

I dettagli del linguaggio

2024-25

Variabili e tipi

- Una variabile lega un valore ad un nome
 - Viene introdotta dalla parola chiave **let**
- Rust favorisce l'**immutabilità**
 - Di base, una variabile può essere legata ad UN SOLO VALORE, per tutta la sua esistenza
 - E' possibile indicare che la variabile potrà essere legata, in futuro, ad un altro valore (dello stesso tipo) aggiungendo alla parola chiave **let** il modificatore **mut**
- Ad ogni variabile è associato **staticamente** (cioè, per tutta la durata del programma) un tipo
 - Il tipo definisce l'insieme dei valori che possono essere memorizzati in una variabile, così come l'insieme delle operazioni che possono essere effettuate su tali valori
- Il tipo associato ad una variabile può essere esplicitamente definito nella clausola **let** che introduce la variabile
 - Il motore di inferenza dei tipi consente, nella maggior parte dei casi, di dedurre il tipo di una variabile dal valore con cui è stata inizializzata, rendendo opzionale la dichiarazione esplicita

Variabili e tipi

```
let v: i32 = 123; // v è immutabile e ha tipo i32 (intero a 32 bit con segno)
// v = -5;           // ERRORE: Non è possibile riassegnare il valore
```

```
let mut w = v;      // w può essere riassegnata, ha lo stesso tipo di v (i32)
w = -5;             // OK. Ora w vale -5
```

```
let x = 1.3278;      // x è immutabile di tipo f64 (floating point a 64 bit)
```

```
let y = 1.3278f32;   // y è immutabile di tipo f32 (floating point a 32 bit)
```

```
let one_million = 1_000_000 // si possono usare '_' per separare le cifre
```

Valori ed espressioni

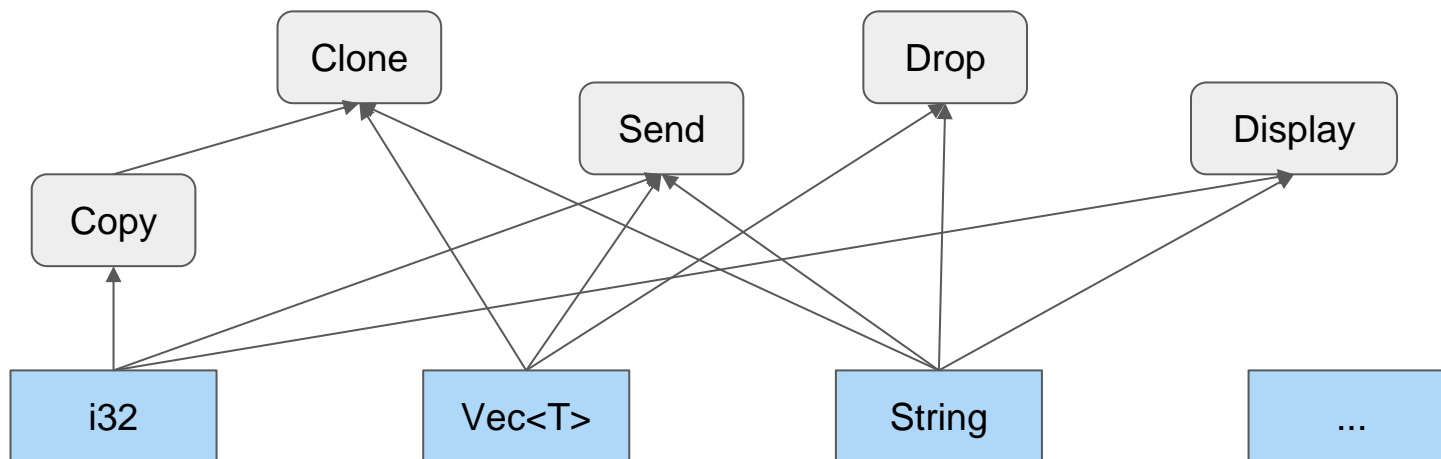
- Un'espressione è un costrutto sintattico la cui esecuzione produce un valore di un dato tipo
 - `4 + (3 * 2)`
 - Le espressioni sono valutate bottom-up, si possono usare le parentesi tonde per modificare l'ordine con cui un'espressione viene valutata
 - Una variabile è un modo comodo per catturare il risultato di un'espressione attribuendogli un nome, per poterlo usare in seguito
- Tutte le espressioni producono un valore
 - A differenza di quanto avviene in C e in C++, la maggior parte delle istruzioni vengono viste come espressioni (e, di conseguenza, producono un valore)
 - Ma, al contrario, alcuni costrutti che in C e C++ restituiscono un valore (come le assegnazioni), in Rust hanno tipo `()` - che corrisponde al tipo `void` del C/C++

Tipi e tratti

- Rust offre un insieme di tipi predefiniti (tipi elementari, tuple, stringhe, array, slice, never, vari tipi di puntatori, ...)
 - E' possibile definire tipi ulteriori sotto forma di struct, enum, union, funzioni, chiusure, ulteriori tratti...
- A differenza di quanto succede in altri linguaggi, i tipi **NON** sono organizzati in una gerarchia di ereditarietà
 - Le proprietà di cui il tipo gode (ed il modo con cui il compilatore tratta i valori di quel tipo) sono invece definite attraverso un meccanismo dichiarativo basato su un insieme di **tratti**
- Un **tratto** descrive un insieme di comportamenti (metodi) che un dato tipo implementa
 - Il compilatore utilizza l'informazione che un certo tipo implementa un dato tratto per governare il codice che viene generato manipolando un'espressione che consuma o genera quel particolare tipo
 - I tratti assomigliano a quelle che in altri linguaggi sono chiamate interfacce: insiemi di metodi privi di implementazione o con un'implementazione di default (sovrascrivibile)
- Qualsiasi tipo, predefinito o meno, può implementare zero o più tratti

Tipi e tratti

- Poiché tipi diversi possono implementare tratti comuni, si viene a creare una forma di “parentela” alquanto articolata tra tipi
 - Rust introduce una ventina di tratti predefiniti, cui il compilatore associa un particolare significato, e permette al programmatore di aggiungerne altri a piacere, al fine di estendere tale comportamento



Tipi elementari

- Numeri interi con segno
 - `i8, i16, i32, i64, i128, isize`
- Numerici interi senza segno
 - `u8, u16, u32, u64, u128, usize`
- In virgola mobile (IEEE 754)
 - `f32, f64`
- Logici
 - `bool`
- Caratteri (32 bit, Unicode Scalar Value)
 - `char`
- Unit
 - `()` - rappresenta una tupla di 0 elementi, `()` indica sia il tipo che il suo unico possibile valore
 - Corrisponde al tipo void in C/C++

Tuple

- Rappresentano collezioni ordinate di valori eterogenei
 - Vengono costruite racchiudendo i valori in parentesi tonde
 - Una tupla ha tipo (T_1, T_2, \dots, T_n) , dove T_1, T_2, \dots, T_n sono i tipi dei singoli valori membro
- Si accede al contenuto di una tupla utilizzando la notazione `.0`, `.1`, ...
 - Una tupla può contenere un numero arbitrario di valori
 - Simili a `std::tuple` del C++ ma con accesso semplificato (`.<numero campo>` al posto di `std::get< <numero campo> >(tupla)`)

```
let t: (i32, bool) = (123, false); // t è una tupla formata da un intero
                                   // e da un booleano
```

```
let mut u = (3.14, 2.71);          // u è una tupla riassegnabile formata
                                   // da due double
```

```
let i = t.0;                        // i contiene il
valore 123
```

```
u.1 = 0.0;                          // adesso u contiene
```


Puntatori e memoria

- Rust offre vari modi per rappresentare indirizzi in memoria
 - Riferimenti (condivisi e mutabili)
 - Box
 - Puntatori nativi (costanti e mutabili)
- A differenza di quanto capita in C e C++, l'uso dei puntatori è abbondantemente semplificato grazie alle garanzie offerte dal compilatore del linguaggio
 - Che verifica il **possesso** ed il **tempo di vita** delle variabili e garantisce che possano avvenire solo accessi che è possibile dimostrare essere leciti (oppure forza il programmatore ad assumersi la responsabilità della correttezza del proprio operato racchiudendo il codice in un blocco **unsafe** {...})

Riferimenti

- L'espressione **let r1 = &v;**, dove **v** è un qualsiasi valore o espressione, definisce ed inizializza il **riferimento r1**
 - La variabile **r1** prende a prestito (*borrow*s) il valore **v** e potrà accedervi (in sola lettura) con l'espressione ***r1**
 - Un riferimento viene rappresentato internamente come un blocco di memoria contenente l'indirizzo di memoria in cui il valore è memorizzato
 - I riferimenti in sola lettura possono essere copiati, assegnandoli ad un'altra variabile o passandoli come parametro ad una funzione: ma fino a che esiste almeno un riferimento ed è in uso, il valore originale non è modificabile
- L'espressione **let r2 = &mut v;** definisce ed inizializza il riferimento mutabile **r2**
 - La variabile **r2** prende a prestito, **in modo esclusivo**, il valore **v** e permette di modificarlo (ad esempio, scrivendo ***r2 = ...;**)
 - Finché un riferimento mutabile esiste ed è in uso, non è possibile né creare altri riferimenti (mutabili o meno) al valore originale, né accedere in alcun modo al valore originale

Riferimenti

- Sebbene possano apparire simili ai puntatori in C/C++, i riferimenti Rust non possono mai essere nulli
 - Né, tantomeno, contenere l'indirizzo di un valore che è stato già rilasciato o non è stato inizializzato
- I riferimenti implementano una logica *single writer or multiple readers*
 - Il compilatore, attraverso un apposito modulo detto *borrow checker* si fa carico di garantire questa regola che costituisce la base delle regole di sanità all'interno di Rust
- Un riferimento Rust è profondamente diverso dall'equivalente C++, pur avendo una notazione vagamente simile
 - In C++, è lecito costruire solo riferimenti a variabili, non al risultato di un'espressione temporanea: un riferimento costituisce un alias alla variabile a cui è stato inizializzato
 - Poiché il C++ non gestisce in modo specifico l'esistenza in vita né tiene conto delle duplicazioni, i riferimenti C++ possono diventare invalidi e dare origine a comportamenti non definiti

Riferimenti

```
fn main() {  
    let mut i = 32;  
  
    let r = &i;  
    println!("{}", *r);  
  
    i = i+1;    // Problematico!  
    println!("{}", *r);  
}
```

```
fn main() {  
    let mut i = 32;  
  
    let r = &mut i;  
    println!("{}", i); // Problema!  
  
    *r = *r+1;  
    println!("{}", *r);  
}
```

error[E0506]: cannot assign to `i` because it is borrowed

--> [src/main.rs:11:3](#)

```
8 |     let r = &i;  
  |           -- borrow of `i` occurs here  
...  
11 |     i = i+1;  
   |     ^^^^^^ assignment to borrowed `i` occurs here  
12 |     println!("{}", *r);  
   |                   -- borrow later used here
```

error[E0502]: cannot borrow `i` as immutable because it is also borrowed as mutable

--> [src/main.rs:9:18](#)

```
8 |     let r = &mut i;  
  |           ----- mutable borrow occurs here  
9 |     println!("{}", i);  
  |                   ^ immutable borrow occurs here  
10 |  
11 |     *r = *r+1;  
   |         -- mutable borrow later used here
```

Box<T>

- Una variabile locale è **SEMPRE** allocata sullo stack
 - Questo si estende di una quantità pari alla dimensione del valore che deve essere memorizzato nella variabile
 - Quando la variabile esce dal proprio scope sintattico (quando, cioè, il programma raggiunge la fine del blocco in cui la variabile è stata definita), lo stack si contrae ed il valore viene rilasciato
- In alcune situazioni **non è nota la dimensione** del dato che deve essere memorizzato
 - In altri, occorre **prolungare il tempo di vita** del valore oltre quello del blocco sintattico in cui è definito
- In queste occasioni si può allocare un oggetto sullo heap, utilizzando il tipo generico **Box<T>**
 - Una variabile di questo tipo contiene il puntatore al valore

Box<T>

- Si alloca un valore di tipo **Box** con il costrutto

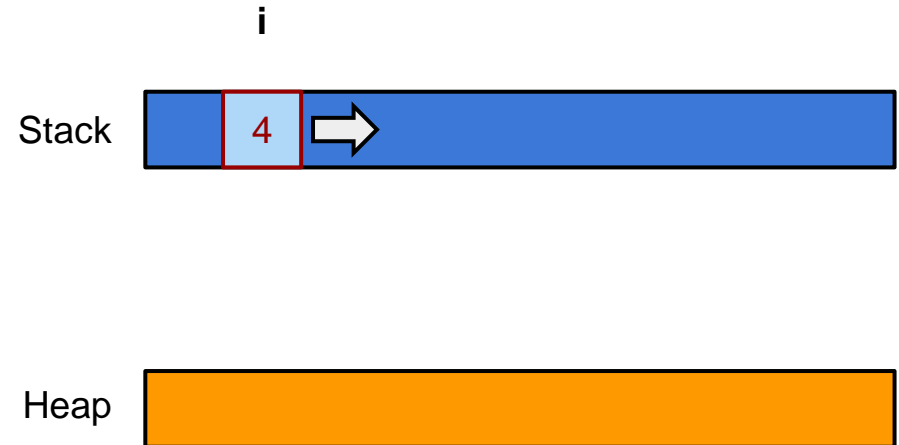
let b = Box::new(v);

dove **v** è un qualsiasi valore

- Questa istruzione definisce la variabile **b** che conterrà un puntatore ad un blocco allocato sullo heap che a sua volta contiene il valore **v**
- Si accede al valore contenuto nel blocco con l'espressione ***b**
 - Se la variabile **b** è definita come mutabile, è possibile modificare il contenuto a cui si punta con l'espressione ***b = ...;**
- Quando l'esecuzione del programma raggiungerà la fine del blocco di codice in cui la variabile **b** è stata definita (fine del sua visibilità sintattica), il blocco sarà rilasciato
 - A meno che il contenuto di **b** (il puntatore al blocco) sia stato **mosso** in un'altra variabile

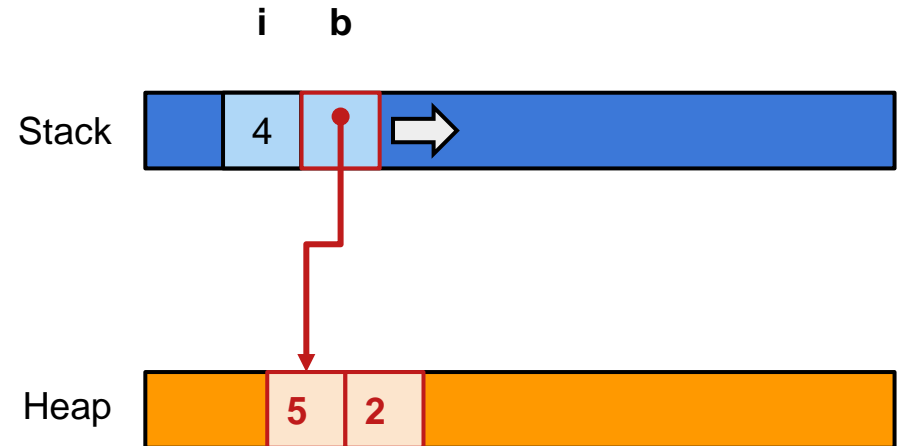
Box<T>

```
fn useBox() {  
  let i = 4;  
  let mut b = Box::new( (5, 2) );  
  
  (*b).1 = 7;  
  
  println!("{:?}", *b); // (5,7)  
  println!("{:?}", b);  // (5,7)  
}
```



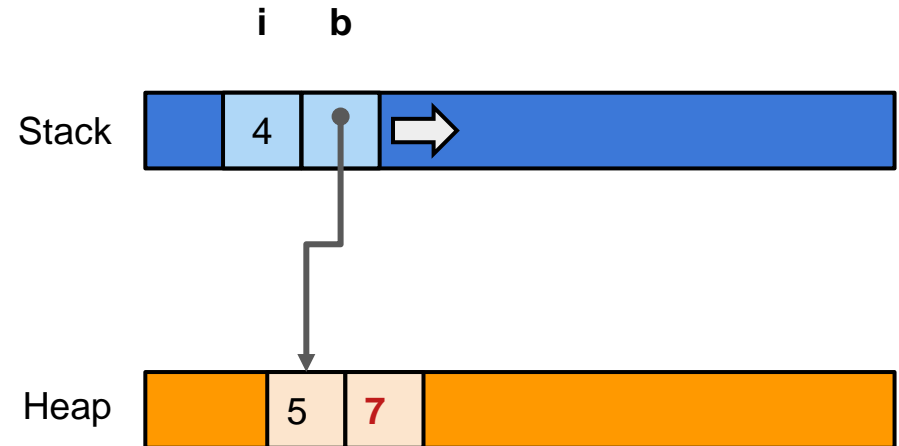
Box<T>

```
fn useBox() {  
  let i = 4;  
  let mut b = Box::new( (5, 2) );  
  
  (*b).1 = 7;  
  
  println!("{:?}", *b); // (5,7)  
  println!("{:?}", b);  // (5,7)  
}
```



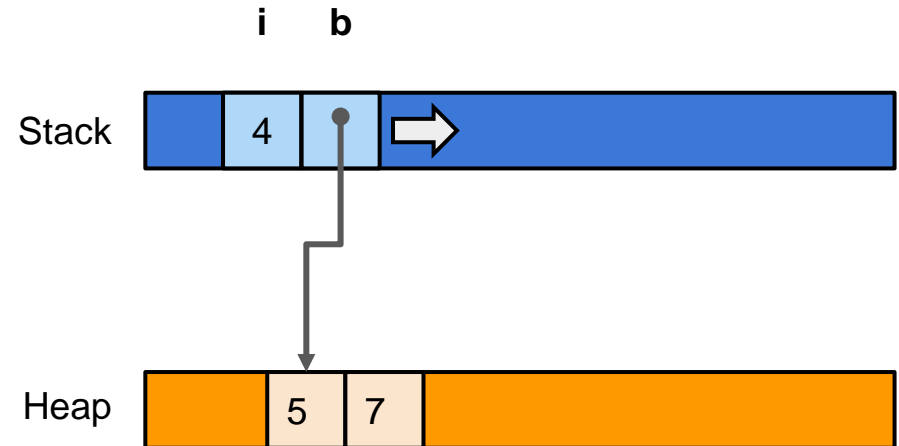
Box<T>

```
fn useBox() {  
  let i = 4;  
  let mut b = Box::new( (5, 2) );  
  
  (*b).1 = 7;  
  
  println!("{:?}", *b); // (5,7)  
  println!("{:?}", b);  // (5,7)  
}
```



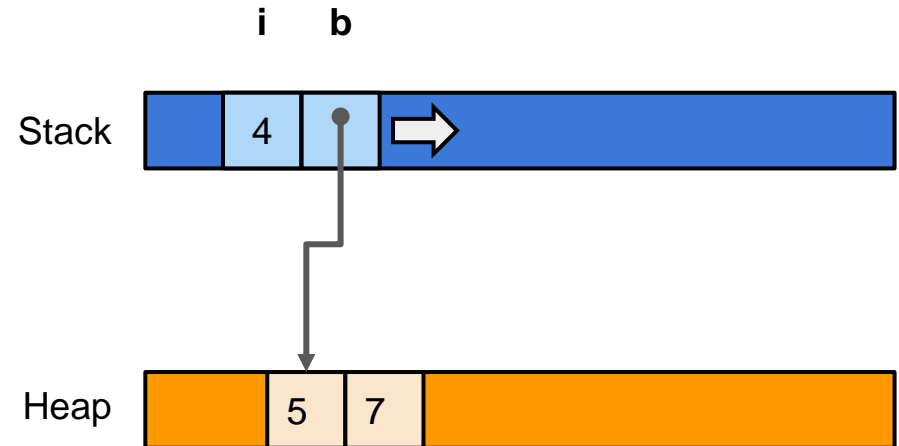
Box<T>

```
fn useBox() {  
  let i = 4;  
  let mut b = Box::new( (5, 2) );  
  
  (*b).1 = 7;  
  
  println!("{:?}", *b); // (5,7)  
  println!("{:?}", b);  // (5,7)  
}
```



Box<T>

```
fn useBox() {  
  let i = 4;  
  let mut b = Box::new( (5, 2) );  
  
  (*b).1 = 7;  
  
  println!("{:?}", *b); // (5,7)  
  println!("{:?}", b);  // (5,7)  
}
```



Box<T>

```
fn useBox() {  
  let i = 4;  
  let mut b = Box::new( (5, 2) );  
  
  (*b).1 = 7;  
  
  println!("{:?}", *b); // (5,7)  
  println!("{:?}", b);  // (5,7)  
}
```

Stack

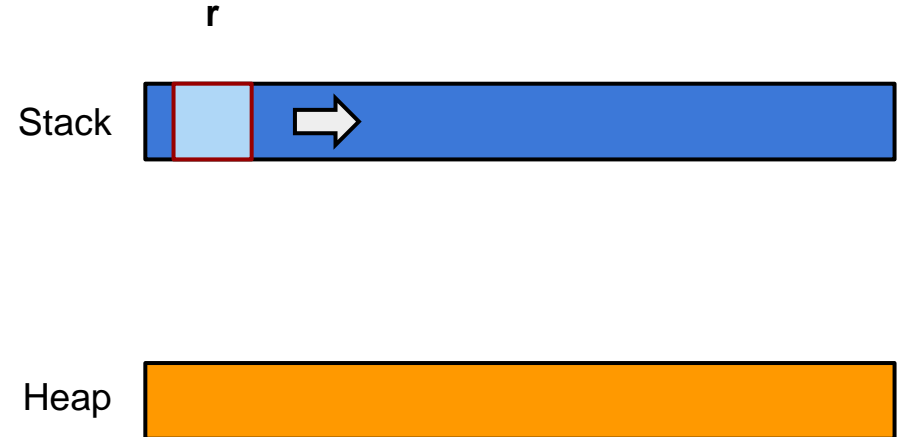


Heap



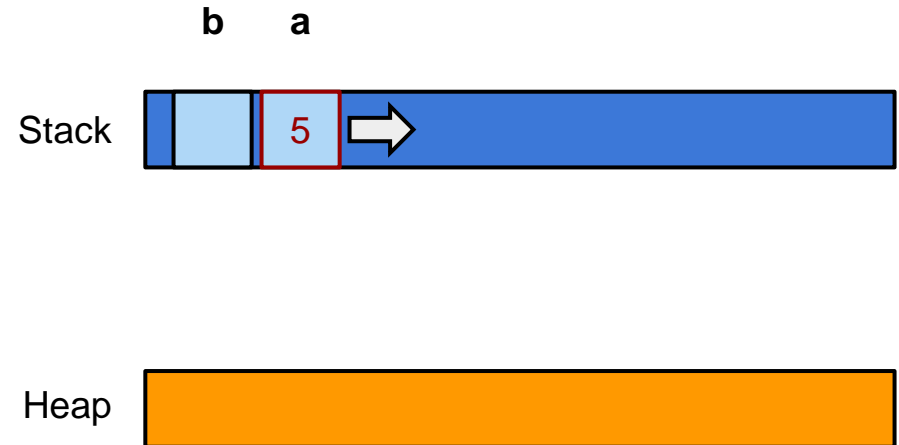
Box<T>

```
fn makeBox(a: i32) -> Box<(i32,i32)> {  
  let r = Box::new( (a, 1) );  
  return r;  
}  
  
fn main() {  
  let b = makeBox(5);  
  let c = b.0 + b.1;  
}
```



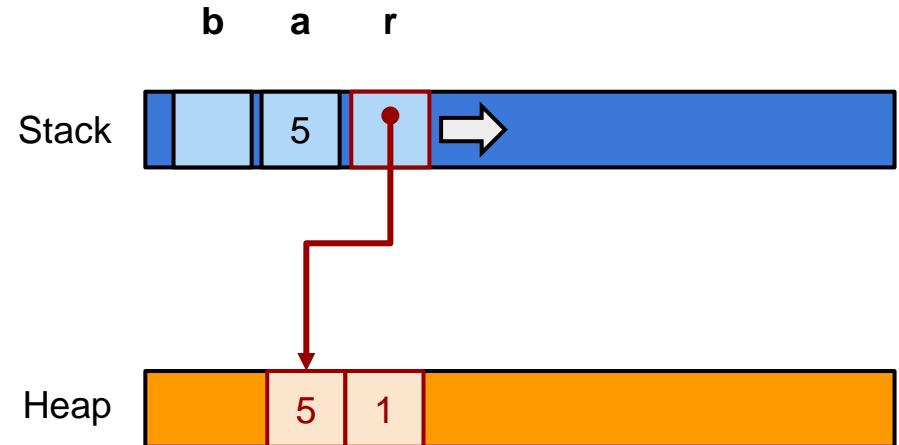
Box<T>

```
fn makeBox(a: i32) -> Box<(i32,i32)> {  
  let r = Box::new( (a, 1) );  
  return r;  
}  
  
fn main() {  
  let b = makeBox(5);  
  let c  = b.0 + b.1;  
}
```



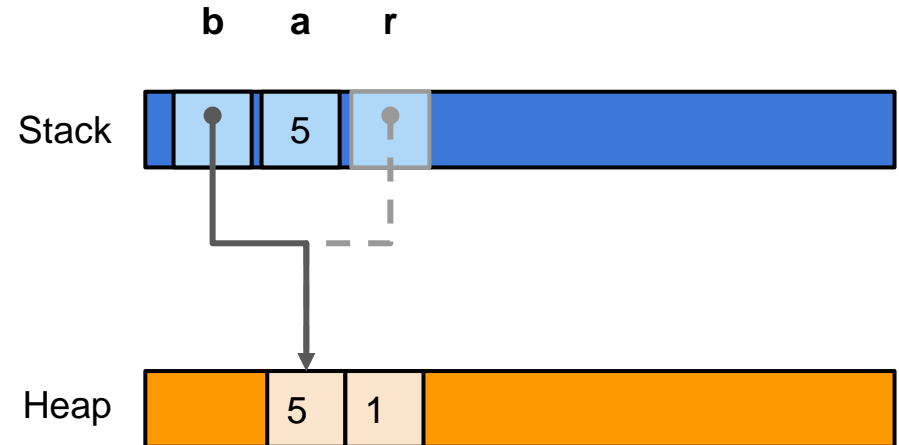
Box<T>

```
fn makeBox(a: i32) -> Box<(i32,i32)> {  
  let r = Box::new( (a, 1) );  
  return r;  
}  
  
fn main() {  
  let b = makeBox(5);  
  let c = b.0 + b.1;  
}
```



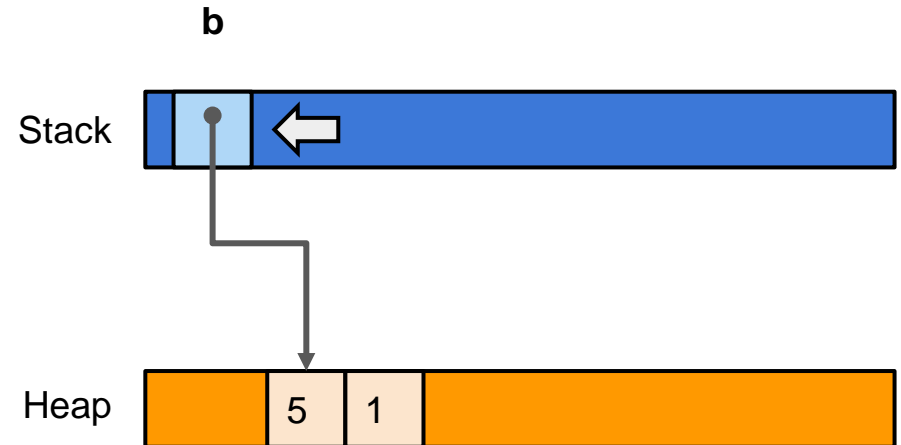
Box<T>

```
fn makeBox(a: i32) -> Box<(i32,i32)> {  
  let r = Box::new( (a, 1) );  
  return r;  
}  
  
fn main() {  
  let b = makeBox(5);  
  let c = b.0 + b.1;  
}
```



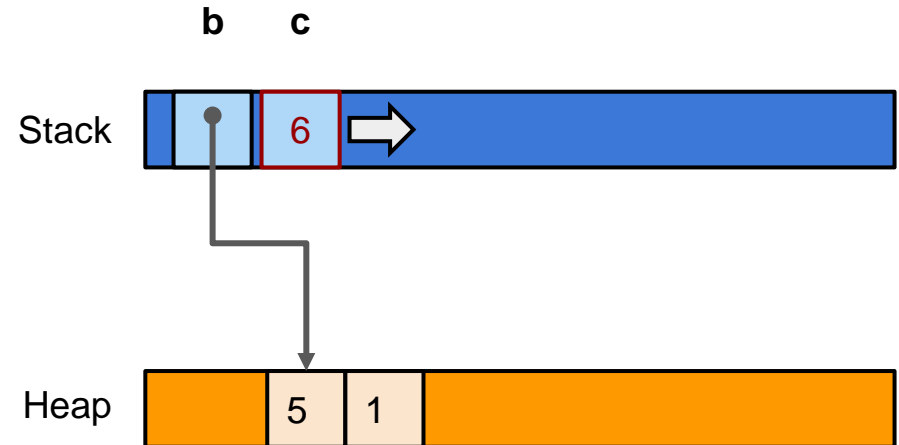
Box<T>

```
fn makeBox(a: i32) -> Box<(i32,i32)> {  
  let r = Box::new( (a, 1) );  
  return r;  
}  
  
fn main() {  
  let b = makeBox(5);  
  let c  = b.0 + b.1;  
}
```



Box<T>

```
fn makeBox(a: i32) -> Box<(i32,i32)> {  
  let r = Box::new( (a, 1) );  
  return r;  
}  
  
fn main() {  
  let b = makeBox(5);  
  let c = b.0 + b.1;  
}
```



Box<T>

```
fn makeBox(a: i32) -> Box<(i32,i32)> {  
  let r = Box::new( (a, 1) );  
  return r;  
}  
  
fn main() {  
  let b = makeBox(5);  
  let c  = b.0 + b.1;  
}
```

Stack



Heap



Puntatori nativi

- Rust definisce anche i tipi dei puntatori nativi come ***const T** e ***mut T**, per qualsiasi tipo T
 - Questi sono, a tutti gli effetti, equivalenti ai puntatori in C e C++ e ne condividono tutti i problemi
- Tuttavia, è possibile dereferenziarli (accedere al loro contenuto, in lettura e/o scrittura) solo all'interno di blocchi **unsafe { ... }**
 - Se un programma non fa uso di blocchi unsafe, o se quelli che sono usati contengono solo codice corretto, allora si può essere certi che l'esecuzione del programma non darà origine a comportamenti non definiti

Array

- Un array è una sequenza di oggetti **omogenei**, disposti **consecutivamente** nello stack
 - Un array ha una dimensione definita all'atto della sua creazione ed immutabile
- Si crea un array racchiudendo la sequenza dei suoi valori tra parentesi quadre
 - Un array ha tipo **[T; length]**, dove T è il tipo dei singoli elementi, length indica il numero dei valori contenuti
- Si accede al contenuto dell'array con la notazione **nome[index]**

```
let a: [i32; 5] = [1, 2, 3, 4, 5]; // a è un array di 5 interi

let b = [0; 5];                      // b è un array di 5 interi inizializzati a 0
                                     // NOTARE il ; per distinguere le notazioni

let l = b.len();                     // l vale 5
let e = a[3];                        // e vale 4
```

Slice

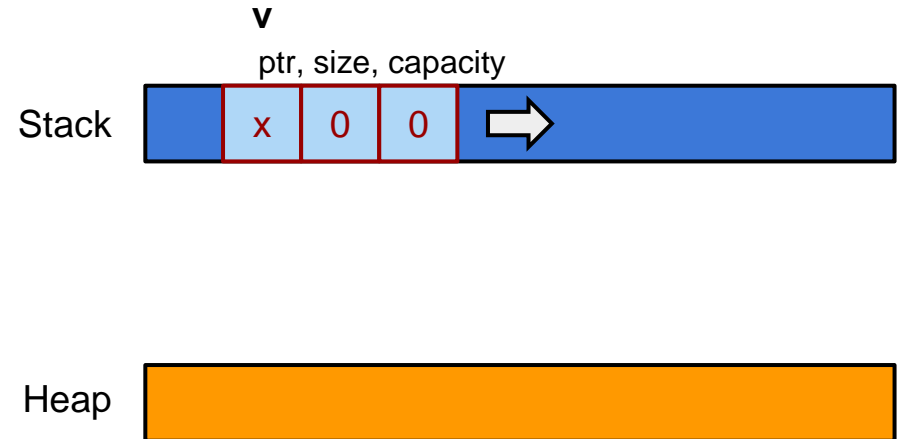
- Rust offre la possibilità di fare riferimento ad una sequenza di valori consecutivi la cui lunghezza non è nota in fase di compilazione, ma solo all'atto dell'esecuzione
 - Una slice di elementi di tipo `T` (scritto `&[T]`) è un tipo di dato formato da due valori consecutivi: il puntatore all'inizio della sequenza e il numero di elementi della sequenza
 - Per questa sua natura, viene detto *fat pointer*
- Si crea una slice come riferimento ad una porzione di un array o di un vec
 - `let a = [1, 2, 3, 4];`
 - `let s1: &[i32] = &a;` // `s1` contiene i valori 1, 2, 3, 4
 - `let s2 = &a[0..2];` // `s2` contiene i valori 1, 2
 - `let s3 = &a[2..];` // `s3` contiene i valori 3, 4
- Di base, una slice è immutabile
 - Si acquisisce la possibilità di modificare il contenuto attraverso la notazione `let ms = &mut a[..];`
- Come nel caso degli array, si accede ai valori contenuti in una slice `s` con la notazione `s[i]`, dove `i` è un indice numerico privo di segno
 - Tentativi di accedere ad una posizione illecita comportano l'immediato arresto del programma (**panic!**)

Vec<T>

- Il tipo **Vec<T>** rappresenta una sequenza ridimensionabile di elementi di tipo **T**, allocati sullo heap
 - Offre una serie di metodi per accedere al suo contenuto e per inserire/togliere valori al suo interno
- Una variabile di tipo **Vec<T>** è una tupla formata da tre valori privati:
 - Un puntatore ad un buffer allocato sullo heap nel quale sono memorizzati gli elementi
 - Un intero privo di segno che indica la dimensione complessiva del buffer
 - Un intero privo di segno che indica quanti elementi sono valorizzati nel buffer
- Se si richiede ad un oggetto di tipo **Vec<T>** di inserire un nuovo elemento, questo verrà memorizzato nel buffer nella prima posizione libera
 - E verrà incrementato l'intero che indica il numero di elementi effettivamente presenti
- Nel caso in cui il buffer fosse già completo, verrà allocato un nuovo buffer di dimensioni maggiori
 - E il contenuto del buffer precedente sarà riversato in quello nuovo, dove verrà poi anche inserito il nuovo elemento
 - Dopodiché il buffer precedente sarà de-allocato

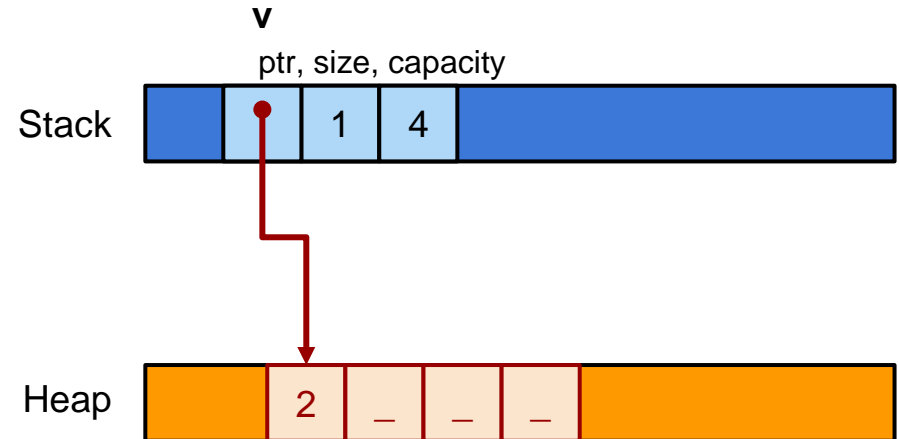
Vec<T>

```
fn useVec() {  
    let mut v: Vec<i32> =  
    Vec::new();  
  
    v.push(2);  
  
    v.push(4);  
  
    let mut s = &mut v[..];  
  
    s[1] = 8;  
}
```



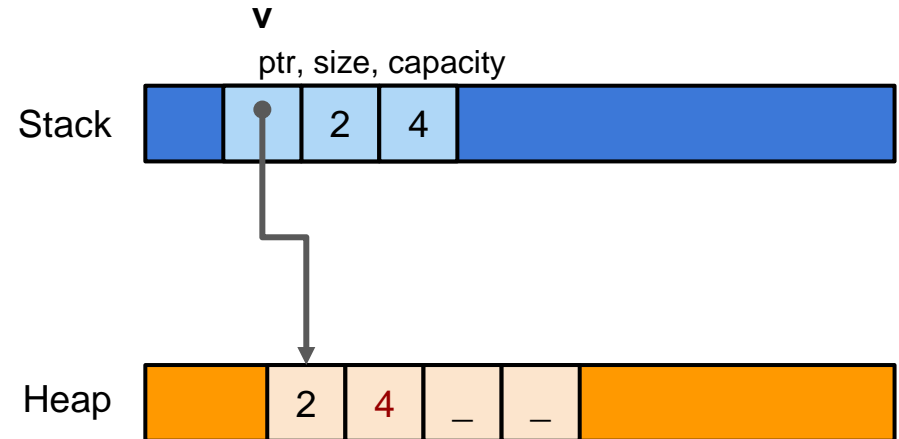
Vec<T>

```
fn useVec() {  
    let mut v: Vec<i32> =  
    Vec::new();  
      
    v.push(2);  
  
    v.push(4);  
  
    let mut s = &mut v[..];  
  
    s[1] = 8;  
}
```



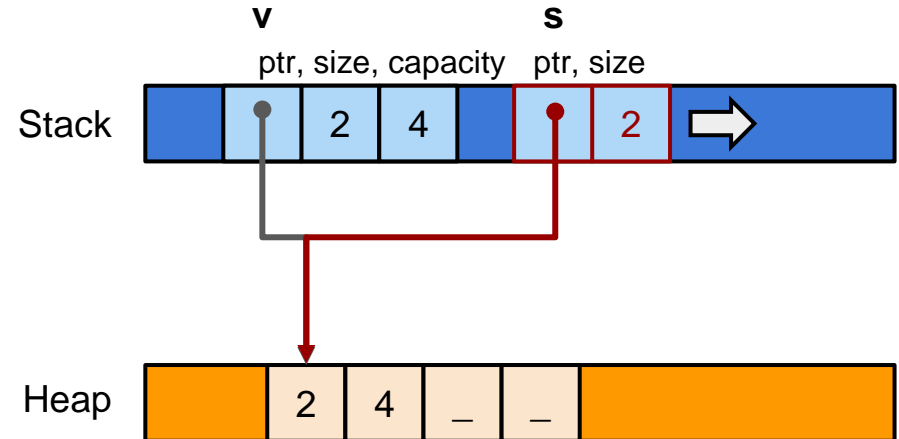
Vec<T>

```
fn useVec() {  
    let mut v: Vec<i32> =  
    Vec::new();  
  
    v.push(2);  
    v.push(4);  
  
    let mut s = &mut v[..];  
  
    s[1] = 8;  
}
```



Vec<T>

```
fn useVec() {  
    let mut v: Vec<i32> =  
    Vec::new();  
  
    v.push(2);  
  
    v.push(4);  
    let mut s = &mut v[..];  
  
    s[1] = 8;  
}
```

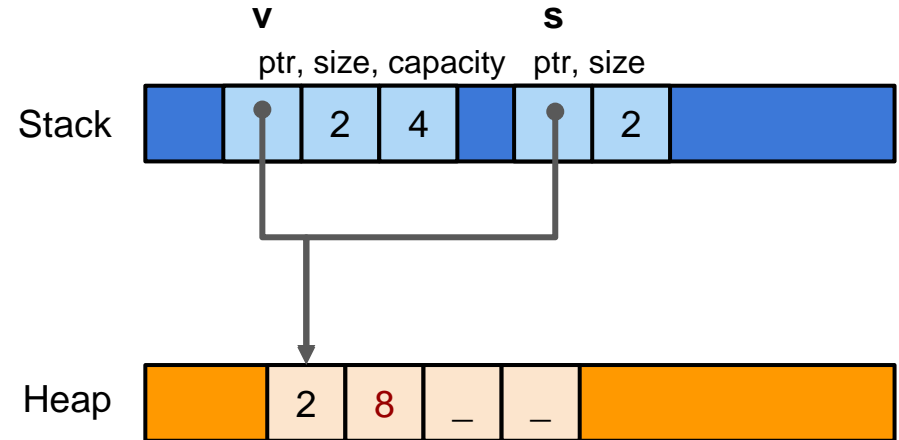


Vec<T>

```
fn useVec() {  
    let mut v: Vec<i32> =  
    Vec::new();  
  
    v.push(2);  
  
    v.push(4);  
  
    let mut s = &mut v[..];  


s[1] = 8;

  
}
```



Vec<T>

```
fn useVec() {  
    let mut v: Vec<i32> =  
    Vec::new();  
  
    v.push(2);  
  
    v.push(4);  
  
    let mut s = &mut v[..];  
  
    s[1] = 8;  
}
```

Stack



Heap



Stringhe

- Rust offre due modi principali di rappresentare le stringhe
 - Come array di caratteri (immutabili) con rappresentazione Unicode, memorizzati in un'area statica, rappresentato dal tipo primitivo **str**
 - Come oggetti allocati dinamicamente, utilizzando il tipo **String**
- Le costanti di tipo stringa presenti nel codice sorgente sono racchiuse tra doppi apici ("**"**")
 - Il compilatore provvede ad inserirle in un'apposita area statica di memoria, in modo compatto, senza aggiungere alcun terminatore
- Poiché il tipo primitivo **str** non è direttamente manipolabile, si accede ad esso **solo tramite uno slice**, di tipo **&str**
 - Esso contiene l'indirizzo del primo carattere e la lunghezza della stringa
 - Per questa sua struttura, gli oggetti di tipo **&str** possono referenziare sia **str** veri e propri, sia i buffer allocati dinamicamente all'interno del tipo **String** e, per questo, costituiscono il fondamento dell'interoperabilità tra i due formati

Stringhe

- Gli oggetti di tipo **String** contengono un puntatore ad un buffer allocato dinamicamente, l'effettiva lunghezza della stringa e la capacità del buffer
 - Se la stringa è mutabile e vengono inseriti al suo interno più caratteri di quelli che il buffer può contenere, il buffer viene automaticamente allocato nuovamente con una capacità maggiore, così da ospitare quanto richiesto
- Tutti i metodi che sono leciti su un oggetto di tipo **&str** sono anche disponibili per **&String**
 - Inoltre, se una funzione accetta un parametro di tipo **&str**, è possibile passare come argomento corrispondente il riferimento ad un oggetto **String**

Stringhe

```
fn main() {
```

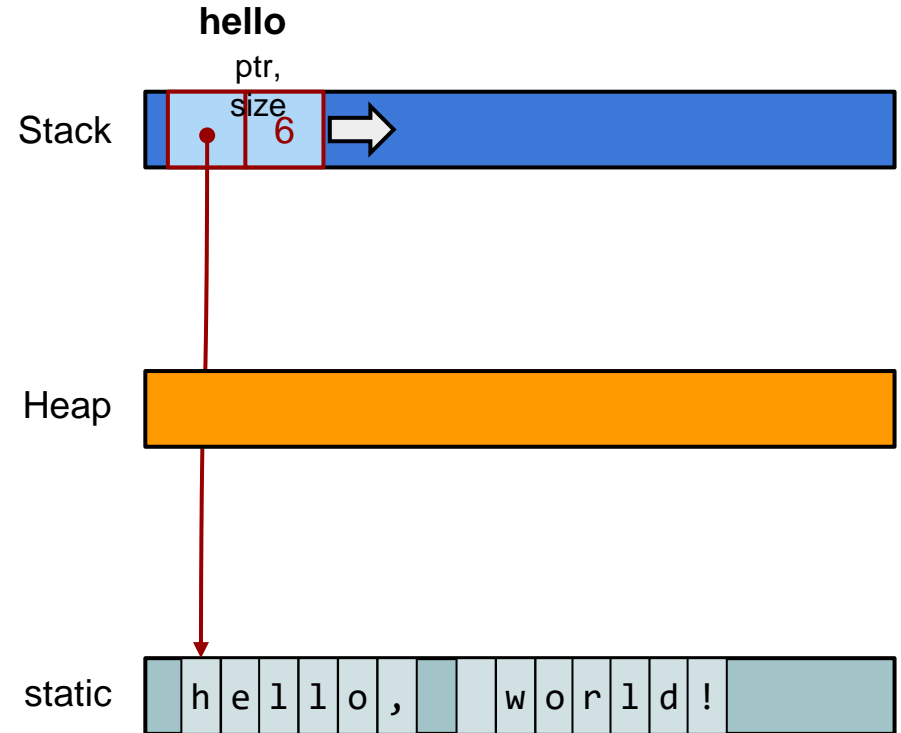
```
    let hello: &str = "hello,";
```

```
    let mut s = String::new();
```

```
    s.push_str(hello);
```

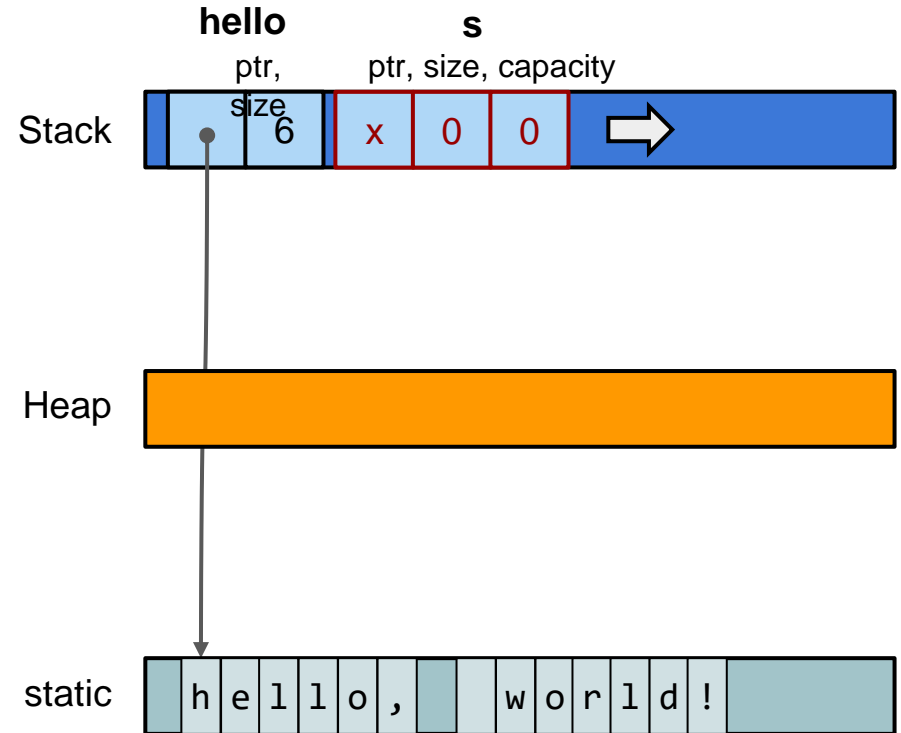
```
    s.push_str(" world!");
```

```
}
```



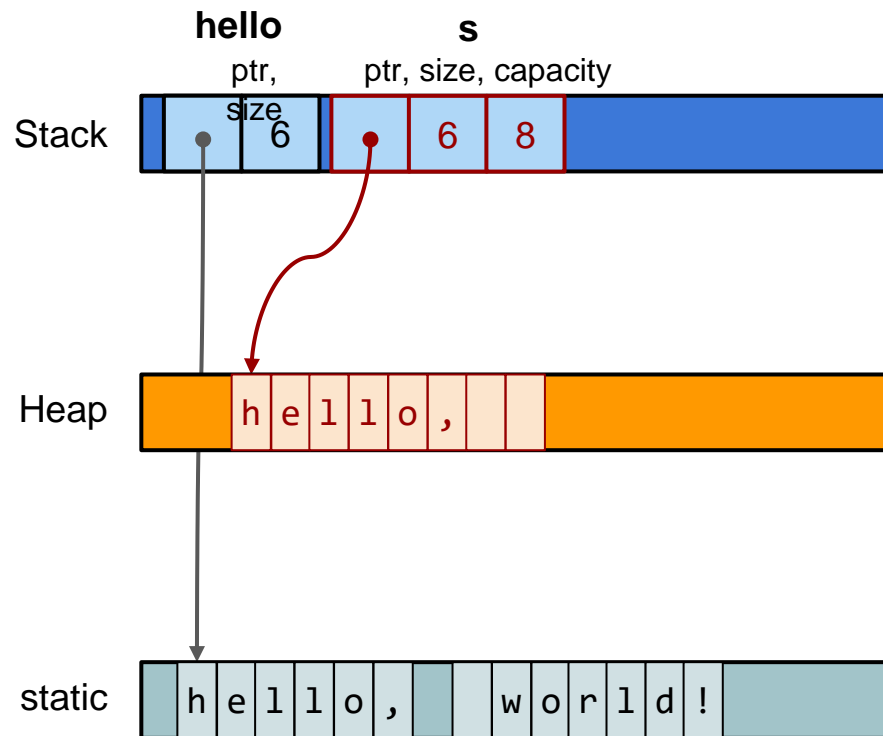
Stringhe

```
fn main() {  
  
    let hello: &str = "hello,";  
  
    let mut s = String::new();  
  
    s.push_str(hello);  
  
    s.push_str(" world!");  
  
}
```



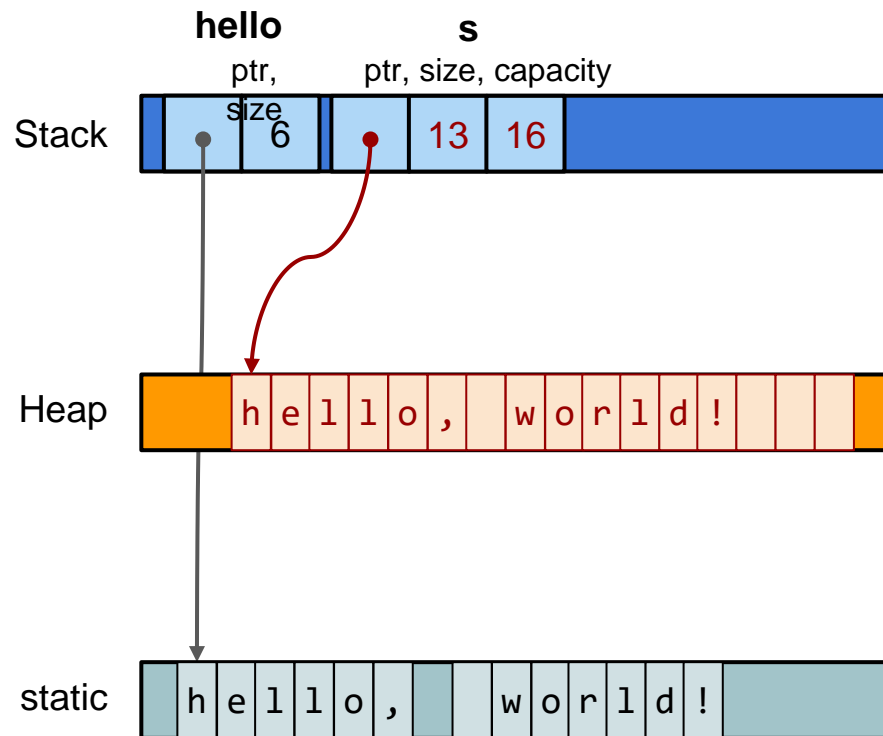
Stringhe

```
fn main() {  
  
    let hello: &str = "hello,";  
  
    let mut s = String::new();  
  
    s.push_str(hello);  
  
    s.push_str(" world!");  
  
}
```



Stringhe

```
fn main() {  
  
    let hello: &str = "hello,";  
  
    let mut s = String::new();  
  
    s.push_str(hello);  
  
    s.push_str(" world!");  
  
}
```



Stringhe

```
fn main() {  
  
    let hello: &str = "hello,";  
  
    let mut s = String::new();  
  
    s.push_str(hello);  
  
    s.push_str(" world!");  
  
}
```

Stack 

Heap 

static 

Stringhe

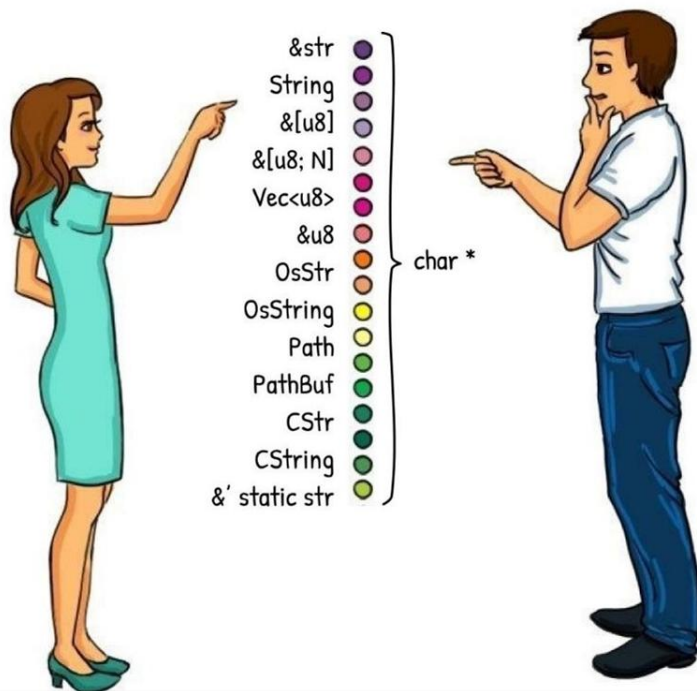
- Si crea un oggetto **String** con le istruzioni
 - `let s0 = String::new();` //crea una stringa vuota
 - `let s1 = String::from("some text");` //crea una stringa inizializzata
 - `let s2 = "some text".to_string();` //equivalente al precedente
- Si ricava un oggetto di tipo `&str` da un oggetto `String` con il metodo
 - `s2.as_str();`
- Un oggetto **String** (se mutabile) può essere modificato
 - `s3.push_str("This goes to the end");` // aggiunge al fondo
 - `s3.insert_str(0, "This goes to the front");` // inserisce alla posizione indicata
 - `s3.remove(4);` // elimina il carattere alla posizione indicata
 - `s3.clear();` // svuota la stringa
- In altri casi si può costruire un altro oggetto **String**
 - `let s4 = s1.to_uppercase();` // forza il maiuscolo (ATTENZIONE alla lingua!)
 - `let s5 = s1.replace("some", " more ");` // sostituisce un blocco
 - `let s6 = s1.trim();` // elimina spaziature iniziali e finali

Stringhe

How We See Strings

Rust

C



<https://www.programmersought.com/article/41316303245/>

Istruzioni ed espressioni

- Il corpo di una funzione è costituito da istruzioni e/o espressioni separate da **;**
 - Una istruzione ha come tipo di ritorno **()**, un'espressione può restituire un tipo arbitrario
- I costrutti **let ...** e **let mut ...** sono istruzioni
 - Creano un legame tra la variabile indicata ed il valore assegnato
- Un blocco racchiuso tra **{...}** è un'espressione
 - Restituisce il valore corrispondente all'ultima espressione, a condizione che non sia terminata da **;**
- Il costrutto **if ... else ...** è un'espressione
 - Il ramo positivo ed il ramo negativo sono costituiti da blocchi che devono restituire lo stesso tipo di dato
- Il costrutto **loop ...** è un'espressione
 - Crea un iterazione infinita che può essere interrotta eseguendo l'istruzione **break** seguita dal valore di ritorno (se presente)
 - Una singola iterazione può essere parzialmente saltata eseguendo l'istruzione **continue**

Funzioni

- Costituiscono il nucleo principale attorno al quale viene definito il comportamento di un programma
 - Una funzione è introdotta dalla parola chiave `fn` seguita dal nome e dalla lista di argomenti, ciascuno con il relativo tipo, racchiusa tra parentesi tonde
 - Se ritorna un valore diverso da `()`, la lista degli argomenti è seguita dal simbolo `->` e dal tipo ritornato
 - Il corpo della funzione è racchiuso tra `{ }` ed è composto da istruzioni
- L'ultima espressione presente nel corpo, se priva di `';` finale, viene interpretata come valore di ritorno
 - In alternativa, è possibile utilizzare l'istruzione `return` seguita dal valore e da `;`

```
fn print_number(x: i32) /* -> () */ {  
    println!("x is: {}", x);  
}
```

```
fn add_numbers(x: i32, y: i32) -> i32 {  
    x + y // NON c'è il ; finale  
}
```


Istruzioni ed espressioni

```
fn find_number(n: i32) -> i32 {  
    let mut count = 0;  
    let mut sum = 0;  
    loop {  
        count += 1;  
        if count % 5 == 0 { continue; }           // ignora i multipli di  
5                                                5  
        sum += if count % 3 == 0 { 1 } else { 0 }; // conta i multipli di 3  
        if sum == n { break; }                   // fermati al  
n° multiplo di 3  
                                                // ma non multiplo di 5  
    }  
    count  
    // restituisce il valore trovato  
}  
  
fn main() {  
    println!("{}", find_number(5) );              // invocazione della  
funzione
```

Istruzioni ed espressioni

- E' possibile annidare più costrutti di tipo loop ed interrompere o continuare un particolare livello di annidamento, facendo precedere l'istruzione loop da un'etichetta
 - L'etichetta è un identificatore preceduto da '
 - Le istruzioni **break** e **continue** possono indicare l'etichetta cui fanno riferimento
- L'istruzione **while** ... permette di subordinare l'esecuzione del ciclo al verificarsi di una condizione
 - In modo analogo a quanto avviene in altri linguaggi
- L'istruzione **for** ... ha una sintassi particolare:
 - **for** var **in** *expression* { *code* }
 - *expression* deve restituire un valore che sia (o possa essere convertito in) un iteratore: sono leciti, ad esempio, *array*, *slice* e *range* (nella forma *Low..high*)

Istruzioni ed espressioni

```
fn main() {  
    'outer: loop {  
        println!("Entrato nel ciclo esterno");  
  
        'inner: loop {  
            println!("Entrato nel ciclo interno");  
  
            // La prossima istruzione interromperebbe il ciclo interno  
            //break;  
  
            // Così si interrompe il ciclo esterno  
            break 'outer;  
        }  
        //Il programma non raggiunge mai questa posizione  
    }  
    println!("Terminato il ciclo esterno");  
}
```

Istruzioni ed espressioni

```
use std::time::{Duration, Instant};    // Importa dalla libreria standard

fn main() {
    let mut counter = 0;

    let time_limit = Duration::new(1,0); // Crea una durata di 1 secondo

    let start = Instant::now();           // Determina l'ora attuale

    while (Instant::now() - start) < time_limit { // Finché non è passato 1 s...
        counter += 1;                       // ...incrementa il contatore
    }

    println!("{}", counter);

}
```

Istruzioni ed espressioni

- Le notazioni **a..b** e **c..=d** indicano, rispettivamente, un intervallo semi-aperto e un intervallo chiuso
 - Possono essere usati in senso generale, riferendosi al dominio del tipo della variabile
 - Oppure possono essere applicati ad una slice, riferendosi all'insieme dei valori leciti
- Sono possibili diverse combinazioni
 - **..** indica tutti i valori possibili per un dato dominio
 - **a..** indica tutti i valori a partire da **a** (incluso)
 - **..b** indica tutti i valori fino a **b** (escluso)
 - **..=c** indica tutti i valori fino a **c** (incluso)
 - **d..e** indica tutti i valori tra **d** (incluso) ed **e** (escluso)
 - **f..=g** indica tutti i valori tra **f** e **g** (inclusi)

Istruzioni ed espressioni

```
fn main() {  
    for n in 1..10 {                                // Stampa i numeri da  
1 a 9  
        println!("{}", n);  
    }  
  
    let names = ["Bob", "Frank", "Ferris"];  
    for name in names.iter() {                       // Stampa i tre nomi  
        println!("{}", name);  
    }  
  
    for name in &names[ ..=1 ] {                     // Stampa i primi due nomi  
        println!("{}", name);  
    }  
  
    for (i,n) in names.iter().enumerate() { //stampa indici e nomi  
        println!("names[{}]: {}", i, n);  
    }  
}
```

Istruzioni ed espressioni

- L'espressione **match** ... permette di eseguire in modo condizionale blocchi di codice confrontando un valore con una serie di pattern alternativi
 - Essa confronta la **struttura** del valore con i singoli pattern indicati
 - Tali pattern possono contenere **variabili**, che - in caso di corrispondenza delle parti costanti - vengono legate al corrispondente frammento del valore confrontato
 - L'elenco dei pattern deve essere **esaustivo** del dominio dell'espressione
- Ciascun pattern è separato dal blocco di codice da eseguire dal simbolo =>
 - il pattern può essere annotato con una clausola **if** ... per limitarne l'applicabilità
 - I diversi rami sono separati da ,
 - Le espressioni di confronto contenute nel pattern possono essere annotate con un identificatore seguito da @, per legare il valore confrontato al nome dato, così da poter fare riferimento ad esso nel blocco corrispondente

Istruzioni ed espressioni

- L'espressione **match** offre una sintassi concisa e sofisticata per confrontare valori multipli così come per estrarre valori da tipi complessi
 - Per indicare un singolo valore, non occorre nessun operatore
 - la sintassi **val₁ ..= val₂** indica un intervallo chiuso
 - Una barra verticale singola **|** può essere usata per indicare una disgiunzione (or)
 - Il segno di sottolineatura **_** corrisponde a qualsiasi valore
- I pattern sono valutati nell'ordine indicato
 - Alla prima corrispondenza, viene valutato il blocco associato, il cui valore diventa il valore dell'espressione complessiva

```
let s = match item {  
    0 => "zero",                                // valore  
    singolo  
    10 ..= 20 => "tra dieci e venti",           // intervallo inclusivo  
    40 | 80 => "quaranta o ottanta",           // alternativa  
    _ => "altro",                               // qualunque
```

cosa

Istruzioni ed espressioni

```
fn main() {  
    let mut index = 0;  
    while index < 10 {  
        println!("This is index: {}", index);  
        index += 1;  
    }  
    for index in 0 .. 10 {  
        println!("Same with index: {}", index);  
        let s: &str = match index {  
            0 ..= 4 => { "I'm in the first half" },  
            _ => { "I'm in the second half..." }  
        };  
        println!("{}", s);  
    }  
}
```

Istruzioni ed espressioni

```
fn main() {  
    let values = [1, 2, 3];  
  
    match &values[..] {      // crea una slice con tutti gli elementi  
        // Contiene almeno un elemento, il primo valore è 0  
        &[0, ..] => println!("Comincia con 0"),  
        // Contiene almeno un elemento, l'ultimo valore è compreso tra 3 e 5  
        &[.., v @ 3..=5] => println!("Finisce con {}", v),  
        // Contiene almeno due elementi  
        &[_ , v, ..] => println!("Il secondo valore è {}", v),  
        // Contiene un solo elemento  
        &[v] => println!("Ha un solo elemento: {}", v),  
        // Non contiene elementi  
        &[] => println!("E' vuoto")  
    }  
}
```

Riga di comando

- Analogamente al C/C++, anche Rust consente di progettare eseguibili che adattano il comportamento in base ai parametri passati sulla riga di comando
- Tali parametri si trovano dentro il contenitore `std::env::args`
 - Composto da valori di tipo `String`
 - Nessun bisogno di `argc`: `args.len()` ritorna il numero di parametri
 - Si può accedere come un classico `argv` del C/C++ con gli indici
 - Sfruttabile anche con altri costrutti più evoluti

```
use std::env::args;
fn main() {
    ...
    let args: Vec<String> = args().skip(1).collect();
    if args.len() > 0 { // we have args!
        ...
    }
}
```

Riga di comando

- La libreria **clap** gestisce in modo dichiarativo i parametri passati attraverso la linea di comando
 - La si include in un crate aggiungendo, nel file Cargo.toml, una dipendenza del tipo **[dependencies]**
clap = { version= "4.5", features = ["derive"] }
 - Questo mette a disposizione un insieme di macro e di strutture dati che permettono di descrivere una struttura dati in cui verranno depositati i valori estratti dalla riga di comando, così come di derivare automaticamente una funzione di analisi che provvede a valorizzare i campi di tale struttura
- Questa libreria permette anche di esprimere programmaticamente l'insieme dei parametri, la tipologia di valori associati e gli eventuali vincoli associati
 - Basata sul pattern **builder**

Riga di comando

```
use clap::Parser;

/// Simple program to greet a person
#[derive(Parser, Debug)]
#[command(version, long_about = None)]
struct Args {
    /// Name of the person to greet
    #[arg(short, long)]
    name: String,
    /// Number of times to greet
    #[arg(short, long, default_value_t = 1)]
    count: u8,
}

fn main() {
    let args = Args::parse();
    for _ in 0..args.count {
        println!("Hello {}!", args.name)
    }
}
```

```
$ demo --help
```

Simple program to greet a person

Usage: demo[EXE] [OPTIONS] --name <NAME>

Options:

-n, --name <NAME>	Name of the person to greet
-c, --count <COUNT>	Number of times to greet [default: 1]
-h, --help	Print help
-V, --version	Print version

```
$ demo --name Me
```

Hello Me!

I/O da console

- Il crate (package) **std::io** contiene la definizione delle strutture dati per accedere i flussi standard di ingresso/uscita
 - Questo tipo di operazioni, per definizione, possono fallire: di conseguenza tutti i metodi offerti restituiscono un oggetto di tipo **Result<T,Error>** che incapsula, alternativamente, il valore atteso, se l'operazione ha avuto successo, o un oggetto di tipo **Error**, in caso di fallimento
- Per garantire la correttezza del programma, occorre gestire esplicitamente l'eventuale errore, verificando il contenuto del valore ritornato tramite il metodo **is_ok()**
 - Oppure causare l'interruzione forzata del programma in caso di errore, utilizzando il metodo **unwrap()** che restituisce, se non c'è stato errore, il valore incapsulato
- Per semplificare le operazioni di scrittura, sono disponibili due macro
 - **print!(...)** e **println!(...)**
 - Entrambe accettano una stringa di formato e una serie di parametri da stampare

I/O da console

```
use std::io;

fn main() {
    let mut s = String::new();

    if io::stdin().read_line(&mut s).is_ok() {
        println!("Got {}", s.trim() );
    } else {
        println!("Failed to read line!");
    }

    //alternativamnte
    io::stdin().read_line(&mut s).unwrap();
    println!("Got {}", s.trim() );
}
```

Convenzioni sui nomi

- La comunità degli sviluppatori Rust ha elaborato una serie di regole sul formato dei nomi delle diverse entità del linguaggio
 - Si usano nomi nel formato *UpperCamelCase* per tutti i costrutti legati al sistema dei tipi (struct, enum, tratti, ...)
 - Si usano nomi nel formato *snake_case* per i costrutti di tipo valore (variabili, funzioni, metodi, ...)
- Alcune regole che generano warning possono essere disabilitate usando la sintassi con `#[...]` (simile, concettualmente, all'istruzione *#pragma* del C/C++):
 - `#[allow(non_snake_case)]` (vicino alla variabile per cui si vuole accettare un nome non snake)
 - `#![allow(non_snake_case)]` (all'inizio del file per applicare la regola a tutto il crate: notare il **!** iniziale)