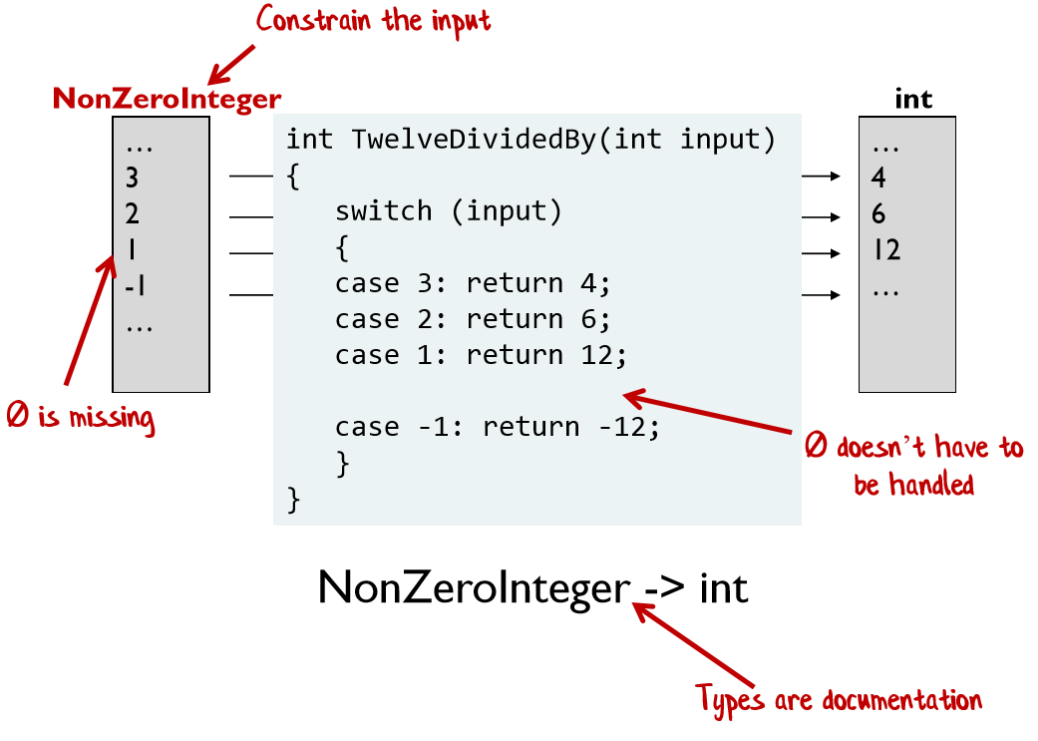
```
type PaymentMethod =
| Cash
| Cheque of ChequeNumber
| Card of CardType * CardNumber
```

Discriminated union – сложное название. Проще представлять себе этот тип как выбор. Например, вы можете на выбор оплатить товар наличными, банковским переводом или с помощью кредитной карты. Между этими вариантами нет ничего общего, кроме того, все они являются способом оплаты.
Однажды нам пригодились «объединения» для моделирования предметной модели. Entity Framework умеет работать с такими типами из коробки, нужно лишь добавить id.

Стремление к «полноте»

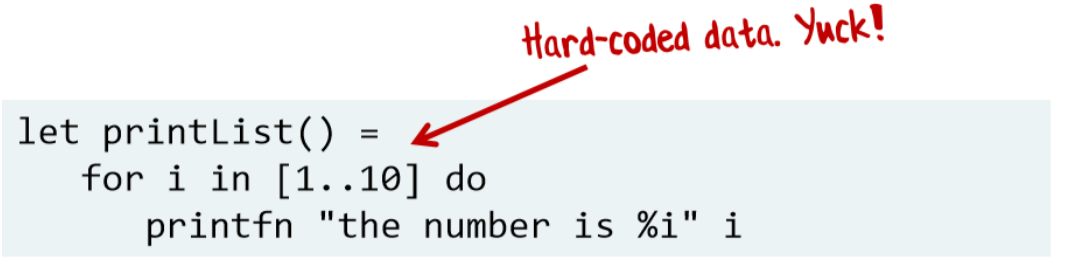


Давайте рассмотрим функцию «разделить 12 на». Ее сигнатура `int -> int` и это ложь! Если мы подадим на вход 0, функция выбросит исключение. Вместо этого мы можем заменить сигнатуру на `NonZeroInteger -> int` или на `int -> int option`.


Constrain the input
NonZeroInteger
...
3
2
1
-1
...
int TwelveDividedBy(int input)
{
switch (input)
{
case 3: return 4;
case 2: return 6;
case 1: return 12;
case -1: return -12;
}
}
int
...
4
6
12
...
0 is missing
0 doesn't have to be handled
NonZeroInteger -> int
Types are documentation

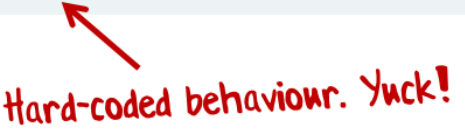
ФП подталкивает вас к более строгому и полному описанию сигнатур функций. Если функции не выбрасывают исключений вы можете использовать сигнатуру и систему типов в качестве документации. Вы также можете использовать систему типов для создания предметной модели (Domain Model) и описания бизнес-правил (Business Rules). Таким образом можно гарантировать, что операции не допустимые в реальном мире не будут компилироваться в приложении, что дает более надежную защиту, чем модульные тесты. Подробнее об этом подходе вы можете прочитать в отдельной статье.

Функции в качестве аргументов



Хардкодить данные считается дурным тоном в программирование, вместо этого мы передаем их в качестве параметров (аргументов методов). В ФП мы идем дальше. Почему бы не параметризировать и поведение?

```
let printList aList =
    for i in aList do
        printfn "the number is %i" i
```



Вместо функции с одним аргументом опишем функцию с двумя. Теперь не важно, что это за список и куда мы выводим данные (на консоль или в лог).

```
let printList anAction aList =
    for i in aList do
        anAction i
```

Пойдем дальше. Рассмотрим императивный пример на C#. Очевидно, что в данном коде присутствует дублирование (одинаковые циклы). Для того чтобы устранить дублирование нужно выделить общее и выделить общее в функцию:

```
public static int Product(int n)
{
    int product = 1; // инициализация
    for (int i = 1; i <= n; i++) // цикл
    {
        product *= i; // действие
    }

    return product; // возвращаемое значение
}

public static int Sum(int n)
{
    int sum = 0; // инициализация
    for (int i = 1; i <= n; i++) // цикл
    {
        sum += i;
    }

    return sum; // возвращаемое значение
}
```

В F# для работы с последовательностями уже есть функция fold:

```
let product n =
    let initialValue = 1
    let action productSoFar x = productSoFar * x

[1..n] |> List.fold action initialValue

let sum n =
    let initialValue = 0
    let action sumSoFar x = sumSoFar+x

[1..n] |> List.fold action initialValue
```

Но, позвольте, в C# есть `Aggregate`, который делает тоже самое! Поздравляю, LINQ написан в функциональном стиле :)
Рекомендую цикл статей Эрика Липперта о монадах в C#. С десятой части начинается объяснение «монадической» природы `SelectMany`

Функции в качестве интерфейсов

Допустим у нас есть интерфейс.

```
interface IBunchOfStuff
{
    int DoSomething(int x);
    string DoSomethingElse(int x); // один интерфейс - одно дело
    void DoAThirdThing(string x); // нужно разделить
}
```

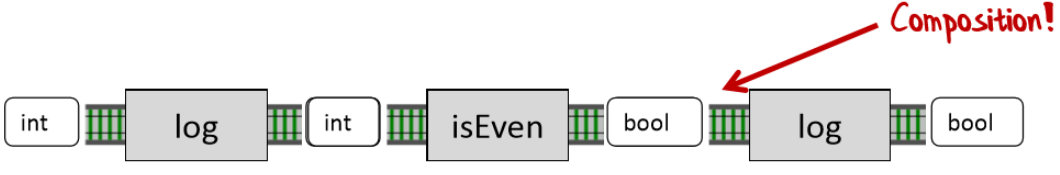
Если взять SRP и ISP и возвести их в абсолют все интерфейсы будут содержать только одну функцию.

```
interface IBunchOfStuff
{
    int DoSomething(int x);
}
```

Тогда это просто функция `int -> int`. В F# не нужно объявлять интерфейс, чтобы сделать функции взаимозаменяемыми, они взаимозаменяемы «из коробки» просто по своей сигнатуре. Таким образом паттерн «стратегия» реализуется простой передачей функции в качестве аргумента другой функции:

```
let DoSomethingWithStuff strategy x =
    strategy x
```

Паттерн «декоратор» реализуется с помощью композиции функций




```
let isEvenWithLogging = log >> isEven >> log  // int -> bool
```

Здесь для простоты изложения опускаются вопросы семантики. При моделировании реальных предметных моделей одной сигнатуры функции не всегда достаточно.

Каррирование и частичное применение

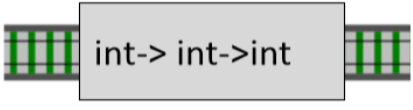
Итак, использую одну только композицию мы можем проектировать целые приложения. Плохие новости: композиция работает только с функциями от **одного параметра**. Хорошие новости: в ФП **все функции** являются функциями от одного параметра.

Normal (Two parameters)

```
let add x y = x + y
```

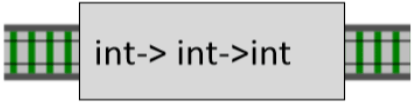
As a thing
(No parameters)

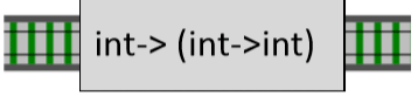
```
let add = (fun x y -> x + y)
```



One parameter

```
let add x = (fun y -> x + y)
```





Обратите внимание, сигнатура `int -> int -> int` не содержит скобок не случайно. Можно воспринимать сложение, как функцию от двух аргументов типа `int`, возвращающую значение типа `int` или как функцию от одного аргумента, возвращающую *функциональный* тип `int -> int`. Возвращаемая функция будет называться сумматор по основанию n, где n — число переданное аргументом в первую функцию. Повторив эту операцию рекурсивно можно функцию от любого числа аргументов преобразовать в функции от одного аргумента.

Такие преобразования возможны не только для компилируемых функций в программировании, но и для математических функций. Возможность такого преобразования впервые отмечена в трудах Готтлоба Фреге, систематически изучена Моисеем Шейнфинкелем в 1920-е годы, а наименование получило по имени Хаскелла Карри — разработчика комбинаторной логики, в которой сведение к функциям одного аргумента носит основополагающий характер.

Возможность преобразования функций от многих аргументов к функции от одного аргумента естественна для функциональных ЯП, поэтому компилятор не будет против, если вы передадите только одно значения для вычисления суммы.

```
let three = 1 + 2
let three = (+) 1 2
let three = ((+) 1) 2
let add1 = (+) 1
let three = add1 2
```

Это называется частичным применением. В функциональных ЯП частичное применение заменяет принцип инъекции зависимостей (Dependency Injection)

```
// эта функция требует зависимость
let getCustomerFromDatabase connection (customerId:CustomerId) =
    from connection
    select customer
    where customerId = customerId

// а эта уже нет
let getCustomer1 = getCustomerFromDatabase myConnection
```

Продолжения (continuations)

Зачастую решения, закладываемые в реализацию, оказываются не достаточно гибкими. Вернемся к примеру с делением. Кто сказал, что мы хотим, чтобы функция выбрасывала исключения? Может быть мне лучше подойдет «особый случай»

```
int Divide(int top, int bottom)
{
    if (bottom == 0)
    {
        // кто решил, что нужно выбросить исключение?
        throw new InvalidOperationException("div by 0");
    }
    else
    {
        return top/bottom;
    }
}
```

Вместо того, чтобы решать за пользователя, мы можем предоставить решение ему:

```
void Divide(int top, int bottom, Action ifZero, Action<int> ifSuccess)
{
    if (bottom == 0)
    {
        ifZero();
    }
    else
    {
        ifSuccess( top/bottom );
     }
}
```

Если вы когда-нибудь писали асинхронный код, то наверняка знакомы с «пирамидой погибели» (Pyramid Of Doom)

```
let example input =
    let x = doSomething input
    if x <> null then
        let y = doSomethingElse x
        if y <> null then
            let z = doAThirdThing y
            if z <> null then
                let result = z
                result
            else
                null
        else
            null
    else
        null
```

Nulls are a code smell:
replace with Option!

Продолжения позволяют исправить этот код и избавиться от уровней вложенности. Для этого необходимо инкапуслировать условный переход в функцию:

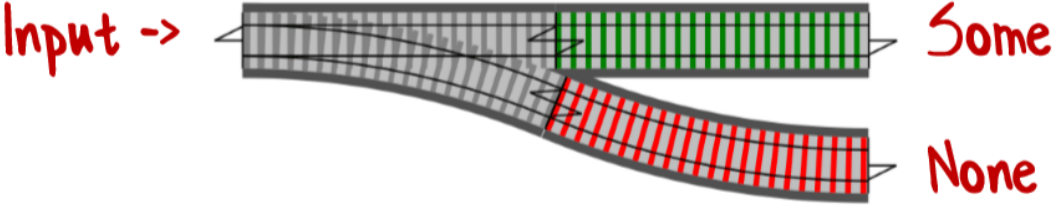
```
let ifSomeDo f opt =
    if opt.IsSome then
        f opt.Value
    else
        None
```

И переписать код, используя продолжения

```
let example input =
    doSomething input
    |> ifSomeDo doSomethingElse
    |> ifSomeDo doAThirdThing
    |> ifSomeDo (fun z -> Some z)
```

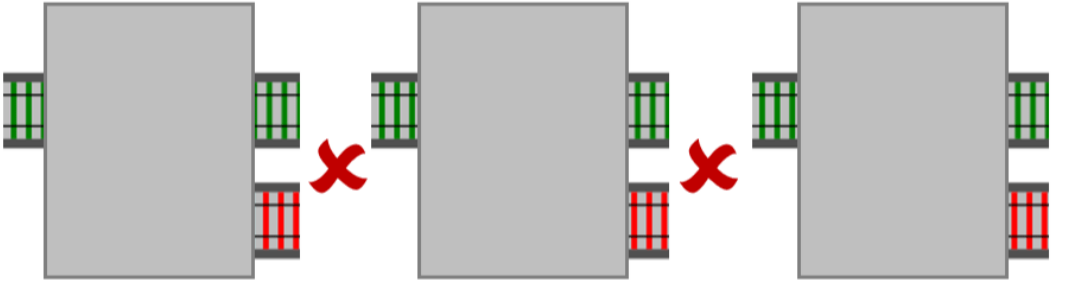
Монады

Монады – это одно из «страшных» слов ФП. В первую очередь, из-за того, что обычно объяснения начинаются с теории категорий. Во вторую — из-за того что «монада» — это очень абстрактное понятие, не имеющее прямой аналогии с объектами реального мира. Я большой сторонник подхода «от частного к общему». Поняв практическую пользу на конкретном примере проще двигаться дальше к более полному и абстрактному определению.

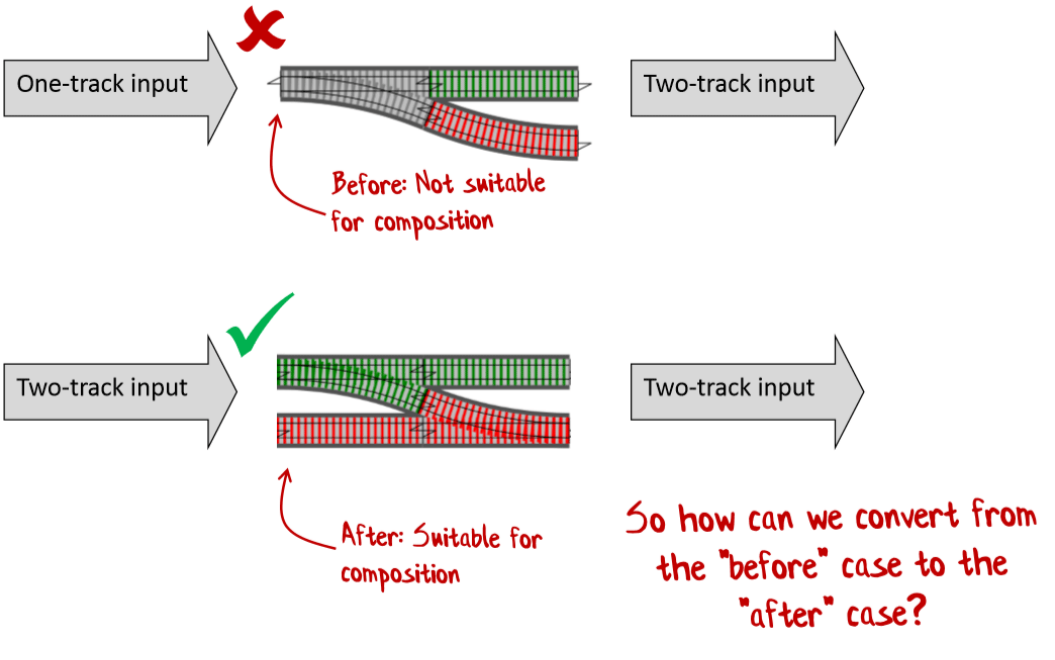


Зная о «продолжениях», вернемся к аналогии с рельсами и тоннелем. Функцию, в которую передаются аргумент и два «продолжения» можно представить как развилку.

Но такие функции не компонуются :(



На помощь приходит функция `bind`



```
let bind nextFunction optionInput =
    match optionInput with
    // передаем результат выполнения предыдущей функции в случае успеха
    | Some s -> nextFunction s
    // или просто пробрасываем значение None дальше
    | None -> None
```

Код пирамиды погибели может быть переписан с помощью `bind`

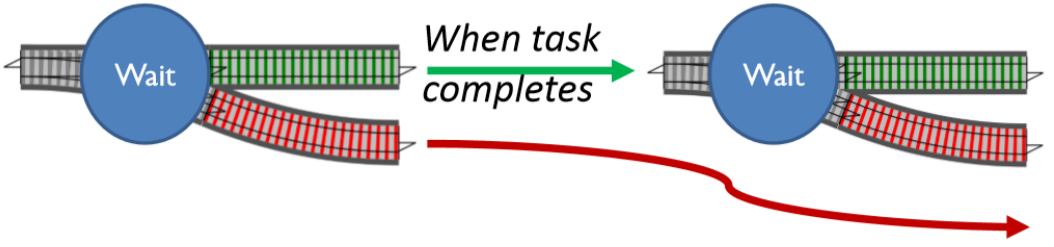
```
// было
let example input =
    let x = doSomething input
    if x.IsSome then
        let y = doSomethingElse (x.Value)
        if y.IsSome then
            let z = doAThirdThing (y.Value)
            if z.IsSome then
                let result = z.Value
                Some result
            else
               None
        else
            None
    else
        None
```

```
// стало
let bind f opt =
    match opt with
        | Some v -> f v
        | None -> None

let example input =
    doSomething input
        |> bind doSomethingElse
        |> bind doAThirdThing
        |> bind (fun z -> Some z)
```

Кстати, это называется «monadic bind». Скажите своим друзьям, любителям хаскеля, что вы знаете, что такое «monadic bind» и вас примут в тайное общество:)

Bind можно использовать для сцепления асинхронных операций (промисы в JS устроены именно так)


Wait
When task
completes
Wait

Bind для обработки ошибок

Если у вас появилось смутное ощущение, что дальше идет описание монады `Either`, так оно и есть

Рассмотрим код на C#. Он выглядит достаточно хорошо: все кратко и понятно. Однако в нем отсутствует обработка ошибок. Действительно, что может пойти не так?

```
string UpdateCustomerWithErrorHandling()
{
    var request = receiveRequest();
    validateRequest(request);
    canonicalizeEmail(request);
    db.updateDbFromRequest(request);
    smtpServer.sendEmail(request.Email)
    return "OK";
}
```

Мы все знаем, что обрабатывать ошибки нужно. Добавим обработку.

```
string UpdateCustomerWithErrorHandling()
{
    var request = receiveRequest();
    var isValidated = validateRequest(request);
    if (!isValidated)
    {
        return "Request is not valid"
    }

    canonicalizeEmail(request);
    try
    {
         var result = db.updateDbFromRequest(request);
         if (!result)
        {
           return "Customer record not found"
        }
    }
    catch
    {
        return "DB error: Customer record not updated"
    }
```

```
    if (!smtpServer.sendEmail(request.Email))
    {
        log.Error "Customer email not sent"
    }

    return "OK";
}
```

Вместо шести понятных теперь 18 не понятных строчек. Это 200% дополнительных строчек кода. Кроме того, линейная логика метода теперь зашумлена ветвлениями и ранними выходами.

С помощью `bind` можно абстрагировать логику обработки ошибок. Вот так будет выглядеть метод без обработки ошибок, если его переписать на F#:

Before

```
let updateCustomer =
  receiveRequest
  |> validateRequest
  |> canonicalizeEmail
  |> updateDbFromRequest
  |> sendEmail
  |> returnMessage
```

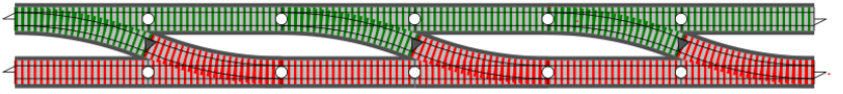
One track

А вот этот код но уже **с обработкой ошибок**:

After

```
let updateCustomerWithErrorHandling =
  receiveRequest
  |> validateRequest
  |> canonicalizeEmail
  |> updateDbFromRequest
  |> sendEmail
  |> returnMessage
```

Two track



Более подробно эта тема раскрыта в [отдельном докладе](#).

Функторы

Мне не очень понравилось описание функторов у Скотта. Прочитайте лучше статью «Функторы, аппликативные функторы и монады в картинках»

Моноиды

К сожалению, для объяснения моноидов не подходят простые аналогии.

Приготовьтесь к математике.

Я предупредил, итак, математика

- $1 + 2 = 3$
- $1 + (2 + 3) = (1 + 2) + 3$
- $1 + 0 = 1$
  $0 + 1 = 1$

И еще немного

- $2 * 3 = 6$
- $2 * (3 * 4) = (2 * 3) * 4$
- $1 * 2 = 2$
  $2 * 1 = 2$

Что общего между этими примерами?

1. Есть некоторые объекты, в данном случае числа, и способ их взаимодействия. Причем результат взаимодействия — это тоже число (замкнутость).
2. Порядок взаимодействия не важен (ассоциативность).
3. Кроме того, есть некоторый специальный элемент, взаимодействие с которым не меняет исходный объект (нейтральный элемент).

За более строгим определением обратитесь к [википедии](). В рамках статьи обсуждается лишь несколько примеров применения моноидов на практике.

Замкнутость

Дает возможность перейти от попарных операций к операциям на списках

```
1 * 2 * 3 * 4
[ 1; 2; 3; 4 ] |> List.reduce (*)
```

Ассоциативность

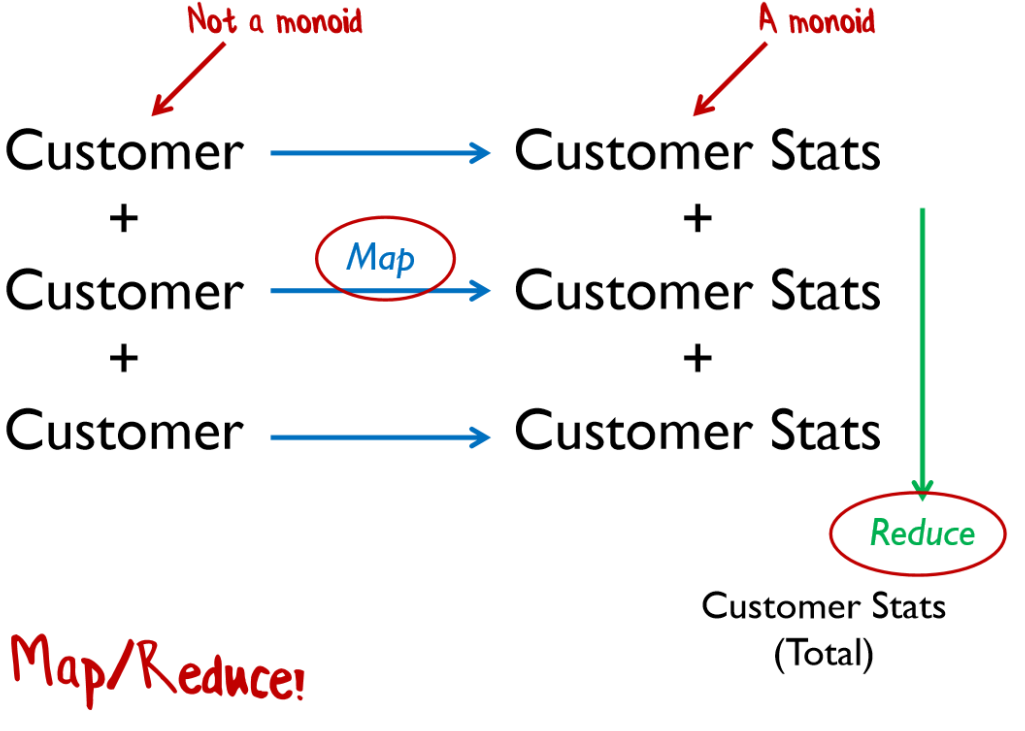
Применение принципа «разделяй и властвуй», «халявная» параллелизация. Если у нашего процессора 2 ядра и нам нужно рассчитать значение `1 + 2 + 3 + 4`. Мы можем вычислить `1 + 2` на первом ядре, а `3 + 4` — на втором, а результат сложить. Больше последовательных вычислений — больше ядер.

Нейтральный элемент

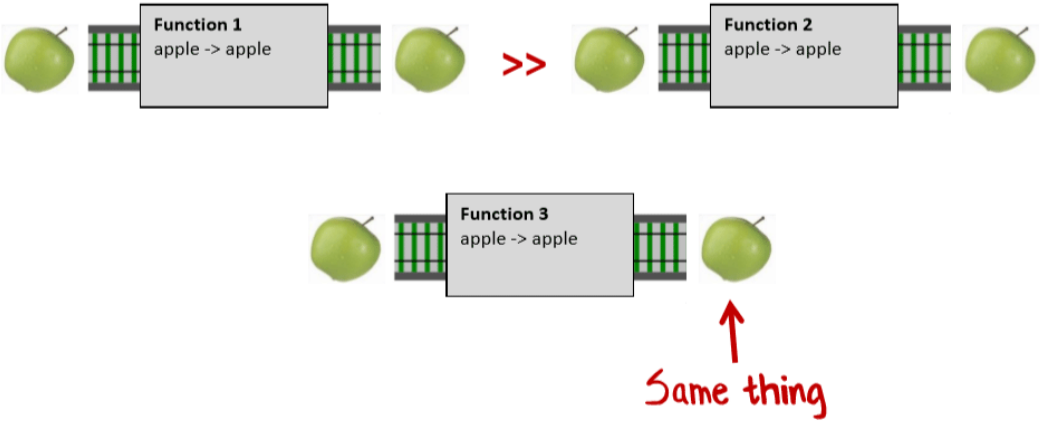
С `reduce` есть несколько проблем: что делать с пустыми списками? Что делать, если у нас нечетное количество элементов? Правильно, добавить в список нейтральный элемент.
Кстати, в математике часто встречается определение моноида как полугруппы с нейтральным элементом. Если нейтральный элемент отсутствует, то можно попробовать его доопределить, чтобы воспользоваться преимуществами моноида.

Map / Reduce

Если ваши объекты — не моноиды, попробуйте преобразовать их. Знаменитая модель распределенных вычислений Google — не более чем эксплуатация моноидов.

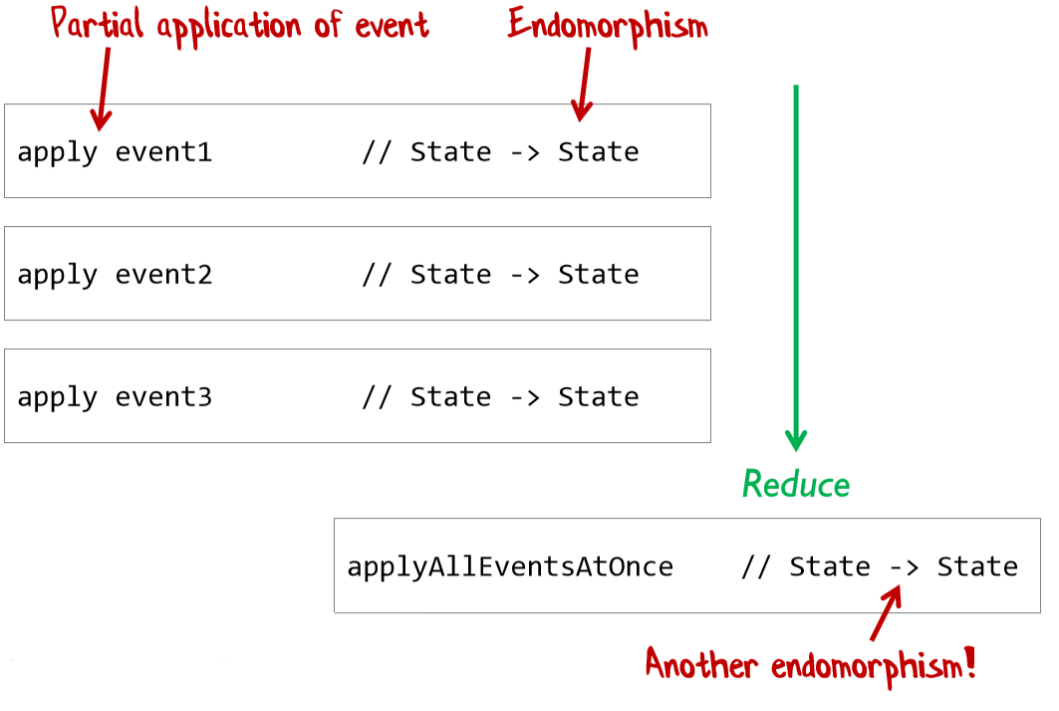

Not a monoid
A monoid
Customer
+
Customer
+
Customer
Map
Customer Stats
+
Customer Stats
+
Customer Stats
Reduce
Customer Stats
(Total)
Map/Reduce!

Эндоморфизмы



Функции с одинаковым типом входного и выходного значения являются моноидами и имеют специальное название — «эндоморфизмы» (название заимствовано из теории категорий). Что более важно, функции, содержащие эндоморфизмы могут быть преобразованы к эндоморфизмам с помощью частичного применения.

Грег Янг открыто заявляет, что Event Sourcing — это просто функциональный код. Flux и unidirectional data flow, кстати тоже.


Partial application of event
Endomorphism
apply event1 // State -> State
apply event2 // State -> State
apply event3 // State -> State
Reduce
applyAllEventsAtOnce // State -> State
Another endomorphism!

Монады VS моноиды

Монады являются моноидами, ведь как известно, монада — это всего лишь моноид в категории эндофункторов, а монадические законы — не более чем определение моноида в контексте продолжений.
Кстати, бастион ООП — GOF тоже содержит монады. Паттерн «интерпретатор» — это так называемая свободная монада.