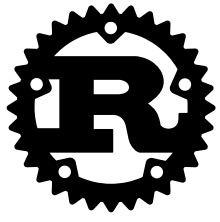
Rust 2019

compscicenter.ru

aleksey.kladov@gmail.com



Лекция 9
Умные Указатели, static

const

const

```
#[derive(Debug)]
struct Color {
    r: u8, g: u8, b: u8
}

const BLACK: Color = Color { r: !0, g: !0, b: !0 };

fn main() {
    println!("men in {:?}", BLACK)
}
```

const — конструкция верхнего уровня

Тип нужно указывать явно

const

Байты `const` находятся в `.text` (неизменяемой) секции исполняемого файла

Константа вычисляется во время компиляции

Можно использовать арифметику, литералы, простые выражения и `const fn` функции

```
impl<T> Cell<T> {
    pub const fn new(value: T) -> Cell<T> {
        Cell {
            value: UnsafeCell::new(value),
        }
    }
```

match

Константы можно использовать в **`match`**:

```
fn foo(x: i32) {
    const ZERO: i32 = 0;

    match x {
        ZERO => println!("zero"), (1)
        other => println!("other: {}", other), (2)
    }
}
```

(1) сравнили x с нулём

(2) записали x в `other`

Семантика зависит от наличия константы в области видимости

const можно использовать в **impl**:

```
trait Tagged {
    const TAG: &'static str;
}

struct Foo;
impl Tagged for Foo { const TAG: &'static str = "Foo"; }

struct Bar;
impl Tagged for Bar { const TAG: &'static str = "Bar"; }


fn by_tag(tag: &str) {
    match tag {
        Foo::TAG => println!("foo"),
        Bar::TAG => println!("bar"),
        _ => panic!("unknown tag: {:?}", tag)
    }
}
```

Области Видимости

Видимость

Константы (как и любые конструкции верхнего уровня) можно объявлять внутри блока

Для них создаётся невидимый модуль, порядок объявления не важен

```
fn main() {
    println!("π/2 = {}", FRAC_PI_2);

    const PI: f32 = 3.1415926;
    const FRAC_PI_2: f32 = PI / 2.0;
}
```

Локальные Функции

Функцию тоже можно объявить внутри блока, но она не будет замыканием:

```
fn fib(n: usize) -> usize {
    let mut cache = vec![0; n + 1];
    return fib_memo(&mut cache, n);

    fn fib_memo(cache: &mut Vec<usize>, n: usize) -> usize {
        if n == 0 || n == 1 {
            return 1;
        }
        if cache[n] == 0 {
            cache[n] =
                fib_memo(cache, n - 1) + fib_memo(cache, n - 2);
        }
        cache[n]
    }
}
```

Локальный Мир

Модули тоже можно объявлять локально:

```
fn main() {
    mod m {
        pub(super) fn hello() {
            println!("Hello, world!");
        }
    }
    m::hello();
}
```

Пространства имён

В Rust есть два непересекающихся пространства имён (a-la Lips-2): "типы" и "значения":

```
const FOO: i32 = 92;  // value
type FOO = ();        // type

struct Bar { f: u32 }    // type
fn Bar(f: u32) -> Bar  { // value
    Bar { f }
}

mod m {}  // type
fn m() {} // value
```

На практике коллизий мало, из-за разных соглашений об именовании

Пространства имён

Unit и tuple структуры рассахариваются в определение типа и функции/константы

```
struct S; (1)

struct T(u32, i32); (2)
```

(1) создали тип `S` и `const S: S`

(2) создали тип `T` и `fn T(_0: u32, _1: i32) -> T`

`None` — константа типа `Option<T>`

`Some` — функция типа `fn(T) -> Option<T>`

'static

'static

На константы можно брать ссылку

вж — `'static`, больше любого другого времени жизни

```
const X: i32 = 92;
const R: &'static i32 = &X;

fn foo(x: &i32) {
    println!("{}", x);
}

fn main() {
    foo(R);
}
```

Lifetime Elision

В константах работает lifetime elision, результат — `'static`

```
const WORDS: &[&str] = &[
    "hello",
    "world",
];
```

Тип строкового литерала — `&'static str`

Тип байтового литерала — `&'static [u8; _]`

```
const HELLO: [u8; 5] = *b"hello";
const HELLO_2: [u8; 5] = [104, 101, 108, 108, 111];

fn main() {
    assert_eq!(HELLO, HELLO_2);
}
```

Строковые литералы

```
 "hello": &'static str     // байты в utf-8
b"hello": &'static [u8; 5] // байты в ASCII

 'a': char  // 32 бита
b'a': u8

 "hello\nworld"     // обычное экранирование через \
 "hello
world"             // многострочный литерал

 "hello \           // \ убирает \n и пробелы после него
  world"

r"hello\nworld"     // сырой литерал, \ это \

r###"raw literal with "## inside!"###
```

[]

У [] тип &'static [], пустые слайсы можно извлекать из воздуха

```
fn as_slice<'a>(xs: Option<&'a Vec<i32>>) -> &'a [i32] {
    match xs {
        Some(xs) => xs.as_slice(),
        None => &[],
    }
}
```

Box::leak

Ещё один способ получить вж `'static` это пообещать, что память никогда не будет освобождена

```
impl<T> Box<T> {
    pub fn into_raw(b: Box<T>) -> *mut T { ... }
    pub unsafe fn from_raw(raw: *mut T) -> Self { ... }

    pub fn leak<'a>(b: Box<T>) -> &'a mut T
    {
        unsafe { &mut *Box::into_raw(b) }
    }
}
```

- после вызова `into_raw` память не будет освобождена
- можно получить **любое** вж (но `'static` — самый интересный случай)

dyn T + 'static

У **dyn** T типов тоже есть lifetime:

```
type Callback<'a> = Box<dyn Fn() + 'a>;

fn main() {
    let f: Callback<'static> =
        Box::new(|| println!("hello"));

    let x = 92;
    let g: Callback<'_> =
        Box::new(|| println!("x = {}", x));
}
```

- `Box<dyn T>` == `Box<dyn T + 'static>`
- `&'a dyn T` == `&'a (dyn T + 'a)`
- **dyn** T == **dyn** T +'static

static

static

`const` пишет в .text секцию, **`static`** — в изменяемую .data секцию

```
static COUNTER: usize = 0;

fn main() {
    println!("{}", COUNTER);
}
```

static mut

```
static mut COUNTER: usize = 0;

fn main() {
    COUNTER += 1;                // use of mutable static is unsafe
    println!("{}", COUNTER); // and requires unsafe function
}                                // or block
```

Использовать **`static mut`** так просто нельзя...

static mut

```rust
static mut X: usize = 0;

pub fn sneaky() -> &'static mut usize {
    &mut X
}

fn main() {
    let x1: &mut usize = sneaky();
    let x2: &mut usize = sneaky(); // алиасинг!
}
```

При операциях со **`static mut`**, вызывающий код должен гарантировать, что не создаётся алиасинг

Глобальные переменные доступны всем (`&`)

static + interior mutability

```rust
use std::cell::Cell;

static COUNTER: Cell<usize> = Cell::new(0);

fn main() {
    COUNTER.set(COUNTER.get() + 1);
    println!("{}", COUNTER.get());
}
```

Казалось бы, должно работать: не врём про **`mut`**

Не работает из-за многопоточности

В Rust глобальные переменные имеют *объективные* недостатки

Life Before Main

Так же, как и **`const`**, **`static`** это просто байты в бинарном файле

> **`static`** **можно инициализировать только константой**

В C++, Java, Swift etc глобальную переменную можно инициализировать чем угодно, инициализация происходит при первом обращении или до main

В Rust нет жизни до `main`, ленивую инициализацию надо писать явно (a-la `OnceCell`).

Умные Указатели

Owning Smart Pointers

Умный указатель управляет доступом к ресурсу

`Box<T>` — главный умный указатель, управляет памятью, вызывает `free` в `drop`

`Vec<T>` — тоже умный указатель, `Box` для нескольких значений

`Vec<T>` это не просто коллекция, а стратегия управления памятью

Borrowing Smart Pointers

`cell::Ref<'a, T>` и `cell::RefMut<'a, T>` — умные заимствующие указатели

Оборачивают `&T` / `&mut T` и в `Drop` уменьшают счётчик ссылок на `RefCell<T>`

Deref

Умные указатели реализуют `Deref` / `DerefMut`:

- `impl<T> Deref<Target = [T]> for Vec<T>`
- `impl<T> DerefMut for Vec<T>`
- `impl<'a, T> Deref<Target = T> for Ref<'a, T>`
- …

Паттерн: ассоциированная функция лучше метода

```rust
impl Box<T> {
    fn leak<'a>(b: Box<T>) -> &'a T { ... }
}

fn uppercase(data: &str) -> &'static str {
    // unicode, размер новой строки может быть больше,
    // in-place uppercase не работает
    let data: String = data.to_uppercase();

    // убрали поле capacity
    let data: Box<str> = data.into_boxed_str();

    // Вызвали "метод"
    Box::leak(data)
}
```

Метод мог бы конфликтовать с методом на типе (`pipe.leak()`)

```
impl<'a, T> Ref<'a, T> {
    pub fn map<U, F>(orig: Ref<'a, T>, f: F) -> Ref<'a, U>
    where
        F: FnOnce(&T) -> &U,
        U: ?Sized,
}
```

`Ref::map` — проекция:

```
use std::cell::{RefCell, Ref};

#[derive(Default)]
struct Person { first_name: String, last_name: String }

fn main() {
    let cell = RefCell::new(Person::default());
    let p: Ref<Person> = cell.borrow();
    let first_name: Ref<str> =
        Ref::map(p, |it| it.first_name.as_str());
}
```

std::rc::Rc

`Rc<T>`

Reference **C**ounting owning smart pointer

`Rc` это `Box` с `O(1)` клонированием (`impl<T> Clone for Rc<T>`)

```
use std::rc::Rc;

fn main() {
    let hello1: Rc<String> = Rc::new("hello".to_string());
    let hello2 = Rc::clone(&hello);
}
```

`Rc<T>` реализует `Deref<Target = T>`, но не `DerefMut`: `Rc` разделяется между несколькими владельцами, уникальной ссылки быть не может

std::rc::Rc

Внутри лежит `RcBox`

```
struct RcBox<T: ?Sized> {
    strong: Cell<usize>,
    weak: Cell<usize>,
    value: T,
}
```

- Нужен `Cell`: `clone` получает `&` ссылку, но мы должны увеличить счётчик ссылок.
- Значение и счётчик ссылок всегда аллоцированны вместе ⇒ нет необходимости в `std::make_shared`

std::rc::Rc::make_mut

```
impl<T: Clone> Rc<T> {
    pub  fn make_mut(this: &mut Self) -> &mut T { ... }
}
```

`make_mut` — магический метод, если rc == 1, то возвращаем ссылку на данные, иначе клонируем их

Так как `this: &mut`, то не может быть других `&Rc<T>`

Можно писать неизменяемые структуры данных, поддерживающие in-place модификацию (clone-on-write)

В функциональных языках:

```
insert :: set -> a -> set
```

В Rust:

```
#[derive(Clone)] // O(1)
struct Set<T> { /* Rc */ }

impl<T: Clone> Set<T> {
    fn insert(&mut self, value: T) { ... }
}
```

- из-за `&mut Vec` так же надёжен, как и cons-list
- можно менять `std::Vec` на `im::Vector` без изменения API!
- http://smallcultfollowing.com/babysteps/blog/2018/02/01/in-rust-ordinary-vectors-are-values/
- https://docs.rs/im/

std::borrow::Cow

Cow хранит либо ссылку с вж 'a, либо значение:

```
pub enum Cow<'a, B>
where
    B: ToOwned + ?Sized + 'a,
{
    Borrowed(&'a B),
    Owned(<B as ToOwned>::Owned),
}

pub trait ToOwned {
    type Owned: Borrow<Self>;

    fn to_owned(&self) -> Self::Owned;
}

pub trait Borrow<Borrowed: ?Sized> {
    fn borrow(&self) -> &Borrowed;
}
```

ToOwned

`X: Borrow<Y>` — из X можно получить &Y, согласованную по `Eq`, `Hash`, `Ord`

`ToOwned` — противоположность `Borrow`, из ссылки получаем значение

```
impl ToOwned for str {
    type Owned = String;
}

impl<T: Clone> ToOwned for [T] {
    type Owned = Vec<T>;
}
```

Cow

```rust
use std::borrow::Cow;

fn to_lowercase<'a>(s: &'a str) -> Cow<'a, str> {
    if s.chars().all(char::is_lowercase) {
        Cow::Borrowed(s)
    } else {
        Cow::Owned(s.to_lowercase())
    }
}
```

Если `s` и так в нижнем регистре — экономим аллокацию

```rust
pub fn search_case_insensitive(s: &str) -> bool {
    let s: String = s.to_lowercase(); // аллоцируем всегда
    search_lowercased(&s);
}

fn search_lowercased(s: &str) -> bool {
    ...
}
```

Хотим написать поиск без учёта регистра. Для этого приводим и данные, и паттерн в нижний регистр

```rust
pub fn search_case_insensitive(s: &str) -> bool {
    let s: &str = if is_lowercase(s) {
        s
    } else {
        &s.to_lowercase() // ссылка на локальную переменную
    };
    search_lowercased(&s);
}

fn search_lowercased(s: &str) -> bool {
    ...
}
```

```rust
pub fn search_case_insensitive(s: &str) -> bool {
    if is_lowercase(s) {
        search_lowercased(s) // немного дублирования
    } else {
        search_lowercased(&s.to_lowercase())
    }
}

fn search_lowercased(s: &str) -> bool {
    ...
}
```

```rust
pub fn search_case_insensitive(s: &str) -> bool {
    let s: Cow<str> = to_lowercase(s); // нет аллокации
    search_lowercased(&*s); // runtime проверка варианта при Deref
}

fn search_lowercased(s: &str) -> bool {
    ...
}
```

```rust
pub fn search_case_insensitive(s: &str) -> bool {
    let lowercased: String;
    let s: &str = if is_lowercase(s) {
        s
    } else {
        lowercased = s.to_lowercase();
        &lowercased
    };
    search_lowercased(&s);
}

fn search_lowercased(s: &str) -> bool {
    ...
}
```

Всегда можно расширить время жизни локальной переменной до всей функции, не обязательно её инициализировать