Dr Dinu Dragan

PARALELNE I DISTRIBUIRANE ARHITEKTURE I JEZICI (ČAS 5)

ŠTA RADIMO DANAS?

- Strukture
- Enumeracija

STRUKTURE

STRUKTURE

- Strukture se u Rust programskom jeziku grade pomoću **struct** naredbe
- Služe za definisanje „novih“ tipova
- Mogu da imaju asocirane funkcije za rad sa pojedinačnim elementima
- Liče na strukture u C/C++ jeziku
- Podržane su tri vrste struktura u Rust jeziku:
  - **named-field**, struktura sa imenovanim poljima,
  - **tuple-like**, struktura sa anonimnim poljima,
  - **unit-like**, struktura koja nema polja.

NAMED-FIELD STRUKTURE

- Vrsta Rust Strukture koja najviše liči na ono što očekujemo od strukture:

```
/// A rectangle of eight-bit grayscale pixels.
struct GrayscaleMap {
    pixels: Vec<u8>,
    size: (usize, usize)
}
```

- Konvencija u Rust-u je da svi tipovi, uključujući strukture, imaju imena koja počinju velikim slovom svake reči, kao što je **GrayscaleMap** (kamilja notacija)
- Polja i metode su malim slovima, sa rečima odvojenim donjom crtom (notacija u obliku zmije)

NAMED-FIELD STRUKTURE

- Sama instanca strukture se kasnije pravi na sledeći način:

```
let width = 1024;
let height = 576;
let image = GrayscaleMap {
    pixels: vec![0; width * height],
    size: (width, height)
};
```

- Ovo se naziva strukt-izrazom (**structure expression**)
- Mora stojati naziv strukture a unutar vitičastih zagrada lista svih polja (njihovih naziva) i vrednosti koje se dodeljuju tim poljima
- Polja se mogu popuniti i u skraćenom obliku:

```
fn new_map(size: (usize, usize), pixels: Vec<u8>) -> GrayscaleMap {
    assert_eq!(pixels.len(), size.0 * size.1);
    GrayscaleMap { pixels, size }
}
```

NAMED-FIELD STRUKTURE

- **GrayscaleMap { pixels, size }** je skraćeno od **GrayscaleMap { pixels: pixels, size: size }**
- Pojedinačnim elementima strukture se pristupa preko **operatora .**

```
assert_eq!(image.size, (1024, 576));
assert_eq!(image.pixels.len(), 1024 * 576);
```

- Kao i sva ostala polja, strukture su privatne po definiciji, tj. vidljive samo unutar modula
- Ako se želi napraviti javna struktura vidljiva van modula, to se mora eksplicitno naglasiti

```
/// A rectangle of eight-bit grayscale pixels.
pub struct GrayscaleMap {
    pub pixels: Vec<u8>,
    pub size: (usize, usize)
}
```

NAMED-FIELD STRUKTURE

- Struktura može biti javna, a da neka od njenih polja ostanu privatna

```
/// A rectangle of eight-bit grayscale pixels.
pub struct GrayscaleMap {
    pixels: Vec<u8>,
    size: (usize, usize)
}
```

- Svako polje za koje se želi da bude javno, mora se eksplicitno proglasiti za javnim
- Samo se javne strukture sa svim javnim poljima mogu kreirati van modula u kojem su definisane
- Zato nije moguće napraviti **Vec** ili **String** (koji su struktura po svojoj prirodi) upotrebom strukt-izraza, već samo upotrebom javne asocirane metode **New**

NAMED-FIELD STRUKTURE

- Kada se pravi nova instanca strukture, može se koristiti već postojeća instanca iste strukture kako bi se popunili polja nove strukture
- U strukt-izrazu, prvo se navode polja čije se vrednosti definišu, zatim se navode **.. EXPR** gde je **EXPR** druga instanca iste strukture
- Sva nedefinisana polja nove instance strukture će imati istu vrednost kao i polja u EXPR

```
// In this game, brooms are monsters. You'll see.
struct Broom {
    name: String,
    height: u32,
    health: u32,
    position: (f32, f32, f32),
    intent: BroomIntent
}

/// Two possible alternatives for what a `Broom` could be working on.
#[derive(Copy, Clone)]
enum BroomIntent { FetchWater, DumpWater }
```

NAMED-FIELD STRUKTURE


```
// Receive the input Broom by value, taking ownership.
fn chop(b: Broom) -> (Broom, Broom) {
    // Initialize `broom1` mostly from `b`, changing only `height`. Since
    // `String` is not `Copy`, `broom1` takes ownership of `b`'s name.
    let mut broom1 = Broom { height: b.height / 2, .. b };

    // Initialize `broom2` mostly from `broom1`. Since `String` is not
    // `Copy`, we must clone `name` explicitly.
    let mut broom2 = Broom { name: broom1.name.clone(), .. broom1 };

    // Give each fragment a distinct name.
    broom1.name.push_str(" I");
    broom2.name.push_str(" II");

    (broom1, broom2)
}
```

NAMED-FIELD STRUKTURE


```
let hokey = Broom {
    name: "Hokey".to_string(),
    height: 60,
    health: 100,
    position: (100.0, 200.0, 0.0),
    intent: BroomIntent::FetchWater
};

let (hokey1, hokey2) = chop(hokey);
assert_eq!(hokey1.name, "Hokey I");
assert_eq!(hokey1.height, 30);
assert_eq!(hokey1.health, 100);

assert_eq!(hokey2.name, "Hokey II");
assert_eq!(hokey1.height, 30);
assert_eq!(hokey2.health, 100);
```

TUPLE-LIKE STRUKTURE

- Nazivaju se tako zato što liče na torke

```
struct Bounds(usize, usize);
```

- Definicija instance ove strukture je slična definiciji torke, jedino što se ispred dodaje **struct** rezervisana reč

```
let image_bounds = Bounds(1024, 768);
```

- Poljima instance ove vrste strukture se pristupa kao i poljima torke preko **operatora .** i indeksa polja kojem se pristupa

```
assert_eq!(image_bounds.0 * image_bounds.1, 786432);
```

- Kao i kod name-field struktura, i ovde struktura može da se proglasi javnom, kao i njena polja

```
pub struct Bounds(pub usize, pub usize);
```

UNIT-LIKE STRUKTURE

- Definišu strukturu koja nema elemenata

```
struct Onesuch;
```

- Instanca ove strukture ne zauzima mesto u memoriji, tačnije ima samo jednu moguću vrednost

```
let o = Onesuch;
```

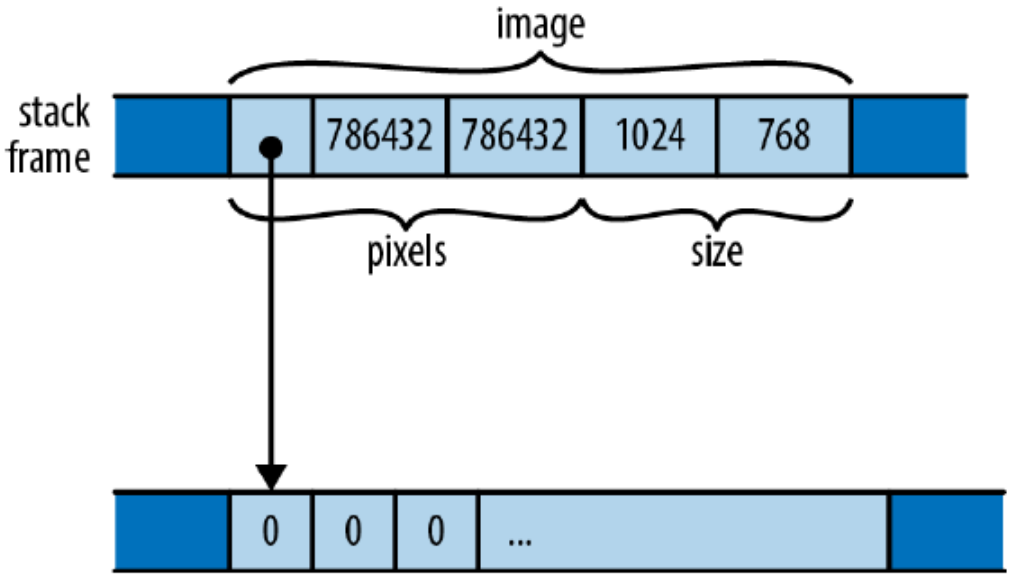
- Korisne su kada se radi sa osobinama (**traits**)
- Dok je izraz poput **3..5** skraćenica za vrednost strukture **Range { start: 3, end: 5 }**, izraz **..** , opseg koji izostavlja obe krajnje tačke, je skraćenica za instancu unit-like strukture **RangeFull**

STRUKTURE U MEMORIJI

- Struktura zauzima kontinualnu memoriju sastavljenu od svih njenih elemenata (tj. njihovih delova koji idu na stek)
- Na primer, struktura:

```
/// A rectangle of eight-bit grayscale pixels.
struct GrayscaleMap {
    pixels: Vec<u8>,
    size: (usize, usize)
}
```

- se na sledeći način smešta u memoriju:
- Rust ne garantuje da će se elementi rasporediti u istom redosledu u kojem su navedeni u definiciji strukture (ovo je samo jedan mogući raspored)



METODE NAD STRUKTURAMA

- Rust omogućuje da se nad strukturom definišu metode
- One se ne definišu unutar strukture (ili objekta) već u zasebnom **impl** bloku
- **Impl** blok predstavlja kolekiju definicija funkcija koje postaju metode nad strukturom koja ima isto ime kao i **impl** blok
- Primer:

```
/// A first-in, first-out queue of characters.
pub struct Queue {
    older: Vec<char>,   // older elements, eldest last.
    younger: Vec<char>  // younger elements, youngest last.
}

impl Queue {
    /// Push a character onto the back of a queue.
    pub fn push(&mut self, c: char) {
        self.younger.push(c);
    }
```

METODE NAD STRUKTURAMA


```
    /// Pop a character off the front of a queue. Return `Some(c)` if there
    /// was a character to pop, or `None` if the queue was empty.
    pub fn pop(&mut self) -> Option<char> {
        if self.older.is_empty() {
            if self.younger.is_empty() {
                return None;
            }

            // Bring the elements in younger over to older, and put them in
            // the promised order.
            use std::mem::swap;
            swap(&mut self.older, &mut self.younger);
            self.older.reverse();
        }

        // Now older is guaranteed to have something. Vec's pop method
        // already returns an Option, so we're set.
        self.older.pop()
    }
}
```

METODE NAD STRUKTURAMA

- Funkcije iz **impl** bloka su zapravo asocirane funkcije, pošto su asocirane sa tačno određenim tipom, za razliku od slobodnih funkcija
- Prvi argument asocirane funkcije je uvek referenca na samu instancu strukture koja poziva metodu, **self**
- Pošto je **self** očigledan, Rust dozvoljava da se ne napiše naziv strukture, već samo da se napiše self u skraćenom obliku
  - **self** je kraćeno za **self: Queue**
  - **&self** je kraćeno za **self: &Queue**
  - **&mut self** je kraćeno za **self: &mut Queue**
- Moguće je koristiti i dužu verziju, ali ne mora
- U Rustu upotreba **self** je obavezna da bi se označilo da se promenljiva odnosi na vrednost nad kojom je funkcija pozvana

METODE NAD STRUKTURAMA

- Kako u primeru i **pop** i **push** modifikuju red, potrebno je proslediti **self** kao mutabilnu referencu, ali to nije potrebno učiniti i prilikom njihovog pozivanja, obična sintaksa je dovoljno, jer Rust prepoznaje situaciju
- Zato se koristi **q.push(...)** a ne **(&mut q).push(...)**

```
let mut q = Queue { older: Vec::new(), younger: Vec::new() };

q.push('0');
q.push('1');
assert_eq!(q.pop(), Some('0'));

q.push('∞');
assert_eq!(q.pop(), Some('1'));
assert_eq!(q.pop(), Some('∞'));
assert_eq!(q.pop(), None);
```

METODE NAD STRUKTURAMA

- Ako ne treba da se modifikuje vrednost, može se koristiti deljena referenca

```
impl Queue {
    pub fn is_empty(&self) -> bool {
        self.older.is_empty() && self.younger.is_empty()
    }
}
```

- Rust opet sam zaključuje kakvo je pozajmljivanje potrebno, ne mora se eksplicitno navoditi

```
assert!(q.is_empty());
q.push('☉');
assert!(!q.is_empty());
```

METODE NAD STRUKTURAMA

- Takođe, moguće je napraviti i pomeranje nad **self** vrednošću

```
impl Queue {
    pub fn split(self) -> (Vec<char>, Vec<char>) {
        (self.older, self.younger)
    }
}
```

- Rust opet sam zaključuje kakvo je ponašanje u pitanju

```
let mut q = Queue { older: Vec::new(), younger: Vec::new() };

q.push('P');
q.push('D');
assert_eq!(q.pop(), Some('P'));
q.push('X');

let (older, younger) = q.split();
// q is now uninitialized.
assert_eq!(older, vec!['D']);
assert_eq!(younger, vec!['X']);
```

METODE NAD STRUKTURAMA

- Self argument metode može biti i **Box<Self>**, **Rc<Self>**, ili **Arc<Self>**

```
let mut bq = Box::new(Queue::new());

// `Queue::push` expects a `&mut Queue`, but `bq` is a `Box<Queue>`.
// This is fine: Rust borrows a `&mut Queue` from the `Box` for the
// duration of the call.
bq.push('■');
```

- Prilikom poziva metode prebacuje se vlasništvo nad pokazivačem na samu metodu
- Metoda koja očekuje referencu na self radi odlično kada se pozive na bilo kojem od ovih pokazivača/referenci, kao što se vidi iz primera
- Za pozive metoda i pristup poljima, Rust automatski pozajmljuje referencu iz tipova pokazivača kao što su **Box**, **Rc** i **Arc**, tako da su **&self** i **&mut self** skoro uvek prava stvar u potpisu metode, zajedno sa povremenom upotrebom **self**

METODE NAD STRUKTURAMA

- Pristup opisan prethodno nije zadovoljavajući ako se želi napraviti povezana lista čvorova
- Nešto ovog tipa:

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

struct Node {
    tag: String,
    children: Vec<Rc<Node>>
}

impl Node {
    fn new(tag: &str) -> Node {
        Node {
            tag: tag.to_string(),
            children: vec![],
        }
    }
}
```

METODE NAD STRUKTURAMA

- Svaki čvor ima tag koji određuje kakva je vrsta čvora i vektor podređenih čvorova
- Rc pokazivač se koristi kako bi moglo da se olakša deljenje čvorova i kako bi bilo više fleksibilnosti u njihovom životnom veku
- Šta ako želimo da imamo metodu koja će čvor dodati u listu nekog drugog čvora?
- Možemo napraviti sledeću metodu

```
impl Node {
    fn append_to(self: Rc<Self>, parent: &mut Node) {
        parent.children.push(self);
    }
}
```

- Pozivalac sada ima **Rc<Node>** pri ruci i može da poziva **append_to** direktno prosleđujući **Rc** po vrednosti

METODE NAD STRUKTURAMA

- Ipak, sledeći kod:

```
let shared_node = Rc::new(Node::new("first"));
shared_node.append_to(&mut parent);
```

- će izgubiti referencu, jer je prebačena na metodu i neće doći do povećanja brojača, ali ako se pozive **append_to** na sledeći način:

```
shared_node.clone().append_to(&mut parent);
```

- U ovom slučaju, povećaće se brojač, ali sada i **shared_note** i **parent**-ov vektor podređenih čvorova pokazuju na isti čvor
- Ako kojim slučajem pozivalac nema referencu, već direktno poseduje čvor, onda mora prvo napraviti **Rc** pokazivač

```
let owned = Node::new("owned directly");
Rc::new(owned).append_to(&mut parent);
```

FUNKCIJE ASOCIRANE SA STRUKTUROM

- Funkcije unutar **impl** bloka ne moraju da primaju referencu na samu instancu strukture
- U tom slučaju u pitanju su funkcije asocirane tipu (**type-associated functions**)
- Često se koriste za pravljenje konstruktora

```
impl Queue {
    pub fn new() -> Queue {
        Queue { older: Vec::new(), younger: Vec::new() }
    }
}
```

- Ove funkcije se pozivaju tako što se navede **naziv strukture :: naziv funkcije** (da bi se znalo da su asocirane čitavoj strukturi, a ne samoj instanci strukture)

```
let mut q = Queue::new();

q.push('*');
```

FUNKCIJE ASOCIRANE SA STRUKTUROM

- Konvencija u Rustu je da se koristi **new** za konstruktore (**Vec::new**, **Box::new**, **HashMap::new**), ali to nije niti naredba, niti rezervisana reč, pa se funkcije koje konstruišu nešto mogu nazivati i drugačije (**Vec::with_capacity**)
- Moguće je imati više **impl** blokova neke strukture, ali oni svi moraju biti u istom sanduku
- Takođe, moguće je dodati i sopstvene metode drugim tipovima (koje je neko drugi definisao)

KONSTANTE ASOCIRANE SA STRUKTUROM

- U Rustu je moguće definisati vrednosti povezane sa tipom (strukturom) kao celinom, a ne sa pojedinačnim instancama strukture (nešto poput static u Javi)
- U Rustu se to naziva asocirane konstante (**assocated consts**)
- Ovo su konstantne vrednosti i često se koriste da označe neke predefinisane ili uobičajene vrednosti za dati tip, npr.

```
pub struct Vector2 {
    x: f32,
    y: f32,
}

impl Vector2 {
    const ZERO: Vector2 = Vector2 { x: 0.0, y: 0.0 };
    const UNIT: Vector2 = Vector2 { x: 1.0, y: 0.0 };
}
```

KONSTANTE ASOCIRANE SA STRUKTUROM

- Vrednosti iz primera su asocirane direktno sa **Vector2** strukturom i mogu se referisati direktno preko samog tipa
- Pristupa im se preko **:: operatora**, tako što se navede **naziv_strukture :: naziv_asocirane_konstante**

```
let scaled = Vector2::UNIT.scaled_by(2.0);
```

- Ove konstante ne moraju biti istog tipa kao i struktura
- Mogu se koristiti kao bi se strukturi dodao **ID** ili naziv

```
impl Vector2 {
    const NAME: &'static str = "Vector2";
    const ID: u32 = 18;
}
```

GENERIČKE STRUKTURE

- Generičke strukture služe za pravljenje templejta koji može da primi različite tipove, npr.

```
pub struct Queue<T> {
    older: Vec<T>,
    younger: Vec<T>
}
```

- **<T>** u **Queue<T>** se može pročitati kao **“for any element type T...”**
- Konkretni primer se čita kao: **“For any type T, a Queue<T> is two fields of type Vec<T>”**
- I sam vektor je po svojoj prirodi generička struktura
- **Impl** blok se deklariše tako što se koristi **impl<T>** kako bi se označilo da je u pitanju implementacija generičkih funkcija za generičku strukturu
- **impl<T> Queue<T>** se čita kao: **“for any type T, here are some associated functions available on Queue<T>”**

GENERIČKE STRUKTURE

- Primer **impl<T>** bloka:

```
impl<T> Queue<T> {
    pub fn new() -> Queue<T> {
        Queue { older: Vec::new(), younger: Vec::new() }
    }

    pub fn push(&mut self, t: T) {
        self.younger.push(t);
    }

    pub fn is_empty(&self) -> bool {
        self.older.is_empty() && self.younger.is_empty()
    }

    ...
}
```

GENERIČKE STRUKTURE

- Sa druge strane, Rust omogućava da uz generički **impl** blok implementirate i blok za specifičnu verziju generičke strukture

```
impl Queue<f64> {
    fn sum(&self) -> f64 {
        ...
    }
}
```

- **Queue<f64>** se čita kao **“Here are some associated functions specifically for Queue<f64>”**
- **Queue<f64>** dobija metodu **sum** koju jedino on ima, dok ostale verzije generičke strukture to nemaju
- **Rust** sadrži i **Self** parametar koji ukazuje na sam tip (bez obzira šta smo napravili, generički ili ne)

```
pub fn new() -> Self {
    Queue { older: Vec::new(), younger: Vec::new() }
}
```

TRAITS I STRUKTURE

- Ako se želi da struktura ima neku od predefinisanih osobina (**traits**) to se može obezbediti (pod uslovom da sva polja implementiraju date osobine)
- Osobine se dodaju upotrebom Rust direktiva

```
#[derive(Copy, Clone, Debug, PartialEq)]
struct Point {
    x: f64,
    y: f64
}
```

- U ovom konkretnom slučaju, pored već viđenih **Copy** i **Clone**, dodaje se i **Debug** (omogućuje **println!("{:?}", point);**) i **PartialEq** (omogućuje upotrebu operatora **==** i **!=**)

ENUMERACIJA

ENUMERACIJA

- Enumeracija u Rustu liči na enumeraciju iz C++ ili C#, ali pored definisanja skupa imenovanih konstanti, ono nudi niz dodatnih osobina
- **Enum** u Rustu može da pored imenovanih konstanti sadrži i podatke, i to podatke različitih tipova
- Na primer, **Result<String, io::Error>** je **enum** sa dve imenovane konstante:
  - **Ok** čija vrednost sadrži **String**
  - **Err** čija vrednost sadrži **io::Error**
- Ovo najviše liči na **C union tip**, ali su naravno, Rust **enum** tipovi sigurni
- Gde god postoji lista unapred definisanih mogućih vrednosti, **enum** je rešenje, jedino što da bi se koristili sigurno u Rust stilu, mora da se koristi sa poklapanjem obrasca (**pattern matching**)

DEKLARACIJA ENUMERACIJE

- Deklaracija najjednostavnijeg oblika enumeracije ima sledeći izgled:

```
enum Ordering {
    Less,
    Equal,
    Greater,
}
```

- Ovo deklariše tip **Ordering** sa tri vrednosti ili varijanti:
  - **Ordering::Less**,
  - **Ordering::Equal** i
  - **Ordering::Greater**
- Ovo je deo standardne biblioteke tako da može da se importuje

```
use std::cmp::Ordering;

fn compare(n: i32, m: i32) -> Ordering {
    if n < m {
        Ordering::Less
    } else if n > m {
        Ordering::Greater
    } else {
        Ordering::Equal
    }
}
```

DEKLARACIJA ENUMERACIJE

- Moguće je importovati enumeraciju sa svim svojim konstruktorima, nakon čega se varijante mogu pisati bez imena enumeracije

```
use std::cmp::Ordering::{self, *};    // `*` to import all children

fn compare(n: i32, m: i32) -> Ordering {
    if n < m {
        Less
    } else if n > m {
        Greater
    } else {
        Equal
    }
}
```

- Iako to na prvi pogled olakšava programiranje, praksa je da se ovo ne čini, kako bi se eksplicitnom upotrebom **:: operatora** naglasilo da je u pitanju enumeracija

DEKLARACIJA ENUMERACIJE

- Ako se žele importovati konstruktori svih varijanti enumeracije definisanih u datom modulu, može se koristiti importovanje sa **self** promenljivom

```
enum Pet {
    Orca,
    Giraffe,
    ...
}

use self::Pet::*;
```

- Kod prostih enumeracija, Rust tretira varijante kao konstante brojeve, počev od 0, pa ih dalje numeriše
- Ako se želi neka određena kombinacija brojeva, to se isto može uraditi
- **#[repr]**

```
enum HttpStatus {
    Ok = 200,
    NotModified = 304,
    NotFound = 404,
    ...
}
```

DEKLARACIJA ENUMERACIJE

- Prost enum se može kastovati u int

```
assert_eq!(HttpStatus::Ok as i32, 200);
```

- Obrnuto nije podržano. Šta mislite zašto?
- Ako se želi kastovati iz int u enum, mora se napisati sopstveni kod koji to radi

```
fn http_status_from_u32(n: u32) -> Option<HttpStatus> {
    match n {
        200 => Some(HttpStatus::Ok),
        304 => Some(HttpStatus::NotModified),
        404 => Some(HttpStatus::NotFound),
        ...
        _ => None,
    }
}
```

DEKLARACIJA ENUMERACIJE

- Kao i kod struktura, enumeraciji se mogu pridružiti osobine (**traits**) koje imaju i elementi od kojih se sastoji (pored onih iz strukture, dodaće i **==** operator)

```
#[derive(Copy, Clone, Debug, PartialEq, Eq)]
enum TimeUnit {
    Seconds, Minutes, Hours, Days, Months, Years,
}
```

- Enumeracije mogu da imaju i svoje metode

DEKLARACIJA ENUMERACIJE

- Enumeracije mogu da imaju i svoje metode

```
impl TimeUnit {
    /// Return the plural noun for this time unit.
    fn plural(self) -> &'static str {
        match self {
            TimeUnit::Seconds => "seconds",
            TimeUnit::Minutes => "minutes",
            TimeUnit::Hours => "hours",
            TimeUnit::Days => "days",
            TimeUnit::Months => "months",
            TimeUnit::Years => "years",
        }
    }

    /// Return the singular noun for this time unit.
    fn singular(self) -> &'static str {
        self.plural().trim_end_matches('s')
    }
}
```

ENUMERACIJE SA PODACIMA

- Varijante u enumeraciji mogu da imaju i svoje vrednosti

```
/// A timestamp that has been deliberately rounded off, so our program
/// says "6 months ago" instead of "February 9, 2016, at 9:49 AM".
#[derive(Copy, Clone, Debug, PartialEq)]
enum RoughTime {
    InThePast(TimeUnit, u32),
    JustNow,
    InTheFuture(TimeUnit, u32),
}
```

- Dve od tri varijante u ovom primeru imaju svoje vrednosti, torku od dva elementa – ovakva enum varijanta se zove **tuple variant**

```
let four_score_and_seven_years_ago =
    RoughTime::InThePast(TimeUnit::Years, 4 * 20 + 7);

let three_hours_from_now =
    RoughTime::InTheFuture(TimeUnit::Hours, 3);
```

ENUMERACIJE SA PODACIMA

- Enum varijante mogu da imaju i strukture kao svoje vrednosti, to su **struct variants**

```
enum Shape {
    Sphere { center: Point3d, radius: f32 },
    Cuboid { corner1: Point3d, corner2: Point3d },
}

let unit_sphere = Shape::Sphere {
    center: ORIGIN,
    radius: 1.0,
};
```

- U osnovi, **enum** varijante predstavljaju jednu od tri vrste struktura
- Varijanta koja nema vrednost je zapravo **unit-like struktura**, dok je varijanta sa torkom, **tuple-like struktura**
- Sve tri vrste struktura se mogu javiti kao vrednosti **enum** varijanti

ENUMERACIJE SA PODACIMA

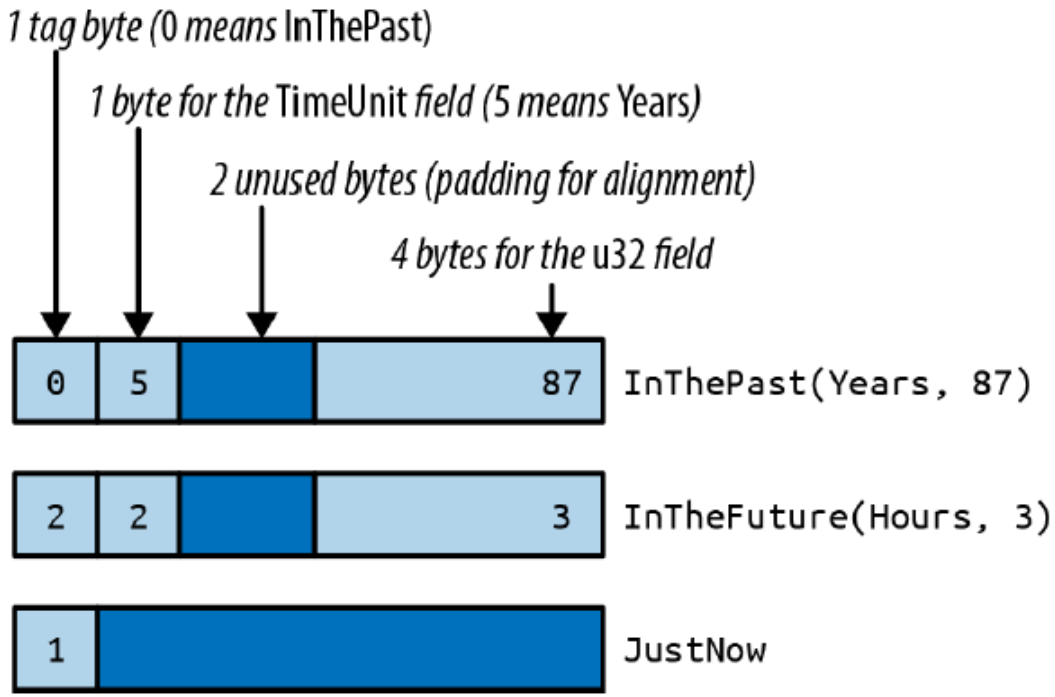
- Sve tri vrste struktura se mogu javiti kao vrednosti enum varijanti

```
enum RelationshipStatus {
    Single,
    InARelationship,
    ItsComplicated(Option<String>),
    ItsExtremelyComplicated {
        car: DifferentialEquation,
        cdr: EarlyModernistPoem,
    },
}
```

- Svi konstruktori i sva polja u enumeraciji dele vidljivost same enumeracije

ENUMERACIJE I MEMORIJA

- Svaki enum se smešta u memoriju kao jedna celina
- Sastoji se iz dva dela: oznake (**tag**) i dovoljno memorije da primi sva polja najveće **enum** varijante
- Oznaka se koristi za Rustovu internu upotrebu. Šta mislite čemu služi?



RICH-DATA I ENUMERACIJA

- Osnova za izgradnju strukture podataka koja liči na stablo gde element stabla može biti koja vrednost iz enumeracije
- Npr. za radnom JSON format može se napraviti sledeće:

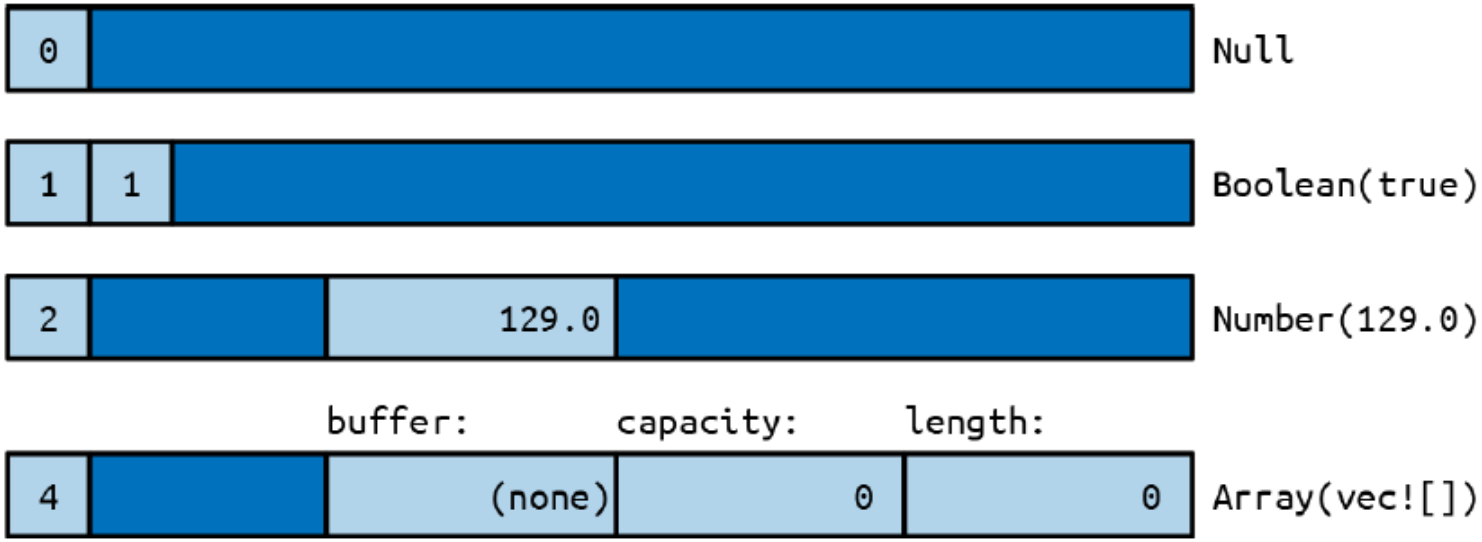
```
use std::collections::HashMap;

enum Json {
    Null,
    Boolean(bool),
    Number(f64),
    String(String),
    Array(Vec<Json>),
    Object(Box<HashMap<String, Json>>),
}
```

- U memoriji sada bilo koji JSON dokument može da se predstavi kao vrednost ovog **novog** Rust tipa (nešto što se koristi u implementaciji **serde_json**)

RICH-DATA I ENUMERACIJA

- Vrlo jednostavno se napravilo nešto što može biti vrlo korisno
- U memoriji to ima sledeći izgled:



- Ovde mora da se vodi računa o veličini potencijalnih polja, zato se za neke primere koristi boksing (**Box<>**), u primeru je razlika između 4 i 8 bajta

GENERIČKA ENUMERACIJA

- Enumeracija može biti i generička

```
enum Option<T> {
    None,
    Some(T),
}

enum Result<T, E> {
    Ok(T),
    Err(E),
}
```

- Generičke enumeracije rade isto kao i generičke strukture
- Prednost Rusta je što može da ukloni tag polje oko **Option<T>** kada je tip **T** referenca, **Box**, ili neki drugi pametni pokazivač
- Kako ni jedan od ovih tipova ne može biti **null**, Rust može da **Option<Box<i32>>** predstavi u memoriji kao jednu mašinsku reč: **0** za **None** i vrednost različita od **0** za **Some** pokazivač
- Ipak se očekuje u kodu da se proveri da li je **Option Some** ili **None**

GENERIČKA ENUMERACIJA

- Generički tipovi se mogu lako napraviti, npr. u par koraka do binarnog stabla koji može da primi bilo koji broj elemenata generičkog tipa

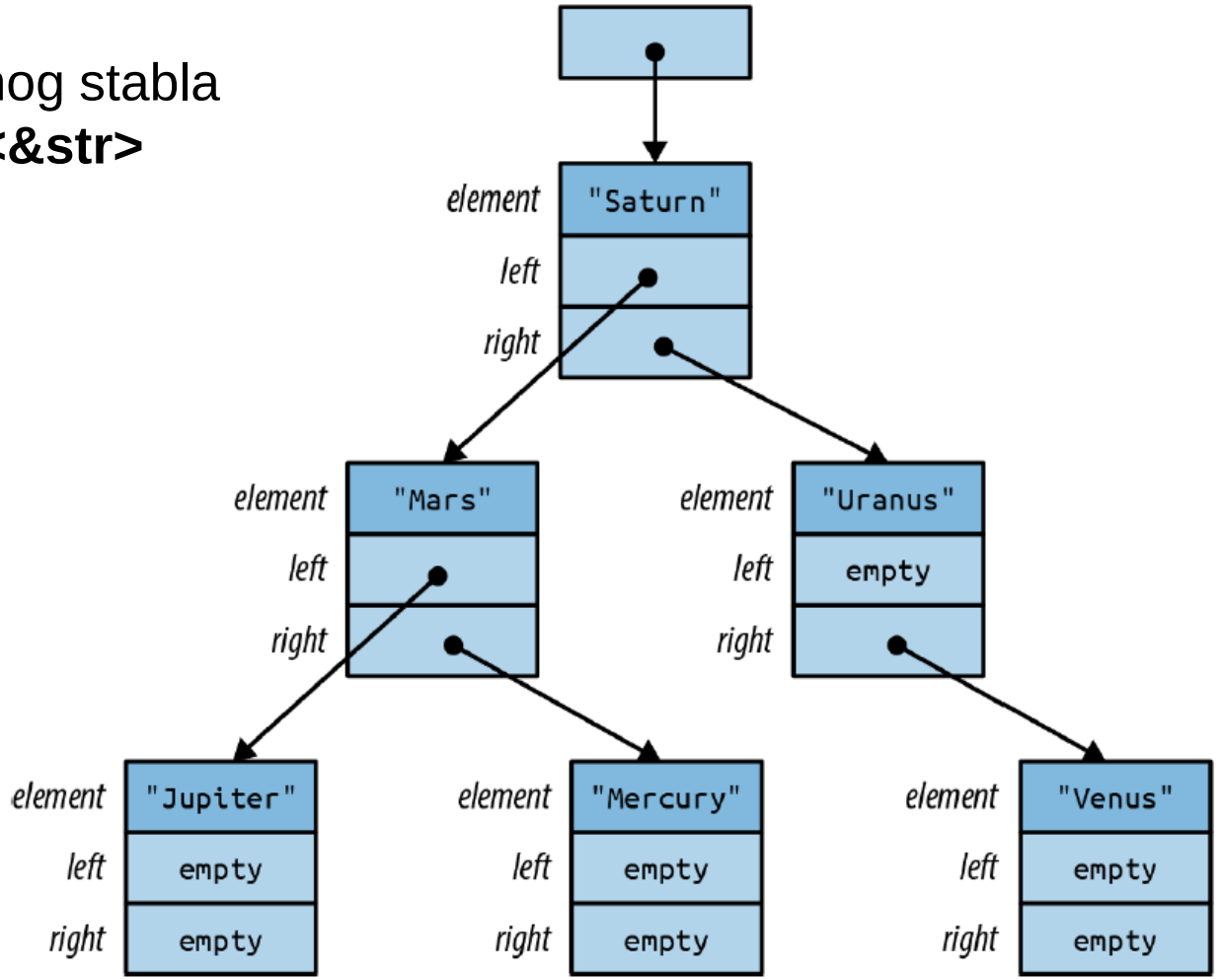
```
// An ordered collection of `T`s.
enum BinaryTree<T> {
    Empty,
    NonEmpty(Box<TreeNode<T>>),
}

// A part of a BinaryTree.
struct TreeNode<T> {
    element: T,
    left: BinaryTree<T>,
    right: BinaryTree<T>,
}
```

- Svaka vrednost **BinaryTree** je ili **Empty** ili **NonEmpty**
- Ako je **NonEmpty**, onda ima pokazivač na **TreeNode** koji se nalazi na hipu

GENERIČKA ENUMERACIJA

- Svaki **TreeNode** sadrži jedan element koji je tipa **T** i dva pokazivača na **BinaryTree**
- Struktura binarnog stabla za **BinaryTree<&str>** bi izgledala:



GENERIČKA ENUMERACIJA

- Izgradnja binarnog stabla je jednostavna:

```
use self::BinaryTree::*;
let jupiter_tree = NonEmpty(Box::new(TreeNode {
    element: "Jupiter",
    left: Empty,
    right: Empty,
}));
```

- Više stabla se može spojiti u jedno:

```
let mars_tree = NonEmpty(Box::new(TreeNode {
    element: "Mars",
    left: jupiter_tree,
    right: mercury_tree,
}));
```

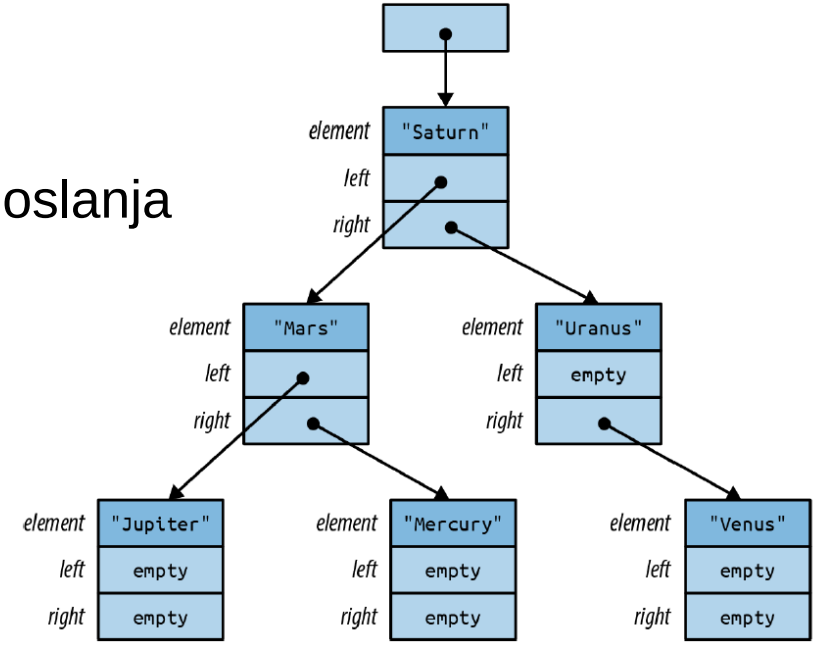
- Voditi računa da ova dodele prebacuje vlasništvo nad **jupiter_node** i **mercury_node** na njihov nadređeni čvor, **mars_tree**

GENERIČKA ENUMERACIJA

- Izgradnja stabla nastavlja dalje, a sam korenski čvor se ne razlikuje od ostalih čvorova

```
let tree = NonEmpty(Box::new(TreeNode {
    element: "Saturn",
    left: mars_tree,
    right: uranus_tree,
}));
```

- Pravljenje ovakvih struktura u Rustu se oslanja na **Box** i potrebno je malo navikavanje na kada i gde se ono koristi
- Nekada je najbolji pristup nacrtati sliku strukture i videti gde vam treba pokazivač



- Svaki pravougaonik na slici je ili struktura, ili enumeracija ili torka, svaka strelica je ili Box ili neki drugi pametni pokazivač

PATERNI I ENUMERACIJA

- Mana enumeracije je da se vrednosti ne može pristupiti direktno, već mora preko poklapanja obrasca
- Ovo neće da može:

```
let r = shape.radius;  // error: no field `radius` on type `Shape`
```

- Mora da se uvek uhvati ceo patern
- Npr. za enumeraciju:

```
enum RoughTime {
    InThePast(TimeUnit, u32),
    JustNow,
    InTheFuture(TimeUnit, u32),
}
```

- Da bi se ispisala neka vrednost instance **RoughTime** mora se napisati patern za ispis vrednosti
- Potreba za poklapanjem obrasca ne treba da čudi. Zašto?

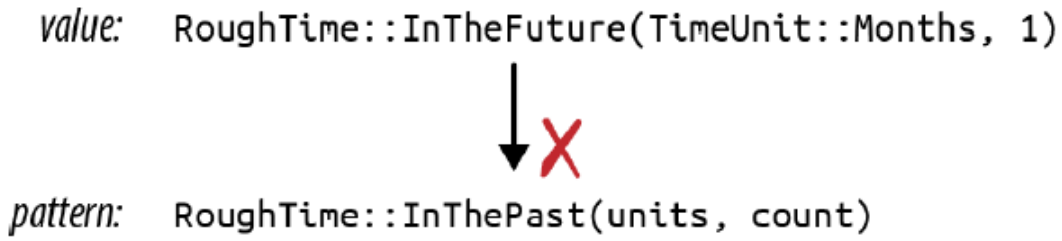
PATERNI I ENUMERACIJA

- Kako polja u enumeraciji pored drugačijih varijanti mogu imati i različite dodatne vrednost, postoji mogućnost da se svaka varijanta razlikuje, što može dovesti do potencijalnih grešaka
- Cena toga je da se instanci enumeracije mora pristupati preko poklapanja obrasca

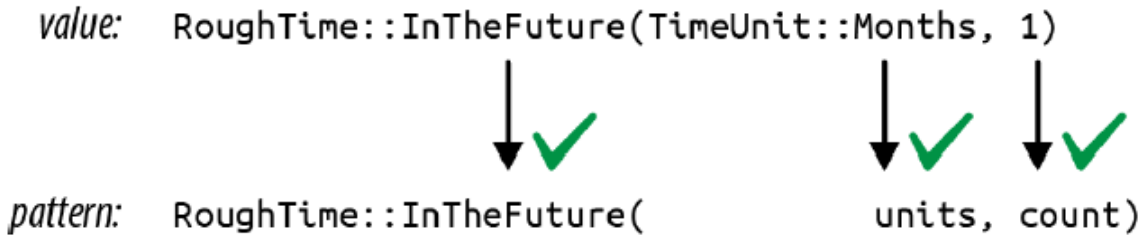
```
1  fn rough_time_to_english(rt: RoughTime) -> String {
2      match rt {
3          RoughTime::InThePast(units, count) =>
4              format!("{} {} ago", count, units.plural()),
5          RoughTime::JustNow =>
6              format!("just now"),
7          RoughTime::InTheFuture(units, count) =>
8              format!("{} {} from now", count, units.plural()),
9      }
10 }
```

PATERNI I ENUMERACIJA

- Jako je važno razumeti kako radi **pattern matching**
- Pretpostaviti da **rt** ima sledeću vrednost:
  RoughTime::InTheFuture(TimeUnit::Months, 1)
- **Matching** prvo radi poklapanje po nazivu varijante enumeracije
- Prvo proba poklapa sa **InThePast**



- Kako tu nema poklapanja, ide dalje i proba poklapanje sa **InTheFuture**



PATERNI I ENUMERACIJA

- I tu je ostvario poklapanje
- Kada obrazac sadrži proste identifikatore (a ne vrednosti), onda ti identifikatori postaju **lokalne promenljive** nakon poklapanja i mogu dalje da se koriste
- Šta god da se nalazi u vrednosti varijante enumeracije, kopira se ili premešta u te promenljive
- Ako se umesto identifikatora, koristi vrednost, onda poklapanje proverava da li postoji poklapanje i za tu vrednost

```
RoughTime::InTheFuture(unit, 1) =>
    format!("a {} from now", unit.singular()),
```

- Ovde sada druga vrednost mora da bude 1 da bi došlo do poklapanja

PATERNI I ENUMERACIJA

- Rust ima vrlo moćan mehanizam za poklapanje obrasca

Pattern type	Example	Notes
Literal	`100` `"name"`	Matches an exact value; the name of a `const` is also allowed
Range	`0 ..= 100` `'a' ..= 'k'`	Matches any value in range, including the end value
Wildcard	`_`	Matches any value and ignores it
Variable	`name` `mut count`	Like `_` but moves or copies the value into a new local variable
`ref` variable	`ref field` `ref mut field`	Borrows a reference to the matched value instead of moving or copying it
Binding with subpattern	`val @ 0 ..= 99` `ref circle @ Shape::Circle { .. }`	Matches the pattern to the right of `@`, using the variable name to the left

PATERNI I ENUMERACIJA

Pattern type	Example	Notes

Enum pattern	`Some(value)`
	`None`
	`Pet::Orca`	

Tuple pattern	`(key, value)` `(r, g, b)`	
Array pattern	`[a, b, c, d, e, f, g]` `[heading, carom, correction]`	

Slice pattern	`[first, second]`
	`[first, _, third]`
	`[first, .., nth]`
	`[]`	

Struct pattern	`Color(r, g, b)`
	`Point { x, y }`
	`Card { suit: Clubs, rank: n }`
	`Account { id, name, .. }`	

PATERNI I ENUMERACIJA

Pattern type	Example	Notes
Reference	`&value` `&(k, v)`	Matches only reference values
Multiple patterns	`'a' | 'A'`	In refutable patterns only (`match`, `if let`, `while let`)
Guard expression	`x if x * x <= r2`	In `match` only (not valid in `let`, etc.)

- Deo ovih mehanizama ćemo preći u nastavku

LITERALI I PATERNI

- Kao što smo već rekli **match** se može koristiti isto kao i **switch**

```
match meadow.count_rabbits() {
    0 => {}  // nothing to say
    1 => println!("A rabbit is nosing around in the clover."),
    n => println!("There are {} rabbits hopping about in the meadow", n),
}
```

- Šta ovo radi? Šta radi **n**?
- I drugi leterali mogu da se koriste kao paterni, boolean, string, char, …

```
let calendar = match settings.get_string("calendar") {
    "gregorian" => Calendar::Gregorian,
    "chinese" => Calendar::Chinese,
    "ethiopian" => Calendar::Ethiopian,
    other => return parse_error("calendar", other),
};
```

- Šta ovo radi? Šta radi **other**?

LITERALI I PATERNI

- Generalno, za hvatanje svih preostalih vrednosti može da se koristi i znak _ (**wildcard pattern**)

```
let caption = match photo.tagged_pet() {
    Pet::Tyrannosaur => "RRRAAAAAHHHHHH",
    Pet::Samoyed => "*dog thoughts*",
    _ => "I'm cute, love me", // generic caption, works for any pet
};
```

- Poklapanje mora da bude sveobuhvatno i najmanju ruku mora da ima makar granu sa znakom _
- Redosled navođenja stavki u match je bitan!

N-TORKE I PATERNI

- Za poklapanje sa torkom koristi se **tuple matching**
- Koristi se kad god želite da proverite poklapanje više podataka u jednom match-u

```
fn describe_point(x: i32, y: i32) -> &'static str {
    use std::cmp::Ordering::*;
    match (x.cmp(&0), y.cmp(&0)) {
        (Equal, Equal) => "at the origin",
        (_, Equal) => "on the x axis",
        (Equal, _) => "on the y axis",
        (Greater, Greater) => "in the first quadrant",
        (Less, Greater) => "in the second quadrant",
        _ => "somewhere else",
    }
}
```

STRUKTURE I PATERNI

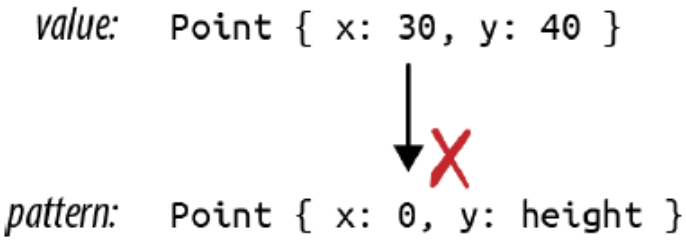
- Za poklapanje sa strukturom koristi se **struct matching** koje koristi vitičastu zagradu
- Ovde koristi i posmatra poklapanje za svako od polja

```
match balloon.location {
    Point { x: 0, y: height } =>
        println!("straight up {} meters", height),
    Point { x: x, y: y } =>
        println!("at ({}m, {}m)", x, y),
}
```

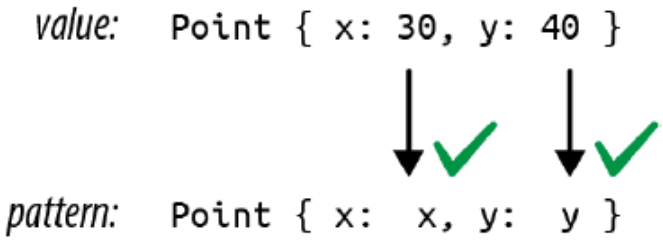
- U ovom primeru, ako je došlo do poklapanja u prvoj grani, vrednost **balloon.location.y** će se smestiti u promenljivu **height**
- Kako radi poklapanje u ovom slučaju?
- Pretpostaviti da je **balloon.location** tačka **Point { x: 30, y: 40 }**
- Rust kreće od prve grane i redom pokušava poklapanja dok do njih ne dođe

STRUKTURE I PATERNI

- Rust kreće od prve grane i redom pokušava poklapanja dok do njih ne dođe
- Prva grana ne daje poklapanje



- Ali druga zato daje:



- Zašto?
- Umesto **Point { x: x, y: y }** može i samo **Point {x, y}**

STRUKTURE I PATERNI

- Pošto polja u strukturi može da bude puno, čak i sa onako skraćenim zapisom može da bude previše, naročito ako nas ne zanimaju sva polja već samo par

```
match get_account(id) {
    ...
    Some(Account {
            name, language,  // <--- the 2 things we care about
            id: _, status: _, address: _, birthday: _, eye_color: _,
            pet: _, security_question: _, hashed_innermost_secret: _,
            is_adamantium_preferred_customer: _, }) =>
        language.show_custom_greeting(name),
}
```

- Ovo može da se skrati tako što upotrebom operatora **..** kažemo da nas ostala polja ne interesuju

```
Some(Account { name, language, .. }) =>
    language.show_custom_greeting(name),
```

NIZOVI, SLICE I PATERNI

- Za poklapanje nizova koriste se **match arrays**
- Koriste se za filtriranje nekih specijalnih kombinacija elemenata niza, naročito kada vrednosti na različitim pozicijama imaju različito značenje
- Kao u primeru transformacije HSL vrednosti u RGB vrednost

```
fn hsl_to_rgb(hsl: [u8; 3]) -> [u8; 3] {
    match hsl {
        [_, _, 0] => [0, 0, 0],
        [_, _, 255] => [255, 255, 255],
        ...
    }
}
```

- **Slice patterns** se koriste za poklapanje isečaka, ali se ovde pored poklapanja vrednosti gleda i poklapanje broja elemenata u isečku jer i to može da varira

NIZOVI, SLICE I PATERNI

- Primer **slice paterna**:

```
fn greet_people(names: &[&str]) {
    match names {
        [] => { println!("Hello, nobody.") },
        [a] => { println!("Hello, {}.", a) },
        [a, b] => { println!("Hello, {} and {}.", a, b) },
        [a, .., b] => { println!("Hello, everyone from {} to {}.", a, b) }
    }
}
```

REFERENCE I PATERNI

- Postoje dve vrste poklapanja referenci (**reference pattern**), prvi koji proverava poklapanje referenci na delove vrednosti koja se poklapa i drugi koji proverava poklapanje reference na čitavu vrednost
- Provera poklapanja vrednosti koje se ne mogu kopirati dovodi do njihovog pomeranja, što uglavnom dovodi do invalidnog koda

```
match account {
    Account { name, language, .. } => {
        ui.greet(&name, &language);
        ui.show_settings(&account);  // error: borrow of moved value: `account`
    }
}
```

- Šta se ovde dogodilo?
- Prilikom poklapanja obrasca polja **account.name** i **account.language** su pomerena u lokalne promenljive **name** i **language**

REFERENCE I PATERNI

- Da bi se to izbeglo potrebno je koristiti poklapanje koje pozajmljuje vrednosti umesto da ih pomera
- Za to se koristi **ref** ključna reč

```
match account {
    Account { ref name, ref language, .. } => {
        ui.greet(name, language);
        ui.show_settings(&account);  // ok
    }
}
```

- Sada lokalne promenljive **name** i **language** ne preuzimaju vrednosti iz strukture, već ih pozajmljuju, tj. pozajmljuju reference za njih
- Kako je **account** samo pozajmljen, nije konzumiran, ok je koristiti ga dalje u kodu

REFERENCE I PATERNI

- Za promenljivo pozajmljivanje se koristi **ref mut**

```
match line_result {
    Err(ref err) => log_error(err),  // `err` is &Error (shared ref)
    Ok(ref mut line) => {            // `line` is &mut String (mut ref)
        trim_comments(line);         // modify the String in place
        handle(line);
    }
}
```

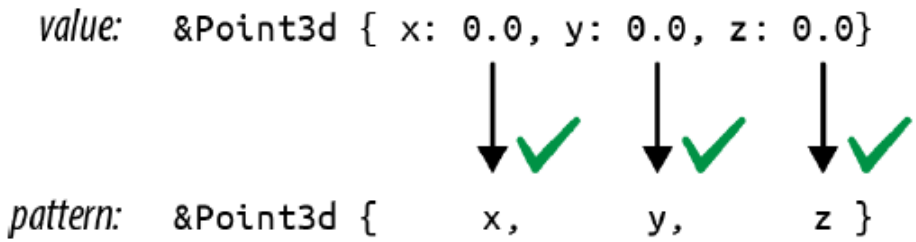
- Patern **Ok(ref mut line)** poklapa bilo koji uspešan rezultat i pozajmljuje mutabilnu referencu na vrednost smeštenu u njemu

REFERENCE I PATERNI

- Dok **ref** poklapanje pozajmljuje referencu na delove vrednosti čije se poklapanje sa obrascom posmatra, **&** patern gleda poklapanje čitave reference i koristi se kad sa druge strane stiže referenca na nešto

```
match sphere.center() {
    &Point3d { x, y, z } => ...
}
```

- Poklapanje u ovom slučaju radi tako da se vraća adresa neke **Point3d**



- U svakom slučaju, i dalje mora da se vodi računa o svemu što Rust radi
- Ne može se tek tako pristupiti delu referenciranog objekta

REFERENCE I PATERNI

- Ovo ne radi:

```
match friend.borrow_car() {
    Some(&Car { engine, .. }) =>  // error: can't move out of borrow
        ...
    None => {}
}
```

- Ali ovo radi:

```
Some(&Car { ref engine, .. }) =>  // ok, engine is a reference
```

PATERNI I DODATNI USLOVI

- Nekada je potrebno da poklapanje zadovolji dodatni uslov

```
fn check_move(current_hex: Hex, click: Point) -> game::Result<Hex> {
    match point_to_hex(click) {
        None =>
            Err("That's not a game space."),
        Some(current_hex) =>  // try to match if user clicked the current_hex
                              // (it doesn't work: see explanation below)
            Err("You are already there! You must click somewhere else."),
        Some(other_hex) =>
            Ok(other_hex)
    }
}
```

- Zašto ovo ne može?

PATERNI I DODATNI USLOVI

- Alternativa preko if selekcije:

```
match point_to_hex(click) {
    None => Err("That's not a game space."),
    Some(hex) => {
        if hex == current_hex {
            Err("You are already there! You must click somewhere else")
        } else {
            Ok(hex)
        }
    }
}
```

- Alternativa je tzv. **match guard**:

```
match point_to_hex(click) {
    None => Err("That's not a game space."),
    Some(hex) if hex == current_hex =>
        Err("You are already there! You must click somewhere else"),
    Some(hex) => Ok(hex)
}
```

PATERNI I DODATNI USLOVI

- Poklapanje više obrazaca može se kombinovati pomoću **operatora |**

```
let at_end = match chars.peek() {
    Some(&'\r') | Some(&'\n') | None => true,
    _ => false,
};
```

- **Operator |** više gledajte kao znak u regularnom izrazu nego kao **ILI**
- U primeru će **at_end** biti **true** ako je bilo koji od obrazaca ispravan
- Za proveru poklapanja sa celom opsegom vrednosti koristi se izraz **..=**

```
match next_char {
    '0'..='9' => self.read_number(),
    'a'..='z' | 'A'..='Z' => self.read_word(),
    ' ' | '\t' | '\n' => self.skip_whitespace(),
    _ => self.handle_punctuation(),
}
```

DODAVANJE ČVORA U BINARNO STABLO

- Poklapanje paterna može se iskoristiti za izgradnju metode za dodavanje čvora u binarno stablo (primer sa 90. slajda)

```
1  impl<T: Ord> BinaryTree<T> {
2      fn add(&mut self, value: T) {
3          match *self {
4              BinaryTree::Empty => {
5                  *self = BinaryTree::NonEmpty(Box::new(TreeNode {
6                      element: value,
7                      left: BinaryTree::Empty,
8                      right: BinaryTree::Empty,
9                  }))
10             }
11             BinaryTree::NonEmpty(ref mut node) => {
12                 if value <= node.element {
13                     node.left.add(value);
14                 } else {
15                     node.right.add(value);
16                 }
17             }
18         }
19     }
20 }
```

DODAVANJE ČVORA U BINARNO STABLO

- Nova metoda se može koristiti na sledeći način:

```
let mut tree = BinaryTree::Empty;
tree.add("Mercury");
tree.add("Venus");
...
```