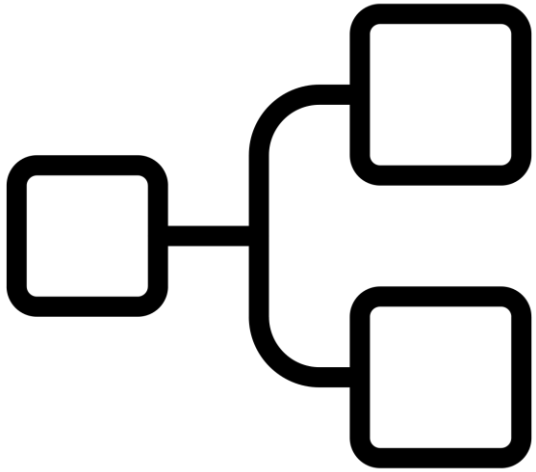


Tipi composti

Struct, enum

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Tipi composti in C e C++

- In C e C++ il costrutto **`struct ...`** permette di creare un nuovo tipo che contiene un gruppo di campi la cui accessibilità è aperta a tutti (pubblica)
  - In C++, ad una struct è lecito associare metodi a livello istanza o a livello di tipo (**`static`**)
- Sempre in C++, è possibile introdurre il costrutto **`class …`**
  - Esso è simile a **`struct …`**, ma permette di limitare l'accesso ad un sottoinsieme del proprio contenuto (campi e metodi) al solo tipo corrente (**`private`**) o alle classi che da essa derivano (**`protected`**)
  - Come nel caso di struct, è anche possibile consentire l'accesso a qualsiasi contesto (**`public`**)

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Tipi composti in C e C++

C++

```
class Foo {
public:
   // Methods and members here are publicly visible
   double calculateResult();
protected:
   // Elements here are only visible
   // to this class and to its subclasses
   double doOperation(double lhs, double rhs);
private:
   // Elements here are only visible to ourselves
   bool debug_;
};
```

C

```
struct Foo {
   bool debug_;
};

double calculateResult(struct Foo s);
double doOperation(struct Foo s, double lhs, double rhs);
```

C++

```
class Foo {
   // by default everything here is private
   double calculateResult();
   double doOperation(double lhs, double rhs);
   bool debug_;
};
```

C++

```
struct Foo {
   // by default everything here is public
   double calculateResult();
   double doOperation(double lhs, double rhs);
   bool debug_;
};
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Tipi composti in C e C++

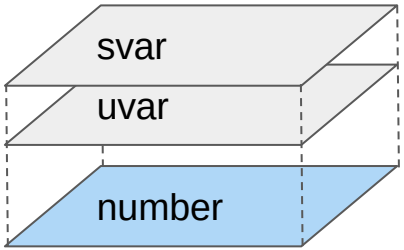
- In entrambi i linguaggi è possibile definire altre forme di tipi composti
  - `enum …`
  - `union …`
- Il tipo **`enum`** definisce un insieme di costanti che vengono associate, dal compilatore o dal programmatore, a valori interi distinti
  - Una variabile di tipo enum è implementata come numero intero il cui valore è vincolato ad essere uno di quelli definiti dal tipo
  - C++11 consente di usare altri tipi scalari (char, short, …) per rappresentare il valore
- Il tipo **`union`** permette di usare lo stesso blocco di memoria per rappresentare dati di tipo diverso, in alternativa l'uno all'altro
  - Una variabile di tipo union occupa una dimensione pari al più grande dei dati contenuti al suo interno
  - È responsabilità del programmatore sapere cosa è contenuto in una **`union`** ed accedervi di conseguenza

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Tipi composti in C e C++

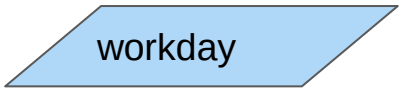
```c
union sign
/* A definition and a declaration */
{
    int svar;
    unsigned uvar;
} number;
```

C/C++



La porzione di memoria della variabile **number** ospita, alternativamente, un intero con segno o uno senza segno

```c
enum DAY              /* Defines an enumeration type    */
{
    sunday = 0,       /* Names day and declares a       */
    monday,           /* variable named workday with    */
    tuesday,          /* that type                      */
    wednesday,        /* wednesday is associated with 3 */
    thursday,
    friday,
    saturday          /* saturday is associated with 6 */
} workday;
```



workday è un intero il cui dominio è limitato all'insieme { x | 0 <= x <= 6 }

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Struct in Rust

- Spesso occorre mantenere unite informazioni tra loro eterogenee
  - Sebbene sia possibile utilizzare una tupla, questa tende a nascondere la semantica complessiva del dato: una tupla contenente due numeri interi potrebbe essere usata per rappresentare una frazione oppure la coordinata di un pixel sullo schermo
  - Quando si intende associare una semantica particolare o legare ad una struttura dati un insieme di comportamenti, è possibile introdurre una **`struct`**
- Una **`struct`** è un costrutto che permette di rappresentare un blocco di memoria in cui sono disposti, consecutivamente, una serie di campi il cui nome e tipo sono indicati dal programmatore

```
struct Player {
    name: String,  // nickname
    health: i32,   // stato di salute (in punti vita)
    level: u8,     // livello corrente
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

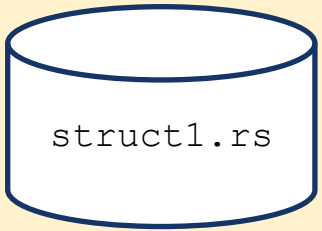
Struct

- Per convenzione, il nome della struct comincia con la lettera maiuscola e utilizza la convenzione CamelCase
  - Per i campi, come per le variabili, le funzioni ed i metodi, si usa la convenzione snake_case
- Si istanzia una struct tramite un blocco preceduto dal nome della struttura, contenente un valore per ciascun campo: quando il nome del valore coincide con quello del campo è possibile abbreviare la notazione
  - `let mut s = Player { name: "Mario".to_string(), health: 25, level: 1 };`
  - `let p = Player { name, health, level }; // {name: name, health: health, level: level}`
- Si accede ai singoli campi con la notazione puntata (***var.field***)
  - `println!("Player {} has health {}", s.name, s.health );`
  - `s.level += 1; //l'accesso in scrittura richiede che s sia mutabile`
- Ogni struct introduce un nuovo tipo, il cui nome coincide con il nome della struct, basato sui tipi che la compongono
  - Questo permette di disambiguare l'uso che si intende fare delle singole informazioni contenute

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

- Si può istanziare una nuova struct a partire da un'altra dello stesso tipo, i campi omessi ricavano i loro valori dalla struct ricevuta
  - `let s1 = Player {name: "Paolo".to_string(), .. s}`

```
#[derive(Debug)]
struct Player {
    name: String,  // nickname
    health: i32,   // stato di salute (in punti vita)
    level: u8,     // livello corrente
}

fn main() {
    let p1 = Player {name: "Mario".to_string(), health: 25, level: 1} ;
    let p2 = Player {name: "Giovanni".to_string(), .. p1};

    println!("{:?} \n{:?}", p1, p2);
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

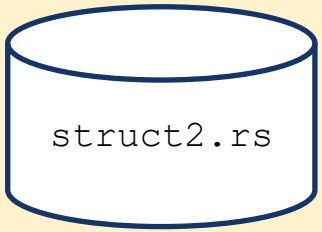
Struct

- Si possono definire delle struct simili a delle tuple, indicando solo il tipo del campo, senza attribuire un nome
- Le struct di questo tipo si istanziano come una tupla con l'aggiunta del nome della struct
- Si può definire una struct vuota, che non alloca memoria, analogamente al tipo `()`

```
struct Playground ( String, u32, u32 );
struct Empty;   // non viene allocata memoria per questo tipo di valore

let mut f = Playground( "football".to_string(), 90, 45 );
let e = Empty;
```

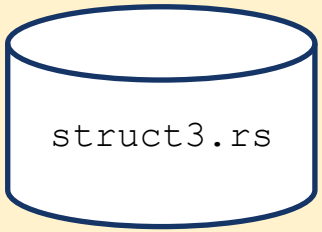

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

```
struct Point (i32, i32, i32);

fn main() {

    let p1 = Point(0, 0, 0);  // Tupla con nome
    let p2 = (0, 0, 0);       // Tupla senza nome

    println!("{:?} \n{:?}", p1, p2);
    println!("{} {} {}", p1.0, p1.1, p1.2);
}
```



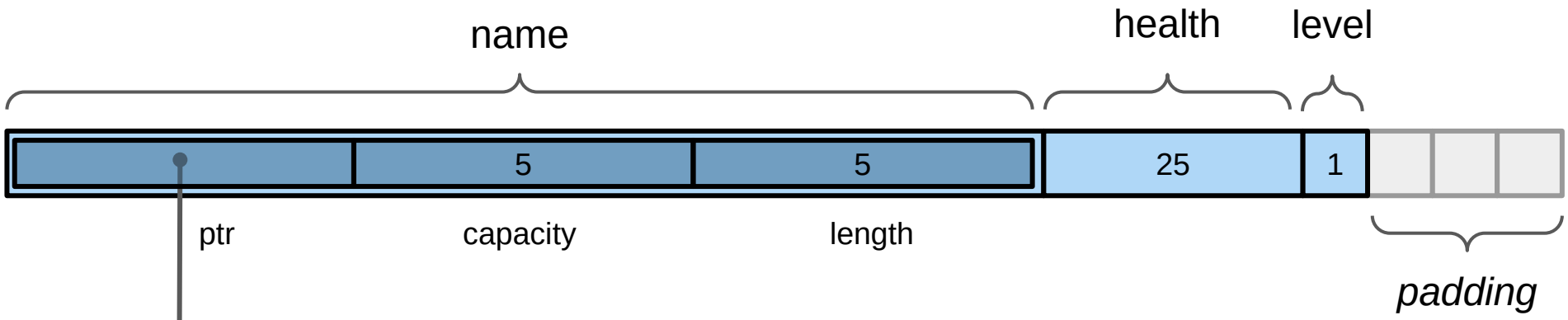
© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

```rust
#[derive(Copy, Clone)]
struct Empty;

fn main() {
   let p = Empty;

   let mut array: Vec<Empty> = Vec::new();

   for _ in 0..10
   {
      array.push(p);
   }

   println!("{}", array.len());
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Probabile rappresentazione in memoria




```
fn main() {
  let p1 = Player {
      name: "Mario".to_string(),
      health: 25,
      level: 1u8,
  };
  println!("{:?}", p1);
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Rappresentazione in memoria

- La disposizione in memoria dei singoli campi è conseguenza di vincoli ed ottimizzazioni e può essere controllata attraverso opportuni meccanismi
  - Ogni singolo campo, in base al proprio tipo, richiede che l'indirizzo a cui viene collocato sia multiplo di una data potenza di 2 (allineamento)
  - La funzione `std::mem::align_of_val(...)` permette di conoscere l'allineamento richiesto da un particolare valore, mentre la funzione `std::mem::size_of_val(...)` ne indica la dimensione
  - I vincoli di allineamento dipendono dalla piattaforma di esecuzione (modello di CPU)
- L'allineamento e la disposizione di una struct è controllata attraverso l'attributo `#[ repr(...) ]` anteposto alla dichiarazione della struct
  - In assenza di tale attributo, viene assunta la rappresentazione di default, che lascia libero il compilatore di riordinare la sequenza dei campi, per ottimizzare l'accesso
  - Indicando `#[ repr(C) ]`, si ottiene una rappresentazione coerente con le regole di interfaccia binaria definite dal linguaggio C, fondamentali per l'interoperabilità con librerie scritte in altri linguaggi

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Visibilità

- Sia la struct nel suo complesso che i singoli campi che la formano possono essere preceduti da un **modificatore di visibilità**
  - Tale modificatore ha impatto sull'accesso al contenuto della struct da parte di codice presente in moduli diversi da quello in cui la struct è stata definita
  - Di base, **i campi sono** considerati **privati** (accessibili solo al codice del modulo corrente e ai suoi sotto-moduli): possono però essere resi pubblici facendo precedere il nome dalla parola chiave **pub**

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Visibilità

- Sia la struct nel suo complesso che i singoli campi che la formano possono essere preceduti da un **modificatore di visibilità**
  - Tale modificatore ha impatto sull'accesso al contenuto della struct da parte di codice presente in moduli diversi da quello in cui la struct è stata definita
  - Di base, **i campi sono** considerati **privati** (accessibili solo al codice del modulo corrente e ai suoi sotto-moduli): possono però essere resi pubblici facendo precedere il nome dalla parola chiave **pub**

Java: private significa che appartiene alla Class

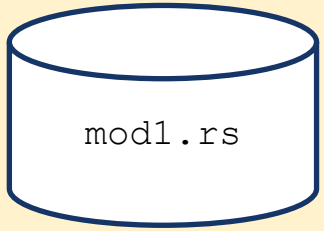
Rust: le Classi non esistono e per default la privacy è limitata al **modulo** in cui la Struct è definita

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Moduli

- E’ possibile organizzare il codice su più moduli indipendenti

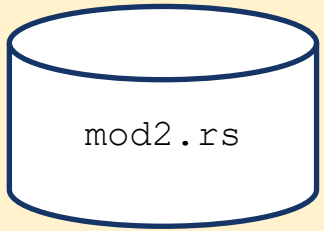
```
mod Module1 {

struct Test{
          a: i32,
          b: bool
          }
}

fn main() {
    let t = Test { a: 12, b: false};
    println!("Hello, world!");
}
```




```
11 |     let t = Test { a: 12, b: false};
   |             ^^^^ not found in this scope
   |
note: struct `crate::Module1::Test` exists but is inaccessible
  --> src\main.rs:3:1
   |
3  | struct Test{
   | ^^^^^^^^^^^ not accessible
```

Moduli

```
struct Test{
    a: i32,
    b: bool
}
fn f ()
    {
        let t = Test { a: 1, b: false};
        println!("Hello, main !");
    }
}
use Module1::Test;
fn main() {
    let t = Module1::Test { a: 12, b: false};
    println!("Hello, world!");
}
```

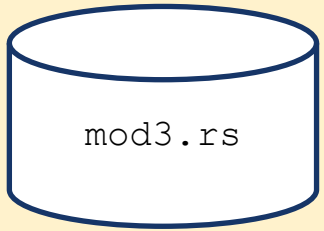



```
15 | use Module1::Test;
   |             ^^^^ private struct
   |
note: the struct `Test` is defined here
  --> src\main.rs:3:1
   |
3  | struct Test{
   | ^^^^^^^^^^^
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Moduli

```
pub struct Test{
    a: i32,
    b: bool
}
fn f ()
    {
        let t = Test { a: 1, b: false};
        println!("Hello, main !");
    }
}
use Module1::Test;
fn main() {
    let t = Test { a: 12, b: false};
    println!("Hello, world!");
}
```

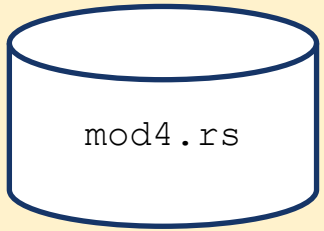



```
18 |     let t = Module1::Test { a: 12, b: false};
   |                             ^^^^^ private field
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Moduli

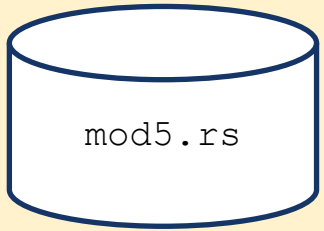
```
mod Module1 {

pub struct Test{
    a: i32,
    b: bool
}
fn f ()
{
    let t = Test { a: 1, b: false};
    println!("Hello, main !");
}
}
use Module1::Test;
fn main() {
    let t = Test { a: 12, b: false};
    println!("Hello, world!");
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Moduli

```
mod Module1 {

#[derive(Debug)]
pub struct Test{
     a: i32,
     b: bool
}
pub fn f (i: i32, boo: bool) -> Test
{
    Test {a: i, b: boo}
}

}
use Module1::Test;
use Module1::f;
fn main() {
    let t: Test = f(100, true);
    println!("{:?}", t);
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Visibilità

- I **moduli** permettono di implementare il meccanismo di **incapsulamento** *(information hiding)*
  - Per essere efficace, occorre però poter associare un insieme di **comportamenti** (**metodi**) alla struct
  - A differenza di quanto avviene in altri linguaggi, in cui struttura e comportamento sono definiti contestualmente in un unico blocco (classe), in Rust la definizione dei metodi associati ad una `struct` avviene **separatamente**, in un blocco di tipo `impl …`

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Metodi

Altri linguaggi

(C++, Java, Javascript ES6+, …)

```
class Something {

   int i;                          Dati
   String s;


   void process() {...}            Metodi
   int increment() {...}

};
```

Rust

```
struct Something {
  i: i32,                          Dati
  s: String
}

impl Something {

  fn process(&self) {...}          Metodi
  fn increment(&mut self) {...}

}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Metodi

- Rust non è un linguaggio ad oggetti nel senso tradizionale del termine e, conseguentemente, **non ha** il concetto di classe
  - Sebbene le struct possano apparire simili alle classi di altri linguaggi, il parallelismo è limitato
  - In particolare, le struct **NON** sono organizzate in una gerarchia di **ereditarietà**
  - Il concetto di metodo si applica invece a tutti i tipi, compresi quelli primitivi
- Si definiscono i metodi collegati ad un tipo in un blocco racchiuso tra parentesi graffe, preceduto dalla parola chiave **`impl`** seguita dal nome del tipo
  - Le funzioni presenti in tale blocco il cui primo parametro sia **`self`** (una parola chiave che rappresenta l'istanza del tipo di cui si sta facendo l'implementazione), **`&self`** o **`&mut self`** diventano **metodi** (*self* corrisponde grosso modo a quello che in altri linguaggi ad oggetti viene chiamato *this*)

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Metodi

- I metodi sono funzioni legate ad un'istanza di un dato tipo (sia a livello sintattico, che a livello semantico)
- Sintatticamente, un metodo viene invocato a partire da un'istanza del tipo a cui è legato
  - Si usa la notazione *instance.method(…)*, dove *instance* è una variabile del tipo dato (detto anche **ricevitore** del metodo), e *method* è il nome della funzione
- Semanticamente, il codice del metodo ha accesso al contenuto (pubblico e privato) del ricevitore attraverso la parola chiave **`self`**
  - Posso specificare in modi diversi come il metodo tratta la struttura che prende in ingresso (il ricevitore del metodo)
  - Di fatto, i metodi legati ad una struct vengono implementati sotto forma di funzioni con un parametro ulteriore (chiamato **`self`**, **`&self`** o **`&mut self`**) il cui tipo è vincolato alla struct per la quale sono definiti

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Metodi

- Il primo parametro di un metodo definisce il livello di accesso che il codice del metodo ha sul ricevitore
  - `self` indica che il ricevitore viene passato **per movimento**, di fatto consumando il contenuto della variabile: è una forma contratta della notazione `self: Self`
  - `&self` indica che il ricevitore viene passato **per riferimento condiviso**: è una forma contratta di `self: &Self`
  - `&mut self` indica che il ricevitore viene passato **per riferimento esclusivo**: è una forma contratta di `self: &mut Self`
- `Self` (parola chiave) rappresenta il tipo che sto implementando
- Se presente, il parametro self compare come **primo elemento** nella dichiarazione del metodo
  - All'atto dell'invocazione del metodo, esso è ricavato implicitamente dal valore che compare a sinistra del punto che precede il nome del metodo
- Le funzioni che non hanno come primo parametro `self` sono dette **funzioni associate** e svolgono il ruolo giocato dai costruttori e dai metodi statici nei linguaggi ad oggetti

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Metodi

```
struct Point {
  x: i32,
  y: i32,
}

impl Point {

  fn mirror(self) -> Self {
    Self{ x: self.y, y: self.x }
  }



 fn length(&self) -> f64 {
        let a = self.x*self.x + self.y*self.y;
        let res = (a as f64).sqrt();
        res
    }

fn scale(&mut self, s: i32) {
    self.x *= s;
    self.y *= s;
  }
}
```

In tutto il blocco, Self coincide con Point

In RUST occorre specificare il nome completo self.field

Consuma una struct Point e **produce** una nuova struct dello stesso tipo

Opera su una struct Point senza possederla né mutarla

Opera su una struct Point cambiandone il contenuto

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Metodi

```
fn main() {


  let p1 = Point{ x: 3, y: 4 };
  let mut p2 = p1.mirror();

  let l1 = p2.length(); // l1: 5

  p2.scale(2);

  let l2 = p2.length();
  // l2: 10
}
```

p1 non potrà più essere usato dopo questa linea: il suo valore è stato mosso nel parametro **self** del metodo **mirror()**

Al parametro **self** del metodo **length()** è stato legato un riferimento condiviso a **p2**: tale riferimento cessa di esistere quando il metodo ritorna

Al parametro **self** del metodo **scale(...)** è stato legato un riferimento mutabile a **p2**: tale riferimento cessa di esistere quando il metodo ritorna

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Altro esempio


```
impl Rettangolo {
    fn area (&self) -> u32 {
        self.base * self.altezza
    }
    fn Contiene (&self, altro: &Rettangolo) -> bool {
      self.base > altro.base && self.altezza > altro.altezza
    }
}
fn main() {
     let rett1 = Rettangolo {base: 30, altezza: 50};
     let rett2 = Rettangolo {base: 10, altezza: 40};
     let rett3 = Rettangolo {base: 60, altezza: 45};

    println!("Il Rettangolo 1 contiene il Rettangolo 2? {}", rett1.Contiene(&rett2));
    println!("Il Rettangolo 1 contiene il Rettangolo 3? {}", rett1.Contiene(&rett3));
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

```
fn main() {
    let vec: Vec<i32> = vec![5, 10, 2, 8];
    let max = vec.into_iter().max();
    println!("Il valore massimo è {:?}.", max);
    println!("Il vettore è {:?}.", vec);
    }
```


```
 |     let vec: Vec<i32> = vec![5, 10, 2, 8];
    |         --- move occurs because `vec` has type `Vec<i32>`, which does not implement
the `Copy` trait
5   |     let max = vec.into_iter().max();
    |                   ----------- `vec` moved due to this method call
6   |     println!("Il valore massimo è {:?}.", max);
7   |     println!("Il vettore è {:?}.", vec);
    |                                    ^^^ value borrowed here after move
    |
note: `into_iter` takes ownership of the receiver `self`, which moves `vec`
|
268 |     fn into_iter(self) -> Self::IntoIter;
    |                  ^^^^
help: you can `clone` the value and consume it, but this might not be your desired
behavior
    |
5   |     let max = vec.clone().into_iter().max();
    |                  ++++++++
```


```
fn main() {
    let vec: Vec<i32> = vec![5, 10, 2, 8];
    let max = vec.clone().into_iter().max();
    println!("Il valore massimo è {:?}.", max);
    println!("Il vettore è {:?}.", vec);
    }
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Costruttori

- In C++, tutte le classi contengono metodi particolari detti **costruttori**
  - Hanno il compito di inizializzare le istanze della classe
  - Se non vengono scritti esplicitamente dal programmatore, il compilatore provvede a generarne alcuni (costruttore di default, privo di parametri, costruttore di copia, con un solo parametro di tipo riferimento costante ad un'istanza della classe corrente)
- In Rust, non esiste il concetto di costruttore
  - Qualunque frammento di codice, in un qualunque modulo che abbia visibilità di una data struct e dei suoi campi, può crearne un'istanza, indicando un valore per ciascun campo
  - Questo garantisce che il programmatore sia consapevole delle informazioni contenute al suo interno
- Per evitare significative duplicazioni di codice e favorire l'incapsulamento, le implementazioni spesso includono metodi statici per l'inizializzazione delle istanze
  - Per convenzione, un metodo di questo tipo viene chiamato `pub fn new() -> Self {...}`
  - Poiché Rust non supporta l'overloading delle funzioni, se servono più funzioni di inizializzazione, ciascuna di esse avrà un nome differente: in questo caso la convenzione è utilizzare un pattern come `pub fn with_details(...) -> Self {...}`

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Costruttore

- Un metodo costruttore è un metodo senza ricevitore.

```
#[derive(Debug)]
struct Player {
    name: String,  // nickname
    health: i32,   // stato di salute (in punti vita)
    level: u8,     // livello corrente
}

impl Player {
    fn with_name(s: String) -> Self {
        Self {name: s, health: 25, level: 1}
        }
    }
fn main() {
    let p1 = Player::with_name("Mario".to_string());

    println!("{:?}", p1);
}
```

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Distruttori

- In C++, ogni classe prevede un particolare metodo detto **distruttore**
  - Il suo compito è rilasciare le risorse possedute dall'istanza della classe
  - Ha una sintassi particolare: il suo nome coincide con il nome della classe preceduto dal segno **~** (tilde)
  - Il compilatore chiama automaticamente questo metodo se l'oggetto esce dallo scope sintattico (al termine cioè del suo naturale ciclo di vita) o se viene rilasciato esplicitamente (in quanto ospitato sullo heap e distrutto tramite l'operatore **`delete`**)
  - Se il programmatore non definisce questo metodo, il compilatore provvede a generare un'implementazione vuota
- La presenza del distruttore abilita, in C++, un particolare approccio detto ***Resource Acquisition Is Initialization*** (RAII)
  - Poiché il distruttore è chiamato automaticamente quando una variabile locale esce dallo scope, si possono usare costruttore e distruttore in coppia per garantire che determinate azioni siano eseguite in un blocco di codice in cui sia presente una variabile locale appositamente dichiarata

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Distruttori

- In C++, ogni classe prevede un particolare metodo detto **distruttore**
  - Il suo compito è rilasciare le risorse possedute dall'istanza della classe
  - Ha una sintassi particolare: il suo nome coincide con il nome della classe preceduto dal segno **~** (tilde)
  - Il compilatore chiama automaticamente questo metodo se l'oggetto esce dallo scope sintattico (al termine cioè del suo naturale ciclo di vita) o se viene rilasciato esplicitamente (in quanto ospitato sullo heap e distrutto tramite l'opera
  - Se il programmatore non definis un'implementazione vuota

Il nome giusto sarebbe dovuto essere
Resource Finalization is Destruction (RFID)

- La presenza del distruttore abilita, in C++, un particolare approccio detto ***Resource Acquisition Is Initialization*** (RAII)
  - Poiché il distruttore è chiamato automaticamente quando una variabile locale esce dallo scope, si possono usare costruttore e distruttore in coppia per garantire che determinate azioni siano eseguite in un blocco di codice in cui sia presente una variabile locale appositamente dichiarata

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Resource Acquisition Is Initialization (RAII)

Il paradigma RAII in sintesi:

- Le risorse sono incapsulate in una classe (struttura) in cui:
  - il **costruttore** acquisisce le risorse e stabilisce eventuali invarianti, oppure lancia un'eccezione se non può essere fatto
  - il **distruttore** rilascia le risorse e ***NON*** lancia mai eccezioni
- Si usano le risorse attraverso l'istanza di una classe RAII-compatibile che:
  - ha una gestione automatica delle durata di tutte le risorse, **oppure**
  - ha un ciclo di vita connesso al ciclo di vita di un altro oggetto (ad es., è parte di esso)
- In questo contesto, la presenza della semantica del ***Movimento***, garantisce il corretto trasferimento delle risorse, mantenendo la sicurezza del rilascio

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Distruttori

C++

```
Something acquire_resource() { … }
void release_resource(Something s) { … }

class RaiiClass {
  Something s;
public:

  RaiiClass() {              // COSTRUTTORE
    this->s = acquire_resource();
  }

  ~RaiiClass() {             // DISTRUTTORE
    release_resource(this->s);
  }
};
```

C++

```
void some_function() {
  RaiiClass c1;  // la costruzione di c1
                 // provoca l'invocazione di
                 // acquire_resource()

  ...
   if (some_condition) return;
   else {
     //fai altro poi ritorna
  }
  // qualunque sia il modo in cui si esce,
  // c1 viene distrutta e invocata la
funzione
  // release_resource(...)
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Distruttori

- Rust gestisce il rilascio di risorse contenute in un'istanza attraverso il tratto **Drop**
  - Tale tratto è costituito dalla sola funzione **`drop(&mut self) -> ()`**
  - Il compilatore riconosce la presenza di questo tratto nei tipi definiti dall'utente e provvederà a chiamare la funzione che lo costituisce quando le variabili di quel tipo escono dal proprio scope sintattico
  - Si può forzare il rilascio delle risorse contenute in un oggetto usando la funzione **`drop(some_object);`** che ne acquisisce il contenuto e determina l'uscita dallo scope

```
pub struct Shape {

  pub position: (f64, f64),
  pub size: (f64, f64),
  pub type: String

}
```

```
impl Drop for Shape {

    fn drop(&mut self) {
        println!("Dropping shape!");
    }
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Distruttori

- Il paradigma RAII viene mutuato dal C++ e costituisce un importantissimo modo per gestire automaticamente acquisizione e rilascio di risorse
  - Oltreché permettere l'esecuzione automatica di coppie di funzioni
  - Può essere usato ogni qual volta sia necessario garantire il corretto rilascio di risorse di sistema, come la memoria allocata sullo heap, handle di file, socket, ...
- Per poter implementare correttamente il concetto di RAII bisogna essere sicuri che, per ogni costruzione, ci sia una sola invocazione Drop e per questo motivo ….
- Il tratto **Drop** è **mutuamente esclusivo** con il tratto **Copy**
  - Se un tipo implementa il primo non può implementare l'altro, e viceversa

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

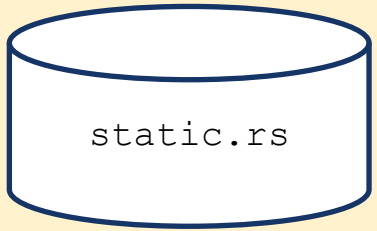
Metodi statici

- In **C++** è lecito inserire all'interno del costrutto **`class … { }`** la dichiarazione di metodi preceduti dalla parola chiave **`static`**
  - Essi non sono legati ad una specifica istanza, ma possono operare sulle istanze della classe (se ne conoscono l'indirizzo) avendo accesso anche alle componenti private
- In **Rust**, è possibile implementare metodi analoghi semplicemente **non indicando**, come primo parametro, né **`self`** né un suo derivato
- Sono anche chiamate **associated functions** e sono definite su un tipo anziché su un'istanza di un tipo
  - permettono la creazione di funzioni per la costruzione di un'istanza, metodi per la conversione di istanze di altri tipi nel tipo corrente o, semplicemente, l'accesso a funzionalità statiche (come nel caso di librerie matematiche o l'accesso in lettura di parametri di configurazione)
  - la chiamata in questo caso sarà usando **`<Tipo>::metodo()`**
  - Esempi:
    - `let s = String::from("Hello world!");`
    - `let mut arr = Vec::new();`
  -

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Metodi Statici

```
struct Rectangle {
    width: u32,
    height: u32,
}
impl Rectangle {
    fn new(width: u32, height: u32) -> Rectangle {
        Rectangle { width, height }
    }
    fn with_square(size: u32) -> Rectangle {
        Rectangle { width: size, height: size }
    }
    fn calculate_area(&self) -> u32 {
        self.width * self.height
    }
}
fn main() {
    let rectangle = Rectangle::new(5, 10);
    let area = rectangle.calculate_area();
    println!("Area: {}", area);
    let square = Rectangle::with_square(10);
    let area = square.calculate_area();
    println!("Area: {}", area);
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Enum

- In Rust, è possibile introdurre tipi enumerativi composti da un semplice valore scalare
  - Come in C e C++
  - Ma anche incapsulare più **tuple** o più **struct** (che si pongono in alternativa una rispetto ad un'altra) volte a fornire ulteriori informazioni relative allo specifico valore
- Inoltre, è possibile legare **metodi** ad un'enumerazione
  - Aggiungendo un blocco impl … come nel caso delle struct

```
enum HttpResponse {
  Ok = 200,
  NotFound = 404,
  InternalError = 500
}
```

```
enum HttpResponse {
  Ok,
  NotFound(String),
  InternalError {
    desc: String,
    data: Vec<u8> },
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

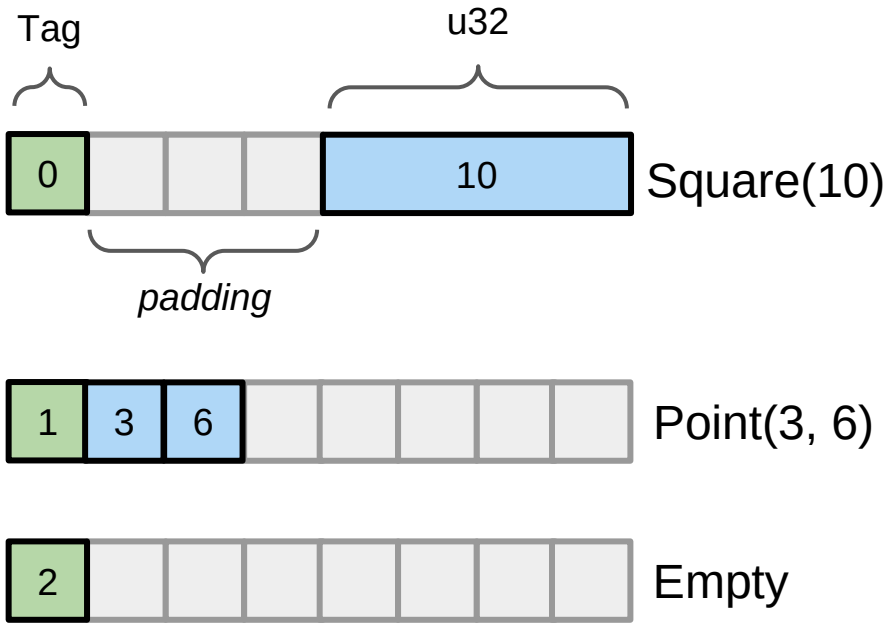
Enum

- Enum è definito come tipo **somma**
  - L'insieme dei valori che può contenere è l'unione dei valori delle singole alternative
  - Per contro, struct è un tipo **prodotto**: l'insieme dei valori che può contenere è il prodotto cartesiano degli insiemi legati ai singoli campi
- La possibilità di legare, agli specifici valori, uno o più dati è alla base di molti pattern di programmazione tipici di Rust
  - Ad esempio, la gestione dell'opzionalità e la rappresentazione del risultato di una computazione (che può fallire)

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Rappresentazione in memoria

- In memoria gli enum occupano lo spazio di un intero da 1 byte più lo spazio necessario a contenere la variante più grande

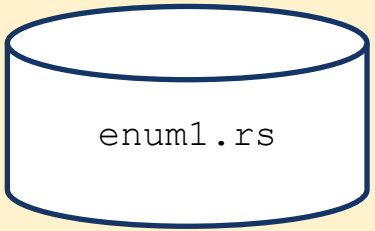



```
enum Shape {
        Square(u32),
        Point(u8, u8),
        Empty,
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Esempio

```
fn main() {
    // define enum with multiple variants and data types
    #[derive(Debug)]
    enum Game {
        Quit,
        Print(String),
        Position { x: i32, y: i32 },
        ChangeBackground(i32, i32, i32),
    }

    // initialize enum with values
    let quit = Game::Quit;
    let print = Game::Print(String::from("Hello World!"));
    let position = Game::Position { x: 10, y: 20 };
    let color = Game::ChangeBackground(200, 255, 255);

    // print enum values
    println!("quit = {:?}", quit);
    println!("print = {:?}", print);
    println!("position = {:?}", position);
    println!("color = {:?}", color);
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Enumerazioni e clausole match

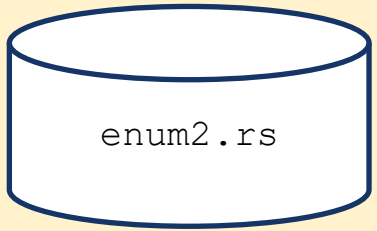
- Il costrutto **`match…`** si presta particolarmente per gestire in modo differenziato valori enumerativi
  - Il comportamento offerto dal pattern matching e la possibilità di legare variabili temporanee in base alla struttura del valore che viene analizzato offre una sintassi compatta ed efficiente per esprimere comportamenti alternativi (**destructuring assignment**)
  - Il fatto che i pattern confrontati debbano essere esaustivi, garantisce che il codice resti coerente anche se il numero di possibili alternative presenti nell'enumerazione cambia nel tempo

```
enum Shape {
    Square { s: f64 },
    Circle { r: f64 },
    Rectangle { w: f64, h: f64 }
}
```

```
fn compute_area(shape: Shape) -> f64 {
    match shape {
        Shape::Square { s } => s*s,
        Shape::Circle { r } => r*r*3.1415926,
        Shape::Rectangle {w, h} => w*h,
    }
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

```
enum Shape {
    Square { s: f64 },
    Circle { r: f64 },
    Rectangle { w: f64, h: f64 }
}

fn compute_area(shape: Shape) -> f64 {
    match shape {
        Shape::Square { s } => s*s,
        Shape::Circle  { r } => r*r*3.1415926,
        Shape::Rectangle {w, h} => w*h,
    }
}

fn main() {
    // initialize enum with values
    let quadrato = Shape::Square{s: 1.0};
    let cerchio = Shape::Circle{r: 2.0};
    let rettangolo = Shape::Rectangle{w: 2.0, h: 3.0};

    println!("Area del Quadrato {}", compute_area(quadrato));
    println!("Area del Cerchio {}", compute_area(cerchio));
    println!("Area del Rettangolo {}", compute_area(rettangolo));
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Destrutturazione

- L'utilizzo del pattern matching e la possibilità di destrutturare un valore complesso non sono limitate al costrutto **`match …`**
  - Quando non è necessario esplorare tutti i casi possibili si possono usare i costrutti

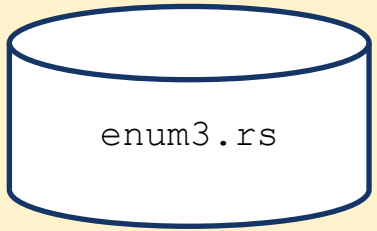
    `if let <pattern> = <value> …`

    `while let <pattern> = <value>`
  - Tali costrutti verificano se il valore fornito corrisponda o meno al pattern indicato e, nel caso, eseguono le necessarie assegnazioni alle variabili contenute nel pattern

```
fn process(shape: Shape) {
        // stampa solo se shape è Square…
    if let Square { s } = shape {
        println!("Square side {}", s);
    }
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

```
enum Shape {
    Square { s: f64 },
    Circle { r: f64 },
    Rectangle { w: f64, h: f64 }
}

fn process (shape: Shape) -> () {
    if let Shape::Square {s} = shape {
        println!("E' un quadrato")
    }
    else {
        println!("Non è un quadrato")
    }
}

fn main() {
    let cerchio = Shape::Circle{r: 2.0};
    process(cerchio);
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Destrutturazione

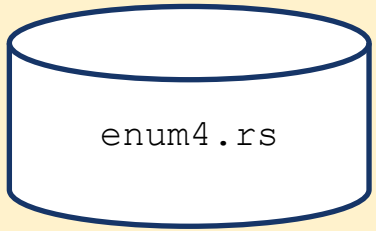
- Il processo di destrutturazione utilizza la semantica delle assegnazioni
  - Se il valore implementa il tratto **copy**, le variabili introdotte nel pattern conterranno una copia dell'elemento corrispondente
  - In caso contrario, verrà eseguito un movimento, invalidando il valore originale
- Se il valore originale non è posseduto (ad esempio è un riferimento) e non è copiabile, occorre far precedere al nome della variabile da assegnare la parola chiave **ref** (eventualmente seguita da **mut**)
  - Indicando così che ciò che viene assegnato è un riferimento (mutabile) alla parte di valore corrispondente

```
enum Shape {
    Square { s: f64 },
    Circle { r: f64 },
    Rectangle { w: f64, h: f64 }
}
```

```
fn shrink_if_circle(shape: &mut Shape) {
   if let Circle { ref mut r } = shape {
           *r *= 0.5;
    }
}
```


© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

```rust
#[derive(Debug)]
enum Shape {
    Square { s: f64 },
    Circle { r: f64 },
    Rectangle { w: f64, h: f64 }
}

fn process (shape: & mut Shape) {
    if let Shape::Square {ref mut s} = shape {
        *s *= 2.0;
    }

}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Destrutturazione di una struct

- La destrutturazione è anche utile per ottenere un “parsing” di una struttura, così da gestirne più facilmente i campi, estraendoli in contenitori singoli da trattare separatamente.
- I campi della struttura generano delle variabili.

```
struct Point {
    x: f32,
    y: f32
}

fn main() {
    let p = Point { x: 5., y: 10. };

    let Point { x: ascissa, y: ordinata} = p;

    println!("The original point was: ({},{})", ascissa, ordinata);
}
```

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Enumerazioni generiche

- Come verrà meglio presentato in seguito, è possibile definire tipi generici
  - Ovvero costrutti che contengono dati il cui tipo è specificato attraverso una meta-variabile, indicata accanto al nome del tipo, racchiusa tra i simboli '<' e '>'
  - I frammenti di codice che utilizzano un tipo generico hanno il compito di indicare quale sia il tipo concreto da sostituire alla meta-variabile
  - Vec<T>, ad esempio, rappresenta un generico vettore di valori omogenei di tipo T
- Rust offre due importanti enumerazioni generiche, che sono alla base della sua libreria standard
  - **`Option<T>`** - rappresenta un valore di tipo T **opzionale** (ovvero che potrebbe non esserci)
  - **`Result<T,E>`** - rappresenta **alternativamente** un valore di tipo T o un errore di tipo E

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

`Option<T>`

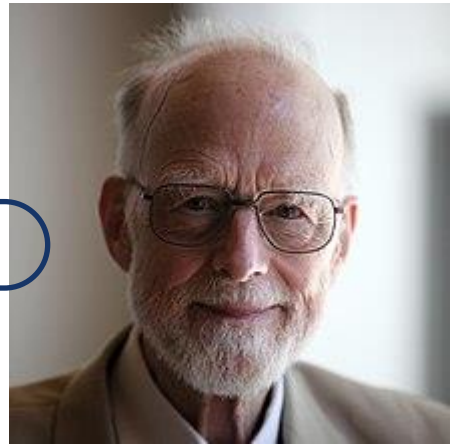
- Tipo di Enum definita nella *standard library* che permette di rappresentare il caso in cui un valore può essere presente o assente

- **`Option<T>`** contiene due possibili valori
  - **`Some(T)`** - indica la presenza e contiene il valore
  - **`None`** - indica che il valore è assente

- L'istruzione **`match …`** risulta particolarmente utile con questo tipo di valori

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Null References: The Billion Dollar Mistake



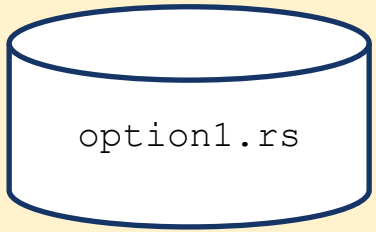
Lo chiamo il mio errore da un miliardo di dollari.
Fu l'invenzione del riferimento nullo nel 1965. A quel tempo stavo progettando il primo sistema di tipi completo per i riferimenti in un linguaggio orientato agli oggetti.
Il mio obiettivo era garantire che tutti gli usi dei riferimenti fossero assolutamente sicuri, con il controllo eseguito automaticamente dal compilatore. Ma non ho potuto resistere alla tentazione di inserire un **riferimento nullo**, semplicemente perché era così facile da implementare.
Ciò ha portato a **innumerevoli errori**, vulnerabilità e arresti anomali del sistema, che probabilmente hanno causato un miliardo di dollari di dolore e danni negli ultimi quarant'anni.

Tony Hoare, (25 August 2009) "Null References: The Billion Dollar Mistake". InfoQ.com
https://www.infoq.com/presentations/Null-References-The-Billion-Dollar-Mistake-Tony-Hoare/

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

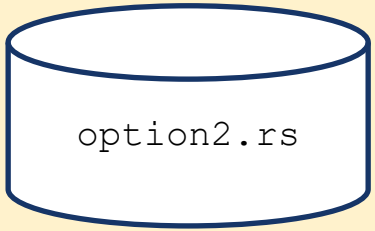
Esempio

```
fn divide(numerator: f64, denominator: f64) -> Option<f64> {
    if denominator == 0.0 {
        None
    } else {
        Some(numerator / denominator)
    }
}

fn main() {
    let result = divide(820.0, 15.2);

    match result {
        Some(value) => println!("La divisione è {}.", value),
        None => println!("Non è possibile eseguire la divisione."),
    }
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

```rust
fn divide(numerator: f64, denominator: f64) -> Option<f64> {
    if denominator == 0.0 {
        None
    } else {
        Some(numerator / denominator)
    }
}

fn raddoppia (x: Option<f64> ) -> Option<f64> {
         match x {
                  None => None,
                  Some(i) => Some(i*2.0),
                  }
}

fn main() {
    let result = divide(820.0, 15.2);

    let numero = raddoppia (result);
    match numero {
         Some(numero) => println!("Risultato della divisione moltiplicato per 2 vale {}",
numero),
        None => println!("Non è possibile eseguire la divisione."),
    }
}
```



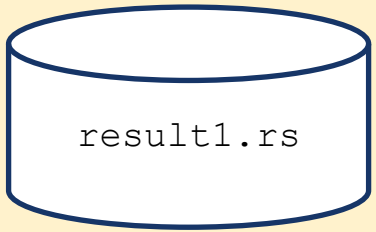
Enumerazioni generiche

- **`Result<T,E>`** si usa per indicare l'esito di un computazione; può valere:
  - **`Ok(T)`** - Se la computazione ha avuto successo, il valore restituito ha tipo T
  - **`Err(E)`** - Se la computazione è fallita, il tipo E viene usato per descrivere la ragione del fallimento

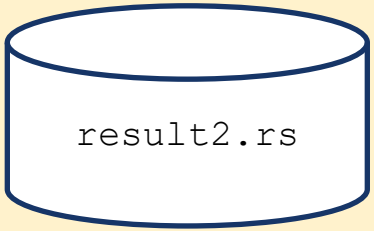
© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Esempio

```rust
fn divide(x: f64, y: f64) -> Result<f64, &'static str> {
    if y == 0.0 {
        // Returning an error if division by zero is attempted
        Err("Division by zero!")
    } else {
        // Returning the result of the division
        Ok(x / y)
    }
}

fn main() {
    // Attempting division
    let dividend = 10.0;
    let divisor = 2.0;

    // Handling the result
    match divide(dividend, divisor) {
        Ok(result) => println!("Result: {}", result),
        Err(err) => println!("Error: {}", err),
    }
}
```



```rust
fn string_to_int(s: &str) -> Result<i32, &'static str> {
    match s.parse::<i32>() {
        Ok(n) => Ok(n),
        Err(_) => Err("Impossibile convertire la stringa in un numero intero."),
    }
}

fn main() {
    match string_to_int("mamma") {
        Ok(num) => println!("Il numero convertito è: {}", num),
        Err(message) => println!("{}", message),
    }
}
```



© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24

Per saperne di più

- Rust Basics: Structs, Methods, and Traits
  - https://medium.com/better-programming/rust-basics-structs-methods-and-traits-bb4839cd57bd
- Mastering Enums in Rust: Best Practices and Examples
  - https://sterlingcobb.medium.com/mastering-enums-in-rust-best-practices-and-examples-a0bd76ea8cf
- Enums and Pattern Matching in Rust
  - https://medium.com/better-programming/rust-enums-and-pattern-matching-177b03a4152
- Destructuring
  - https://aminb.gitbooks.io/rust-for-c/content/destructuring/index.html
  - https://aminb.gitbooks.io/rust-for-c/content/destructuring_2/index.html

© G. Malnati, G. Liaci, 2021-24