



Dr Dinu Dragan



PARALELNE I DISTRIBUIRANE ARHITEKTURE I JEZICI (ČAS 7)

ŠTA RADIMO DANAS?



Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

ONASTAV

- Operator overloading
- Utility osobine

REIMPLEMENTACIJA OPERATORA



OPERATOR OVERLOADING

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Rast podržava **operator overloading** tako da možete napraviti kompleksne tipove a kasnije ih koristiti sa osnovnim operatorima
- Npr.

```
#[derive(Clone, Copy, Debug)]  
struct Complex<T> {  
    /// Real portion of the complex number  
    re: T,  
  
    /// Imaginary portion of the complex number  
    im: T,  
}
```

- I onda posle mogu da se sabiraju, množe, oduzimaju
- Sve svodi na implementaciju odgovarajućih osobina
- Lista osobina koja se za to koristi nalazi se na sledećem slajdu



OPERATOR OVERLOADING

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

Category	Trait	Operator
Unary operators	<code>std::ops::Neg</code>	<code>-x</code>
	<code>std::ops::Not</code>	<code>!x</code>
Arithmetic operators	<code>std::ops::Add</code>	<code>x + y</code>
	<code>std::ops::Sub</code>	<code>x - y</code>
	<code>std::ops::Mul</code>	<code>x * y</code>
	<code>std::ops::Div</code>	<code>x / y</code>
	<code>std::ops::Rem</code>	<code>x % y</code>
Bitwise operators	<code>std::ops::BitAnd</code>	<code>x & y</code>
	<code>std::ops::BitOr</code>	<code>x y</code>
	<code>std::ops::BitXor</code>	<code>x ^ y</code>
	<code>std::ops::Shl</code>	<code>x << y</code>
	<code>std::ops::Shr</code>	<code>x >> y</code>
Compound assignment arithmetic operators	<code>std::ops::AddAssign</code>	<code>x += y</code>
	<code>std::ops::SubAssign</code>	<code>x -= y</code>
	<code>std::ops::MulAssign</code>	<code>x *= y</code>
	<code>std::ops::DivAssign</code>	<code>x /= y</code>
	<code>std::ops::RemAssign</code>	<code>x %= y</code>



OPERATOR OVERLOADING

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

Category	Trait	Operator
Compound assignment arithmetic operators	<code>std::ops::AddAssign</code>	<code>x += y</code>
	<code>std::ops::SubAssign</code>	<code>x -= y</code>
	<code>std::ops::MulAssign</code>	<code>x *= y</code>
	<code>std::ops::DivAssign</code>	<code>x /= y</code>
	<code>std::ops::RemAssign</code>	<code>x %= y</code>
Compound assignment bitwise operators	<code>std::ops::BitAndAssign</code>	<code>x &= y</code>
	<code>std::ops::BitOrAssign</code>	<code>x = y</code>
	<code>std::ops::BitXorAssign</code>	<code>x ^= y</code>
	<code>std::ops::ShlAssign</code>	<code>x <<= y</code>
	<code>std::ops::ShrAssign</code>	<code>x >>= y</code>
Comparison	<code>std::cmp::PartialEq</code>	<code>x == y, x != y</code>
	<code>std::cmp::PartialOrd</code>	<code>x < y, x <= y, x > y, x >= y</code>
Indexing	<code>std::ops::Index</code>	<code>x[y], &x[y]</code>
	<code>std::ops::IndexMut</code>	<code>x[y] = z, &mut x[y]</code>



OVERLOADING – ARITMETIČKI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- U Rastu **a+b** je zapravo skraćeno od **a.add(b)**, što je metoda **std::ops::Add** osobine (iz standardne biblioteke)
- Slično: **a * b** je skraćeno za **a.mul(b)** iz **std::ops::Mul**, **std::ops::Neg** pokriva – operator i tako dalje...
- Da bi se koristila **add metoda**, a **ne operator**, mora se data **osobina dovesti u doseg**

```
use std::ops::Add;
```

```
assert_eq!(4.125f32.add(5.75), 9.875);  
assert_eq!(10.add(20), 10 + 20);
```

- Metoda ima sledeću definiciju:

```
trait Add<Rhs = Self> {  
    type Output;  
    fn add(self, rhs: Rhs) -> Self::Output;  
}
```



OVERLOADING – ARITMETIČKI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Da bi se sabirali **Complex<i32>** mora se implementirati **Add<Complex<i32>>**

```
use std::ops::Add;

impl Add for Complex<i32> {
    type Output = Complex<i32>;
    fn add(self, rhs: Self) -> Self {
        Complex {
            re: self.re + rhs.re,
            im: self.im + rhs.im,
        }
    }
}
```

- Naravno, besmisleno je implementirati **Add** za svaki tip zasebno

```
#[derive(Clone, Copy, Debug)]
struct Complex<T> {
    /// Real portion of the complex number
    re: T,

    /// Imaginary portion of the complex number
    im: T,
}
```



OVERLOADING – ARITMETIČKI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Naravno, besmisleno je implementirati **Add** za svaki tip zasebno, zato se implementira **Add<Complex<T>>**

```
use std::ops::Add;

impl<T> Add for Complex<T>
where
    T: Add<Output = T>,
{
    type Output = Self;
    fn add(self, rhs: Self) -> Self {
        Complex {
            re: self.re + rhs.re,
            im: self.im + rhs.im,
        }
    }
}
```

- Obratiti pažnju da ovakva implementacija ne dozvoljava sabiranje kompleksnih brojeva baziranih na različitim tipovima



OVERLOADING – ARITMETIČKI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Da bi se omogućilo sabiranje kompleksnih brojeva baziranih na različitim tipovima, mora se malo izmeniti reimplementacija **Add** metode

```
use std::ops::Add;

impl<L, R> Add<Complex<R>> for Complex<L>
where
    L: Add<R>,
{
    type Output = Complex<L::Output>;
    fn add(self, rhs: Complex<R>) -> Self::Output {
        Complex {
            re: self.re + rhs.re,
            im: self.im + rhs.im,
        }
    }
}
```

- U Rastu se gleda da se izbegne mešanje tipova i ne praktikuju se takve operacije



OVERLOADING – UNARNI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Rast implementira dva unarna operator:

Trait name	Expression	Equivalent expression
<code>std::ops::Neg</code>	<code>-x</code>	<code>x.neg()</code>
<code>std::ops::Not</code>	<code>!x</code>	<code>x.not()</code>

- Za sve označene brojeve koristi se **Neg** osobina, dok se **Not** osobina koristi za **cele neoznačene brojeve i boolean**
- Definicije ovih osobina su jednostavne:

```
trait Neg {  
    type Output;  
    fn neg(self) -> Self::Output;  
}
```

```
trait Not {  
    type Output;  
    fn not(self) -> Self::Output;  
}
```



OVERLOADING – UNARNI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Negacija kompleksnog broja, predstavlja jednostavnu negaciju oba njegova dela

```
use std::ops::Neg;

impl<T> Neg for Complex<T>
where
    T: Neg<Output = T>,
{
    type Output = Complex<T>;
    fn neg(self) -> Complex<T> {
        Complex {
            re: -self.re,
            im: -self.im,
        }
    }
}
```



OVERLOADING – BINARNI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Binarni operatori su implementirani kroz sledeće osobine:

Category	Trait name	Expression	Equivalent expression
Arithmetic operators	<code>std::ops::Add</code>	<code>x + y</code>	<code>x.add(y)</code>
	<code>std::ops::Sub</code>	<code>x - y</code>	<code>x.sub(y)</code>
	<code>std::ops::Mul</code>	<code>x * y</code>	<code>x.mul(y)</code>
	<code>std::ops::Div</code>	<code>x / y</code>	<code>x.div(y)</code>
	<code>std::ops::Rem</code>	<code>x % y</code>	<code>x.rem(y)</code>
Bitwise operators	<code>std::ops::BitAnd</code>	<code>x & y</code>	<code>x.bitand(y)</code>
	<code>std::ops::BitOr</code>	<code>x y</code>	<code>x.bitor(y)</code>
	<code>std::ops::BitXor</code>	<code>x ^ y</code>	<code>x.bitxor(y)</code>
	<code>std::ops::Shl</code>	<code>x << y</code>	<code>x.shl(y)</code>
	<code>std::ops::Shr</code>	<code>x >> y</code>	<code>x.shr(y)</code>

- Svi tipovi koji implementiraju brojeve, implementiraju i osobine vezane za aritmetičke operatore, dok celobrojni tipovi i boolean implementiraju binarne operatore**



OVERLOADING – BINARNI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Sve osobine koje implementiraju binarne operatore imaju isti opšti oblik kao npr. **std::ops::BitXor** koji implementira ^ operator

```
trait BitXor<Rhs = Self> {  
    type Output;  
    fn bitxor(self, rhs: Rhs) -> Self::Output;  
}
```



OVERLOADING – SLOŽENI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Pod složenim operatorima podrazumevaju se operatori koji se kombinuju sa operatorom dodele **+=**, **&=** i sl.
 - Tu postoje dva operanda nad kojima se primenjuje operacija a rezultat se smešta u levi operand
 - Povratna vrednost ovog operanda u Rastu je uvek ()
- U mnogim programskim jezicima **x +=y** je skraćeno od **x = x + y**, ali ne i u Rastu
- U Rust-u je **x +=y** skraćeno od **x.add_assign(y)**, gde **add_assign** metoda **std::ops::AddAssign** osobine

```
trait AddAssign<Rhs = Self> {  
    fn add_assign(&mut self, rhs: Rhs);  
}
```

- Sve osobine koje implementiraju ove složene operatore nalaze se u tabeli na sledećem slajdu



OVERLOADING – BINARNI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Sve osobine koje implementiraju ove složene operatore :

Category	Trait name	Expression	Equivalent expression
Arithmetic operators	<code>std::ops::AddAssign</code>	<code>x += y</code>	<code>x.add_assign(y)</code>
	<code>std::ops::SubAssign</code>	<code>x -= y</code>	<code>x.sub_assign(y)</code>
	<code>std::ops::MulAssign</code>	<code>x *= y</code>	<code>x.mul_assign(y)</code>
	<code>std::ops::DivAssign</code>	<code>x /= y</code>	<code>x.div_assign(y)</code>
	<code>std::ops::RemAssign</code>	<code>x %= y</code>	<code>x.rem_assign(y)</code>
Bitwise operators	<code>std::ops::BitAndAssign</code>	<code>x &= y</code>	<code>x.bitand_assign(y)</code>
	<code>std::ops::BitOrAssign</code>	<code>x = y</code>	<code>x.bitor_assign(y)</code>
	<code>std::ops::BitXorAssign</code>	<code>x ^= y</code>	<code>x.bitxor_assign(y)</code>
	<code>std::ops::ShlAssign</code>	<code>x <<= y</code>	<code>x.shl_assign(y)</code>
	<code>std::ops::ShrAssign</code>	<code>x >>= y</code>	<code>x.shr_assign(y)</code>

- Svi tipovi koji implementiraju brojeve, implementiraju i osobine vezane za operatore dodele, dok celobrojni tipovi i boolean implementiraju binarne operatore**



OVERLOADING – BINARNI OPERATORI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Generička implementacija **AddAssign** za kompleksni broj:

```
use std::ops::AddAssign;

impl<T> AddAssign for Complex<T>
where
    T: AddAssign<T>,
{
    fn add_assign(&mut self, rhs: Complex<T>) {
        self.re += rhs.re;
        self.im += rhs.im;
    }
}
```

- Implementacija **std::ops::Add** ne podrazumeva automatsku implementaciju **std::ops::AddAssign**



OVERLOADING – OPERATORI != | ==

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Rust **!=** i **==** operatori su skraćeni pozivi za **ne** i **qe** metode iz **std::cmp::PartialEq** osobine

```
assert_eq!(x == y, x.eq(&y));  
assert_eq!(x != y, x.ne(&y));
```

- Definicija **std::cmp::PartialEq** osobine:

```
trait PartialEq<Rhs = Self>  
where  
    Rhs: ?Sized,  
{  
    fn eq(&self, other: &Rhs) -> bool;  
    fn ne(&self, other: &Rhs) -> bool {  
        !self.eq(other)  
    }  
}
```

- Pošto **ne** ima predefinisanu implementaciju, dovoljno je implementirati samo **eq**



OVERLOADING – OPERATORI != | ==

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Pošto **ne** ima predefinisanu implementaciju, dovoljno je implementirati samo **eq**

```
impl<T: PartialEq> PartialEq for Complex<T> {  
    fn eq(&self, other: &Complex<T>) -> bool {  
        self.re == other.re && self.im == other.im  
    }  
}
```

- Ako se pretpostavi da je implementirano i množenje:

```
let x = Complex { re: 5, im: 2 };  
let y = Complex { re: 2, im: 5 };  
assert_eq!(x * y, Complex { re: 0, im: 29 });
```

- Implementacija **qe** metode iz primera je vrlo uobičajena (poređenje odgovarajućeg polja levog operanda sa odgovarajućim poljem desnog operanda), te Rust omogućuje da se ovde automatski generiše

```
#[derive(Clone, Copy, Debug, PartialEq)]  
struct Complex<T> {  
    ...  
}
```



OVERLOADING – OPERATORI != | ==

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- **PartialEq** uzima operande putem reference, za razliku od ostalih koji ih uzimaju vrednošću
- To znači da poređenje dovodi do pozajmljivanja
- Kod ove osobine, postoji mala relaksacija, jer se sada mogu porediti tipovi koji nisu **Sized** (npr. stringovi čija dužina može varirati), što je omogućeno upotrebom **?Sized**

where

Rhs: ?Sized,

- To znači da mogu postojati implementacije sledećeg tipa:
PartialEq<str> ili **PartialEq<[T]>**



OVERLOADING – OPERATORI `!=` | `==`

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Zašto se osobine zove **PartialEq**?
- Zbog toga što Rust implementira **f32** i **f64** u skladu sa **IEEE standardom**, te je jednakost samo parcijalno tačna
- U matematičkom smislu, nešto je strogo jednako ako su zadovoljene tri stvari:
 - Ako je **`x == y`** tačno, onda i **`y == x`** mora biti tačno
 - Ako je **`x == y`** i **`y == z`**, onda mora biti i **`x == z`**
 - **`x == x`** je uvek tačno
- Zbog implementacija brojeva sa pokretnim zarezom, ovo poslednje nije uvek tačno
- Po standardu **`0.0 / 0.0`** je **NaN (not-a-number)** i on nije ničemu jednako, pa ni samom sebi
- Ako se piše generički kod, onda mora da se koristi **PartialEq**



OVERLOADING – OPERATORI != | ==

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Ako se želi potpuna jednokost, onda se mora koristiti **Eq** osobina, koja proširuje **PartialEq**

```
trait Eq: PartialEq<Self> {}
```

- Svi tipovi koji implementiraju **PartialEq** implementiraju i **Eq**, osim **f32** i **f64**
- **Eq** ne dodaje nikakve nove metode
- Ako tip implementira **PartialEq** a želimo da implementira i **Eq**, mora se eksplicitno implementirati **Eq** iako se ne dodaju nove metode

```
impl<T: Eq> Eq for Complex<T> {}
```

- Naravno, može i Rast to da uradi za nas, ali se mora eksplicitno navesti

```
#[derive(Clone, Copy, Debug, Eq, PartialEq)]  
struct Complex<T> {  
    ...  
}
```



OVERLOADING – OPERATORI POREĐENJA

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Implementacija operatora `<`, `>`, `<=` i `>=` se nalazi u osobini **`std::cmp::PartialOrd`**

```
trait PartialOrd<Rhs = Self>: PartialEq<Rhs>
where
    Rhs: ?Sized,
{
    fn partial_cmp(&self, other: &Rhs) -> Option<Ordering>;

    fn lt(&self, other: &Rhs) -> bool { ... }
    fn le(&self, other: &Rhs) -> bool { ... }
    fn gt(&self, other: &Rhs) -> bool { ... }
    fn ge(&self, other: &Rhs) -> bool { ... }
}
```

- `PartialOrd`** proširuje **`PartialEq`** te se može primeniti samo nad tipovima koji implementiraju **`PartialEq`**
- Svaka funkcija uključuje predefinisanu implementaciju, osim **`partial_cmp`** koju morate implementirati sami



OVERLOADING – OPERATORI POREĐENJA

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Funkcija **partial_cmp** vraća **Some(o)**, gde **o** može imati bilo koju vrednost enumeracije **Ordering**

```
enum Ordering {  
    Less,      // self < other  
    Equal,    // self == other  
    Greater,  // self > other  
}
```

- Kada funkcija **partial_cmp** vrati **None**, to znači da ne postoji uređenost između **self** i **other** (ne postoji relacija na osnovu koje bi se odredilo da li su jednaki, veći ili manji)
- Od svih Rast tipova jedino tipovi sa pokretnim zarezom mogu vratiti **None** (šta mislite zašto?)
- **NoN?**



OVERLOADING – OPERATORI POREĐENJA

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Što se implementacije operatora tiče, svaki od relacionih operatora predstavlja skraćeni zapis poziva metode levog operanda sa parametrom koji predstavlja desni operand

Expression	Equivalent method call	Default definition
<code>x < y</code>	<code>x.lt(y)</code>	<code>x.partial_cmp(&y) == Some(Less)</code>
<code>x > y</code>	<code>x.gt(y)</code>	<code>x.partial_cmp(&y) == Some(Greater)</code>
<code>x <= y</code>	<code>x.le(y)</code>	<code>matches!(x.partial_cmp(&y), Some(Less) Some(Equal))</code>
<code>x >= y</code>	<code>x.ge(y)</code>	<code>matches!(x.partial_cmp(&y), Some(Greater) Some(Equal))</code>

- Podrazumeva se da je **`std::cmp::PartialOrd`** i **`std::cmp::Ordering`** u dosegu



OVERLOADING – OPERATORI POREĐENJA

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Kada su vrednosti dva tipa uvek uređena, tj. kada postoji sigurno definisana relacija između njih, koristi se **std::cmp::Ord**

```
trait Ord: Eq + PartialOrd<Self> {  
    fn cmp(&self, other: &Self) -> Ordering;  
}
```

- U osnovi proširuje **PartialOrd**
- Funkcija **cmp** kao rezultat vraća **Ordering** umesto **Option<Ordering>**
- Svi tipovi koji implementiraju **PartialOrd** implementiraju i **Ord**, osim **f32** i **f64**
- Primer reimplementacije relacionih operatora se ne može uvesti za kompleksne brojeve, barem ne smislen primer (zašto?)



OVERLOADING – OPERATORI POREĐENJA

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Primer, struktura koja reprezentuje interval (**lower, upper**):

```
#[derive(Debug, PartialEq)]  
struct Interval<T> {  
    lower: T, // inclusive  
    upper: T, // exclusive  
}
```

- Poređenje radi po principu:
 - jedan interval je manji od drugog ako je u potpunosti ispred drugog, bez preklapanja
 - jedan interval je veći od drugog ako je u potpunosti iza drugog, bez preklapanja
 - ako dolazi do preklapanja, onda nisu uređeni (nema relacije)
 - ako su isti, onda su jednaki



OVERLOADING – OPERATORI POREĐENJA

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Implementacija:

```
use std::cmp::{Ordering, PartialOrd};

impl<T: PartialOrd> PartialOrd<Interval<T>> for Interval<T> {
    fn partial_cmp(&self, other: &Interval<T>) -> Option<Ordering> {
        if self == other {
            Some(Ordering::Equal)
        } else if self.lower >= other.upper {
            Some(Ordering::Greater)
        } else if self.upper <= other.lower {
            Some(Ordering::Less)
        } else {
            None
        }
    }
}
```



OVERLOADING – INDEKSI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Moguće je tipu pridodati i indeks, tj. definisati kako se tip ponaša u izrazima tipa **`x[i]`** kroz implementaciju osobina **`std::ops::Index`** i **`std::ops::IndexMut`**
- Nizovi ovu osobinu implementiraju direktno, ali kod ostalih tipova je zapis **`x[i]`** skraćeno od **`*x.index(i)`** gde je **`index`** metoda osobine **`std::ops::Index`**
- Ako se indeks koristi za dodelu vrednosti ili mutabilno pozajmljivanje, onda je **`x[i]`** skraćeno od **`*x.index_mut(i)`** gde je **`index_mut`** metoda osobine **`std::ops::IndexMut`**

```
trait Index<Idx> {  
    type Output: ?Sized;  
    fn index(&self, index: Idx) -> &Self::Output;  
}
```

```
trait IndexMut<Idx>: Index<Idx> {  
    fn index_mut(&mut self, index: Idx) -> &mut Self::Output;  
}
```



OVERLOADING – INDEKSI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Tip povratne vrednosti **index** metode se preuzima kroz parametar
- Na primer, moguće je implementirati isečak samo jednim brojem, jer isečak implementira **Index<usize>**, ali i indeksirati ga rasponom od 2 broja, jer implementira i **Index<Range<usize>>**

```
*a.index(std::ops::Range { start: i, end: j })
```

- **IndexMut** proširuje osobinu **Index** sa **index_mut** metodom koja uzima mutabilnu referencu na **self**, a vraća mutabilnu referencu na izlaznu vrednost
- Rast automatski poziva **index_mut** u situacijama kada to izraz zahteva mutabilno indeksiranje
- Ograničenje uvedeno namerno je da se uvek vraća mutabilna referenca na neku vrednost, tako da prilikom dodele vrednosti, to mora isto biti referenca



OVERLOADING – INDEKSI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Primer: dvodimenzionalna slika koja omogućuje indeksiranje tipa:

```
image[row][column] = ...;
```

- U suprotnom, bi moralo ovako:

```
pixels[row * bounds.0 + column] = ...;
```

- Potrebna je struktura koja proširuje vektor:

```
struct Image<P> {  
    width: usize,  
    pixels: Vec<P>,  
}  
  
impl<P: Default + Copy> Image<P> {  
    /// Create a new image of the given size.  
    fn new(width: usize, height: usize) -> Image<P> {  
        Image {  
            width,  
            pixels: vec![P::default(); width * height],  
        }  
    }  
}
```



OVERLOADING – INDEKSI

Dragan de Dinu – Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Implementacija **Index** i **IndexMut**

```
impl<P> std::ops::Index<usize> for Image<P> {  
    type Output = [P];  
    fn index(&self, row: usize) -> &[P] {  
        let start = row * self.width;  
        &self.pixels[start..start + self.width]  
    }  
}
```

```
impl<P> std::ops::IndexMut<usize> for Image<P> {  
    fn index_mut(&mut self, row: usize) -> &mut [P] {  
        let start = row * self.width;  
        &mut self.pixels[start..start + self.width]  
    }  
}
```

- Kada se indeksira **Image** vraća se nazad isečak piksela, ideksiranje isečka, vraća individualni piksel



OVERLOADING – DRUGI OPERATORI

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Ne mogu se reimplementirati svi Rust operatori: `?`, `||`, `&&` operatori
- Rade na podršci za reimplementaciju ?

UTILITY TRAITS



- Rast sadrži nekoliko vrlo korisnih osobina iz standardne biblioteke koje se mogu koristiti, eventualno proširivati kako bi se pisao **Rast idiomatski kod (kod u duhu jezika)**
- To su **osobine za proširivanje jezika (Language extension traits)** – dodatna reimplementacija određenih osobina za sopstvene tipove (**Drop**, **Deref** i **DerefMut**, osobine za konverziju **From** i **Into**)
- **Marker osobine (Marker traits)** – koriste se za vezivanje promenljivih generičkog tipa za neka ograničenja (**Sized** i **Copy**)
- **Osobine javnog rečnika (Public vocabulary traits)** – koriste se za javne interfejse kada se želi obezbediti interoperabilnost bez preke potrebe za dodatnim kodom (**Default**, **AsRef**, **AsMut**, **Borrow**, **BorrowMut**, **TryFrom**, **TryInto**, **ToOwned**)

UTILITY TRAITS



Dragan de Dinnu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

Trait	Description
Drop	Destructors. Cleanup code that Rust runs automatically whenever a value is dropped.
Sized	Marker trait for types with a fixed size known at compile time, as opposed to types (such as slices) that are dynamically sized.
Clone	Types that support cloning values.
Copy	Marker trait for types that can be cloned simply by making a byte-for-byte copy of the memory containing the value.
Deref and DerefMut	Traits for smart pointer types.
Default	Types that have a sensible “default value.”
AsRef and AsMut	Conversion traits for borrowing one type of reference from another.
Borrow and BorrowMut	Conversion traits, like AsRef/AsMut, but additionally guaranteeing consistent hashing, ordering, and equality.
From and Into	Conversion traits for transforming one type of value into another.
TryFrom and TryInto	Conversion traits for transforming one type of value into another, for transformations that might fail.
ToOwned	Conversion trait for converting a reference to an owned value.



- Kada vlasnik izađe iz doseg, Rast oslobađa tu vrednost iz memorije (takođe i sve ostale vrednosti na koju se vlasnik referiše, kao i bilo koje druge sistemske resurse) – ova akcija se naziva **drop (the value is dropped)**
- U većini slučajeva **Rast realizuje drop automatski**
- Rast poseduje mehanizam kroz koji se može prilagoditi kako Rast radi to brisanje
- Pretpostaviti da postoji sledeća struktura:

```
struct Appellation {  
    name: String,  
    nicknames: Vec<String>  
}
```

- U osnovi Rust može da rukuje brisanjem bilo koje instance ove strukture, jer **zna kako da briše vrednosti sa Hipa** koje koriste **string** i **vektor**



- Ipak, ako se želi **prilagoditi kako Rast radi drop**, može se implementirati **drop** metoda iz **std::ops::Drop** osobine

```
trait Drop {  
    fn drop(&mut self);  
}
```

- Ovo je slično tome da je implementiran destruktor u C++ ili finalizer u nekim drugim jezicima
- Kada se briše vrednost, ako je implementirana, pozvaće se **drop** funkcija pre nego što se realizuje predefinisano ponašanje za brisanje
- Ova metoda se samo implicitno poziva, eksplicitni poziv **drop** metode izazvaće grešku
- Kako se **metoda poziva pre brisanja**, sama **vrednost** je i dalje **inicijalizovana** i **dozvoljeno je koristiti sve vrednosti** (polja, elemente) iz date vrednosti



- Implementacija **drop** metode za **Appellation** strukturu bi izgledalo ovako

```
impl Drop for Appellation {  
    fn drop(&mut self) {  
        print!("Dropping {}", self.name);  
        if !self.nicknames.is_empty() {  
            print!(" (AKA {})", self.nicknames.join(", "));  
        }  
        println!("");  
    }  
}
```



- **Appellation** struktura bi se mogla upotrebiti na sledeći način:

```
{
    let mut a = Appellation {
        name: "Zeus".to_string(),
        nicknames: vec!["cloud collector".to_string(),
                       "king of the gods".to_string()]
    };

    println!("before assignment");
    a = Appellation { name: "Hera".to_string(), nicknames: vec![] };
    println!("at end of block");
}
```

- Kada se druga vrednost pridoda **promenljivoj a**, prva se briše, zatim kada **a** izađe izvan opsega, briše se i druga vrednost, pa se ispisuje sledeće

```
before assignment
Dropping Zeus (AKA cloud collector, king of the gods)
at end of block
Dropping Hera
```



- **Drop** se najčešće koristi u situacijama kada se koriste neki resursi za koje Rast ne zna, ili ne može da upravlja njima
- Rastova standardna biblioteka koristi interno sledeći tip za reprezentaciju **deskriptora sistemskih datoteka**:

```
struct FileDesc {  
    fd: c_int,  
}
```

- **c_int** je alijas za **i32**
- **fd** polje **FileDesc** strukture je samo identifikator datoteka koju treba zatvoriti kada program završi sa njom
- **Drop** implementacija u standardnoj biblioteci za **FileDesc** izgleda:

```
impl Drop for FileDesc {  
    fn drop(&mut self) {  
        let _ = unsafe { libc::close(self.fd) };  
    }  
}
```



- **Drop** implementacija u standardnoj biblioteci za **FileDesc** izgleda:

```
impl Drop for FileDesc {  
    fn drop(&mut self) {  
        let _ = unsafe { libc::close(self.fd) };  
    }  
}
```

- **libc::close** je Rast ime za **close** funkcije C biblioteke
- Rast može da poziva C funkcije samo unutar unsafe blokova, pa se zato koristi
- Ako tip implementira **Drop**, ne može da implementira **Copy** osobinu



- **Sized tip** je tip čije su sve vrednosti uvek iste veličine
- Većina Rust tipova je **sized**, čak i **enum**
- **Vec<T>** je zapravo **sized**, jer njegov deo na steku uvek poznate veličine (bafer alociran na hipu je varijabilne veličine)
- Svi **sized** tipovi implementiraju **std::marker::Sized** osobinu
- Ova osobina nema ni metoda, ni funkcija
- Rust automatski implementira ovu osobinu za svaki tip koji zadovoljava, ne može se implementirati eksplicitno
- Jedina upotreba je za vezivanje tipova kada se želi naglasiti da u nekoj generičkoj implementaciji tip mora biti **sized**, npr. **T: Sized**
- Ovakva vrsta osobine se naziva **Marker Trait**, jer se koriste za **markiranje** (označavanje) **da nešto ima željenu karakteristiku**

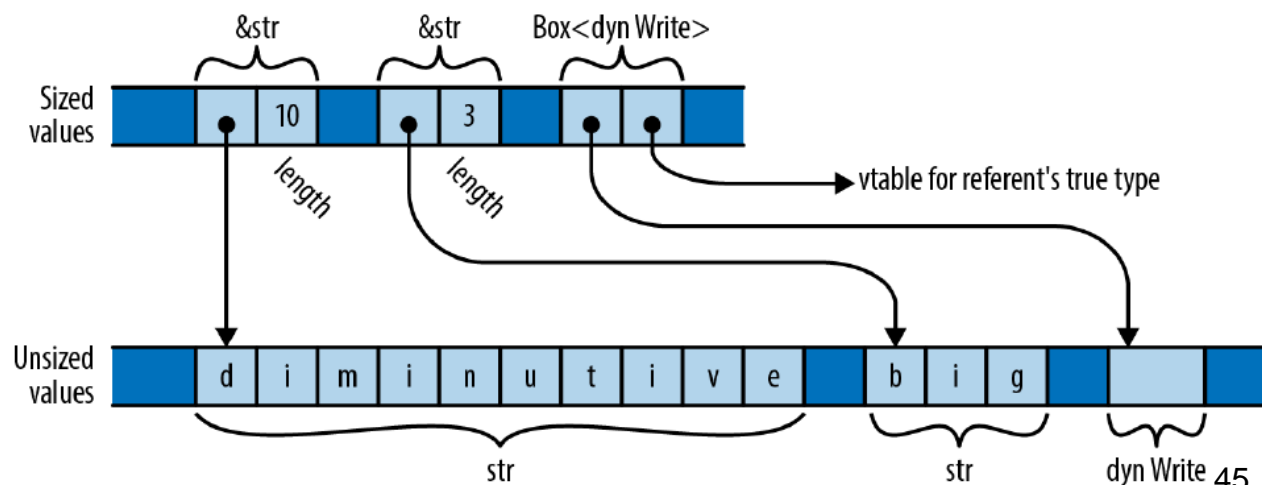
SIZED



Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Rast ima i nekoliko tipova koji su **unsized**, tj. koji nisu fiksne veličine
- Isečak tipa string, **str** (bez &) **nije fiksne veličine**
- String literali su različitih veličina
- Isečci iz tipova poput [T] nisu fiksne dužine
- Slično je i sa **dyn tipovima**
- Rast ne može da smesti **unsized** vrednosti u promenljive, već se oni koriste kroz reference, koji su uvek složeni pokazivači (**fat pointers**)

koji imaju dva dela, jedan je pokazivač, a drugi veličina onoga na šta se pokazuje





- Zbog toga što je primena **Unsize**d tipova ograničena, većina generičkih promenljivih je ograničena na **Sized** tipove
- U suštini **Sized** je **podrazumevana vrednost tipa** u Rastu
- Kada se napiše:
struct S<T> { ... }
Rast podrazumeva da je napisano:
struct S<T: Sized> { ... }
- **Ako se ne želi ograničiti T** na taj način, potrebno je to **eksplicitno** naglasiti:
struct S<T: ?Sized> { ... }
- **T: ?Sized** znači “not necessarily Sized”
- Ako napišete **struct S<T: ?Sized> { b: Box<T> }**, Rast će dozvoliti da se napiše i **S<str>** i **S<dyn Write>**

CLONE



Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- **std::clone::Clone** osobine se koristi kod tipova koji mogu da naprave kopiju sebe

- Definicija osobine:

```
trait Clone: Sized {  
    fn clone(&self) -> Self;  
    fn clone_from(&mut self, source: &Self) {  
        *self = source.clone()  
    }  
}
```

- Metoda **clone** treba da konstruiše nezavisnu kopiju sebe (**self**) i vrati je nazad
- Sama **Clone** osobina proširuje **Sized** osobinu i **clone** ne može da vrati **unsized** vrednost
- Samo **kloniranje je vrlo skupa operacija**, jer zahteva i kloniranje svega ostalog vezanog za tip koji se klonira



- Zbog cene kloniranja, Rust insistira na tome da se **clone poziva eksplicitno**
- Kloniranje je jedino jeftino kada se radi nad brojivim referencama, **Rc<T>** i **Arc<T>**
- **clone_from** metoda modifikuje **self** u kopiju izvora (**source**), tj. kopira izvor i onda ga pomera u ***self**
- Ako implementacija **clone** metode podrazumeva kloniranje svakog polja ili elementa tipa koji se klonira i konstruisanje novih vrednosti od kloniranih, onda je nije potrebno to implementirati, tj. podrazumevana implementacija je dovoljna i Rust će to sam implementirati
 - Potrebno je samo dodati **#[derive(Clone)]** iznad definicije tipa
- Gotovo svaki tip u standardnoj biblioteci (a da je smisleno kopirati ga), implementira **Clone**, čak i **String**, **Vec<T>**, **HashMap**



- Jednostavni tipovi koji ne sadrže posebne resurse mogu biti **Copy** tipovi za koje dodela vrednosti vrši kopiranje umesto pomeranja
- Tip je **Copy** tip ako implementira **std::marker::Copy** marker osobinu

```
trait Copy: Clone { }
```

- Implementacija je jednostavna:

```
impl Copy for MyType { }
```

- Ova osobina ima posebno značenje za sam jezik, te je dozvoljena samo za tipove kojima je potrebno plitko (**shallow**) **bajt-za-bajt kopiranje**
- Tipovi koji poseduje bilo koje druge resurse, poput hip memorije, kopiranje nije dozvoljeno
- Rast će automatski dodeliti **Copy** osobinu tipu, potrebno je samo dodati **#[derive(Copy)]** iznad definicije tipa



DEREF I DEREFMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Kako će se `*` i `.` operatori za dereferenciranje ponašati, može se definisati reimplementacijom `std::ops::Deref` i `std::ops::DerefMut` osobina
- Ugrađeni tipovi poput `Box<T>` i `Rc<T>` implementiraju ove operatore u skladu sa prirodom jezika i ponašanjem ugrađenih Rast tipova pokazivača
 - Ako postoji promenljiva `b` tipa `Box<Complex>`, onda `*b` se odnosi na vrednost tipa `Complex` na koju `b` pokazuje, a `b.re` se odnosi njenu komponentu
- Ako je kontekst takav da se dodeljuje ili pozajmljuje promenljiva referenca na neku vrednost, onda kompajler koristi `DerefMut` osobinu (“dereference mutably”), ako je dovoljan **read-only pristup**, koristi se `Deref` osobina



DEREF I DEREFMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Osobine imaju sledeću definiciju:

```
trait Deref {  
    type Target: ?Sized;  
    fn deref(&self) -> &Self::Target;  
}
```

```
trait DerefMut: Deref {  
    fn deref_mut(&mut self) -> &mut Self::Target;  
}
```

- Metode **deref** i **deref_mut** uzimaju **&Self** referencu i vraćaju **&Self::Target** referencu
- **Target** mora biti nešto što **Self** sadrži, poseduje ili se odnosi na; npr. za **Box<Complex>** tip od **Target** je **Complex**
- **DerefMut** proširuje **Deref**
- Kako metoda vraća referencu sa životnim vekom koji je isti kao i životni vek **&self**, **self** ostaje pozajmljena sve dok i referenca živi



DEREF I DEREFMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Rast koristi ove osobine da izvrši automatsku konverziju iz **&Self** u **&Self::Target**
- U prevodu ako bi ubacivanje **deref** poziva omogućilo da se izbegne **type mismatch**, kompajler automatski ubacuje poziv
- Naravno, ubacivanje **deref_mut** omogućava da se izbegne **type mismatch** za promenljive reference
- Ovo se naziva **deref coercions** (nametnuto dereferenciranje), jer se jednom tipu nameće da se ponaša kao drugi tip (**Rast ovo može da uradi i više puta za redom ako je potrebno**)
- Npr. primena **split_at** direktno nad **Rc<String>** je moguća, jer se **&Rc<String>** dereferencira u **&String**,
koji se dereferencira u **&str**,
koji poseduje **split_at** metodu



DEREF I DEREFMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Na primer, pretpostaviti sledeću strukturu:

```
struct Selector<T> {  
    /// Elements available in this `Selector`.  
    elements: Vec<T>,  
  
    /// The index of the "current" element in `elements`. A `Selector`  
    /// behaves like a pointer to the current element.  
    current: usize  
}
```

- Da bi se ona ponašala kako stoji u komentaru, potrebno je implementirati **Deref** i **DerefMut** za datu strukturu



DEREF I DEREFMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Da bi se ona ponašala kako stoji u komentaru, potrebno je implementirati **Deref** i **DerefMut** za datu strukturu

```
use std::ops::{Deref, DerefMut};

impl<T> Deref for Selector<T> {
    type Target = T;
    fn deref(&self) -> &T {
        &self.elements[self.current]
    }
}

impl<T> DerefMut for Selector<T> {
    fn deref_mut(&mut self) -> &mut T {
        &mut self.elements[self.current]
    }
}
```

```
struct Selector<T> {
    /// Elements available
    elements: Vec<T>,

    /// The index of the
    /// behaves like a pointer
    current: usize
}
```

DEREF I DEREFMUT



Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Sa tom implementacijom **Deref** i **DerefMut** osobina **Selektor** se može koristiti na sledeći način:

```
let mut s = Selector { elements: vec!['x', 'y', 'z'],  
                      current: 2 };
```

```
// Because `Selector` implements `Deref`, we can use the `*` operator to  
// refer to its current element.  
assert_eq!(*s, 'z');
```

```
// Assert that 'z' is alphabetic, using a method of `char` directly on a  
// `Selector`, via deref coercion.  
assert!(s.is_alphabetic());
```

```
// Change the 'z' to a 'w', by assigning to the `Selector`'s referent.  
*s = 'w';
```

```
assert_eq!(s.elements, ['x', 'y', 'w']);
```

DEFAULT



Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Kod nekih tipova postoje očigledne predefinisane početne vrednosti: **prazan string**, **prazan vektor**, **nula** kod brojeva, **None** kod **Option** isl.
- Ovakvi tipovi mogu da implementiraju **std::default::Default** osobinu

```
trait Default {  
    fn default() -> Self;  
}
```

- Implementacija bi imala sledeći izgled:

```
impl Default for String {  
    fn default() -> String {  
        String::new()  
    }  
}
```

- **default** metoda jednostavno vraća novu vrednost tipa **Self**
- Sve kolekciju u Rastu, **Vec**, **HashMap**, **BinaryHeap** i dr. implementiraju **Default** kod koje **default** metoda vraća praznu vrednost

DEFAULT



Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Druga uobičajena primena **Default** je da definiše podrazumevane vrednosti za polja neke strukture (tako da ona ne moraju da se popune, već će se popuniti podrazumevanim vrednostima)
- Primer, **glium sanduk** implementira metoda za rad sa **OpenGL**-om, njena struktura **glium::DrawParameters** ima 24 polja koja kontrolišu različite stvari vezane za to kako bi **OpenGL** trebao nešto da renderuje
- Sva ta polja imaju predefinisane vrednosti, te se prilikom kreiranja instance **DrawParameters** strukture prosleđuju samo vrednosti za polja koja su različita, dok se vrednosti ostalih polja postave na predefinisane vrednosti pozivom **default** metode

```
let params = glium::DrawParameters {  
    line_width: Some(0.02),  
    point_size: Some(0.02),  
    .. Default::default()  
};
```

```
target.draw(..., &params).unwrap();
```

DEFAULT



Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Ako tip **T** implementira **Default**, onda Rast automatski implementira **Default** za **Rc<T>**, **Arc<T>**, **Box<T>**, **Cell<T>**, **RefCell<T>**, **Cow<T>**, **Mutex<T>** i **RwLock<T>**
- Predefinisana vrednost za **Rc<T>** je referenca na predefinisanu vrednost za tip **T**
- Ako svi elementi torke implementiraju **Default** onda i torka implementira **Default** koja će naravno sadržati predefinisane vrednosti svih elemenata torke
- Rast ne implementira **Default** eksplicitno za strukturu čak i ako svako polje strukture implementira **Default**
- Ako sva polja implementiraju **Default** onda je moguće implementirati **Default** automatski za datu strukturu upotrebom **#[derive(Default)]**



ASREF I ASMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- **AsRef** i **AsMut** osobine omogućuje implementaciju efikasnog pozajmljivanja za dati tip, prvo je naravno za read-only, drugo je promenljivo pozajmljivanje

```
trait AsRef<T: ?Sized> {  
    fn as_ref(&self) -> &T;  
}
```

```
trait AsMut<T: ?Sized> {  
    fn as_mut(&mut self) -> &mut T;  
}
```

- **AsRef<T>** znači da se od tipa **T** može efikasno pozajmiti **&T**
- **Vec<T>** implementira **AsRef<[T]>** i **String** implementira **AsRef<str>**, ali implementira i **AsRef<[u8]>** te omogućava efikasno pozajmljivanje sadržaja stringa kao niz bajtova
- **AsRef** se obično koristi kako bi se napravilo da funkcije budu fleksibilnije u tome koje vrste argumenata prihvataju



- Na primer, **std::fs::File::open** funkcija se deklarise na sledeći način:

```
fn open<P: AsRef<Path>>(path: P) -> Result<File>
```

- **Open** funkcija tu želi referencu na putanju koja reprezentuje putanju u fajl sistemu, ali je ovakav zapis čini fleksibilnom u smisli da će prihvatiti bilo šta što implementira **AsRef<Path>** a to podrazumeva i **String** i **str**, ali i **OsString** i **OsStr** (koji su string implementacije sistemskih naziva), i **PathBuf** i **Path** (koje implementiraju putanju)
- Zato je moguće proslediti i string u pozivu **open** funkcije

```
let dot_emacs = std::fs::File::open("/home/jimb/.emacs"?);
```

BORROW I BORROWMUT



Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Radi slično kao i **AsRef**, omogućuje efikasno pozajmljivanje, ali uz više restrikcija
- Deo je **std::borrow::Borrow** osobine
- Ako tip **T** implementira **Borrow<T>**, onda **borrow** metoda efikasno pozajmljuje **&T**
- **Borrow** se treba implementirati samo u situacijama kada se **&T** hešira i poredi na isti način kao i vrednost od koje se pozajmljuje
- Zbog toga je **Borrow** najkorisnija kada se koristi za ključeve u heš tabelama ili stablima ili kada se koristi za vrednosti koje će biti heširane ili upoređivane za neke druge svrhe
- Ako se pozajmljuje od **String** putem **AsRef**, onda će, na primer, sva tri pozajmljivanja, **AsRef<str>**, **AsRef<[u8]>**, **AsRef<Path>** imati različite heš vrednosti



BORROW I BORROWMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Definicija izgleda slično **AsRef** definiciji

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

- **Borrow** je dizajniran za tačno određenu situaciju sa generičkim heš tabelama i drugim asocijativnim tipovima
- Najbolje je objasniti na primeru, pretpostaviti da postoji heš tabele koja mapira string na broj, **std::collections::HashMap<String, i32>**
- Ključ heš tabele je string
- Metoda za traženje zapisa u tabeli mogla bi da ima sledeću izgled:

```
impl<K, V> HashMap<K, V> where K: Eq + Hash  
{  
    fn get(&self, key: K) -> Option<&V> { ... }  
}
```



BORROW I BORROWMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Problem u toj implementaciji što je tip ključa, **K**, u ovom slučaju, **String**, pa se ovde **String** mora prenositi po vrednosti, što je besmisleno trošenje resursa (mora se klonirati svaki put)
- Zapravo je potrebna samo referenca na ključ

```
impl<K, V> HashMap<K, V> where K: Eq + Hash
{
    fn get(&self, key: &K) -> Option<&V> { ... }
}
```

- Ovo je bolje, ali sada kada se želi **proslediti String kao ključ**, mora se proslediti njegova referenca, što je malo nakaradno kada se radi sa neposrednim operandima

```
hashtable.get(&"twenty-two".to_string())
```

- U osnovi dovoljno bi bilo poslati bilo šta što se može heširati, tako da bi i **&str** bilo dovoljno u ovom slučaju, ali za to treba **Borrow**



BORROW I BORROWMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Ovako to izgleda u standardnoj biblioteci:

```
impl<K, V> HashMap<K, V> where K: Eq + Hash
{
    fn get<Q: ?Sized>(&self, key: &Q) -> Option<&V>
        where K: Borrow<Q>,
              Q: Eq + Hash
    { ... }
}
```

- Ovo ovde znači da se može pozajmiti **&Q** kao ključ onoga što se traži, ali i da postoji garancija da će se **&Q** heširati isto kao **Q**
- String implementira **Borrow<str>** i **Borrow<String>**, tako da ovaj kod omogućuje da se prosledi ili **&String** ili **&str** kao ključ
- **Vec<T>** i **[T: N]** implementiraju **Borrow<[T]>**
- Svaki string-like tip dozvoljava pozajmljivanje svog isečka
- Takođe, svaki tip može da pozajmi samog sebe, **T: Borrow<T>**



BORROW I BORROWMUT

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- **BorrowMut** zapravo služi za implementaciju promenljivog pozajmljivanja
- Svaki **&mut T** takođe implementira **Borrow<T>** i vreća referencu **&T**
- **BorrowMut** osobina analogna je **Borrow** osobini

```
trait BorrowMut<Borrowed: ?Sized>: Borrow<Borrowed> {  
    fn borrow_mut(&mut self) -> &mut Borrowed;  
}
```

- Sva ograničenja vezana za **Borrow** važe i kod **BorrowMut**



- Osobine **std::convert::From** i **std::convert::Into** reprezentuju konverzije koje konzumiraju vrednost jednog tipa i vraćaju vrednost drugog tipa
- Obe osobine preuzimaju vlasništvo nad argumentom, transformišu ga i predaju vlasništvo pozivaocu
- Definicije su simetrične

```
trait Into<T>: Sized {  
    fn into(self) -> T;  
}
```

```
trait From<T>: Sized {  
    fn from(other: T) -> Self;  
}
```

- Rast automatski implementira trivijalne transformacije svakog tipa u samog sebe: svaki tip **T** implementira **From<T>** i **Into<T>**



FROM I INTO

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Iako u osnovi predstavljaju implementaciju iste stvari samo u različitim smerovima, u suštini se koriste različito
- **Into** se uobičajeno koristi kako bi se namestilo da funkcije budu fleksibilnije u vrsti argumenata koje primaju, npr.

```
use std::net::Ipv4Addr;  
fn ping<A>(address: A) -> std::io::Result<bool>  
    where A: Into<Ipv4Addr>  
{  
    let ipv4_address = address.into();  
    ...  
}
```

- Što omogućuje da **ping** prima kao argument sve tipove koji implementiraju **Into<Ipv4Addr>**, u osnovi **u32** ili **[u8;4]**
- Sve što **ping** zna o adresi je da ona implementira **Into<Ipv4Addr>** ali nije potrebno navesti tip kod poziva **into**, jer samo jedan tip tu odgovara, te će Rast sam odrediti tu tip



- Sada sve ove verzije **ping** funkcije prolaze

```
println!("{:?}", ping(Ipv4Addr::new(23, 21, 68, 141))); // pass an Ipv4Addr
println!("{:?}", ping([66, 146, 219, 98]));           // pass a [u8; 4]
println!("{:?}", ping(0xd076eb94_u32));             // pass a u32
```



FROM I INTO

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- **From** osobina ima drugačiju ulogu, ona se koristi kao generički konstruktor koja će napraviti instancu tipa na osnovu neke druge vrednosti
- Na primer, da **Ipv4Addr** ne bi imao dve metode, **from_array** i **from_u32**, ono jednostavno implementira **From<[u8;4]>** i **From<u32>**, što omogućava da se napiše sledeće:

```
let addr1 = Ipv4Addr::from([66, 146, 219, 98]);  
let addr2 = Ipv4Addr::from(0xd076eb94_u32);
```

- Na osnovu tipa argumenta (**type inference**) se odlučuje koja će se implementacija pozivati
- Uz adekvatnu implementaciju **From** osobine, standardna Rast biblioteka automatski generiše **Into** osobinu



- Pošto **from** i **into** metode preuzimaju vlasništvo nad svojim argumentima, sama konverzija može iskoristiti resurse preuzetih argumenata kako bi konstruisale konvertovanu vrednost
- Npr.

```
let text = "Beautiful Soup".to_string();  
let bytes: Vec<u8> = text.into();
```

- Implementacija **Into<Vec<u8>>** metode u **String** tipu, jednostavno uzima bafer iz stringa i menja mu namenu, i tako promenjene namene ga vraća kao bafer koji sadrži elemente vektora
- Ovo je način da se neki ograničeni tip pretvori u neki fleksibilniji tip a da se pri tome ne umanjuju ograničenja osnovnog tipa (**text** više nije inicijalizovan posle pomeranja, tako da to što mi radimo sa baferom više nema veze sa samim tekstom)



FROM I INTO

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Za razliku od **AsRef/AsMut**, **From/Into** nije namenjeno jednostavnim konverzijama, već omogućuju da se unutar njih rade i kompleksne, zahtevne operacije
- Na primer, **std::collections::BinaryHeap<T>** implementira **From<Vec<T>>**, koji poredi i preuređuje redosled elemenata kolekcije u skladu sa zahtevima algoritma kojeg implementira
- **From** i **Into** se koriste u situacijama kada se očekuje da konverzija uvek uspe



TRYFROM I TRYINTO

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- **TryFrom** i **TryInto** osobine se koriste u situacijama kada konverzija može da ne uspe
- Tako na primer, Rast ne implementira **From<i64>** za **i32**, već **TryFrom<i64>** (koji je **problem sa konverzijom iz i64 u i32?**)
- Kao i kod **From/Into**, tako i kod **TryFrom/TryInto**, ako je implementiran **TryFrom**, Rast može automatski da generiše implementaciju za **TryInto**
- Definicija je samo malo kompleksnija nego za **From/Into**

```
pub trait TryFrom<T>: Sized {  
    type Error;  
    fn try_from(value: T) -> Result<Self, Self::Error>;  
}
```

```
pub trait TryInto<T>: Sized {  
    type Error;  
    fn try_into(self) -> Result<T, Self::Error>;  
}
```

```
trait Into<T>: Sized {  
    fn into(self) -> T;  
}  
  
trait From<T>: Sized {  
    fn from(other: T) -> Self;  
}
```



TRYFROM I TRYINTO

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Kao što se može videti, **try_into** metoda vraća **Result** tako da možemo odlučiti šta da radimo kada konverzija ne uspe
- U slučaju konverzije većeg broja u manji, nešto veće od i32 u i32:

```
use std::convert::TryInto;
// Saturate on overflow, rather than wrapping
let smaller: i32 = huge.try_into().unwrap_or(i32::MAX);
```

- Slično je i za slučaj kada mora da se rukuje konverzijom negativnih brojeva

```
let smaller: i32 = huge.try_into().unwrap_or_else(|_|{
    if huge >= 0 {
        i32::MAX
    } else {
        i32::MIN
    }
});
```



TRYFROM I TRYINTO

Dragan de Dinu - Paralelne i distribuirane arhitekture i jezici

- Koliko će biti kompleksna poruka o grešci, tj. **Error** tip, zavisi od konkretne implementacije
- Standardna biblioteka koristi praznu strukturu
- Konverzije kompleksnijih tipova zahteva više informacije:

```
impl TryInto<LinearShift> for Transform {
    type Error = TransformError;

    fn try_into(self) -> Result<LinearShift, Self::Error> {
        if !self.normalized() {
            return Err(TransformError::NotNormalized);
        }
        ...
    }
}
```

- U osnovi **TryFrom/TryInto** predstavlja kompleksniju verziju **From/Into**



- **std::borrow::ToOwned** osobina omogućuje da se referenca pretvori u vrednosti koja je u vlasništvu (**owned value**)

```
trait ToOwned {  
    type Owned: Borrow<Self>;  
    fn to_owned(&self) -> Self::Owned;  
}
```

- Za razliku od **clone**, koja mora da vrati tačno **Self**, **to_owned** može da vrati bilo šta što može da pozajmi **&Self**
- **Owned** tip mora da implementira **Borrow<Self>**
- Može se pozajmiti **&[T]** iz **Vec<T>**, tako da **[T]** može implementirati **ToOwned<Owned=Vec<T>>**, sve dok **T** implementira **Clone**, tako da se elementi isečka mogu kopirati u vektor

Dragan de Dinu - Paralele i distribuirane arhitekture i jezici