

2023-10-09 - Moduli, Interfacce sig, Strutture struct, Funtori

Moduli (modules)

I moduli sono utilizzati per realizzare dei **tipi di dato** (*abstract data type - ADT*). Contengono sia **tipi** che **funzioni** del modulo. Il nome dei moduli inizia con la lettera maiuscola.

I moduli sono composti da due parti: l'**interfaccia** (*opzionale*) e l'**implementazione**.

Esistono anche moduli che descrivono *solo* un tipo di dato *astratto*, ovvero **solo la sua interfaccia**. Vengono definiti attraverso la sintassi `module type = sig ... end`.

Interfaccia (*signature*)

L'**interfaccia** pubblica (**signature**), che espone dei tipi e funzioni astratte.

È **opzionale**, in caso non venga specificata, è **inferita dall'implementazione** (`struct`) dichiarata: verranno *esposti* tutti i *tipi* e le *funzioni* dell'implementazione.

Non è possibile definire **funzioni concrete**, ma è **possibile** definire dei **tipi** già **concreti** (*alias o varianti*).

È possibile definire dei file con solo interfacce, con solo estensione `.mli`, che viene compilato in `.cmi`.

Implementazione (*structure*)

L'**implementazione concreta** di tipi e funzioni. In caso sia definita un'*interfaccia* (`sig`), vengono *esposti pubblicamente* solo quelli che sono *definiti* al suo interno.

I file contenenti *interfacce* e *implementazioni* possono essere **separati** e compilati separatamente (*devono avere un nome diverso per poter essere importati*).

Esempio: modulo *coda con priorità*

Modulo con *interfaccia* ed *implementazione*:

```
module PrioQueue :
  sig (* interfaccia *)
    type priority = int (* concreto *)
    type char_queue (* astratto *)

    val empty : char_queue
    val insert : char_queue -> int -> char -> char_queue
    val extract : char_queue -> int * char * char_queue
    exception QueueIsEmpty
  end =
  struct (* implementazione *)
    type priority = int
    type char_queue = Empty | Node of priority * char * char_queue * char_queue
    exception QueueIsEmpty

    let empty = Empty

    let rec insert queue newPrio newElem =
      match queue with
      | Empty -> Node(newPrio, newElem, Empty, Empty)
      | Node(headPrio, headElem, left, right) ->
          if newPrio <= headPrio
          then Node(newPrio, newElem, insert right headPrio headElem, left)
          else Node(headPrio, headElem, insert right newPrio newElem, left)

    let rec remove_top queue =
      match queue with
      | Empty -> raise QueueIsEmpty
```

```

| Node(prio, elem, left, Empty) -> left
| Node(prio, elem, Empty, right) -> right
| Node(prio, elem, (Node(leftPrio, leftElem, _, _) as left),
    (Node(rightPrio, rightElem, _, _) as right)) ->
    if leftPrio <= rightPrio
    then Node(leftPrio, leftElem, remove_top left, right)
    else Node(rightPrio, rightElem, left, remove_top right)

let extract queue =
  match queue with
  | Empty -> raise QueueIsEmpty
  | Node(prio, elem, _, _) as queue -> (prio, elem, remove_top queue)
end;;

let pq = PrioQueue.empty;;
let pq = PrioQueue.insert pq 10 'a';;
let pq = PrioQueue.insert pq 35 'b';;
let pq = PrioQueue.insert pq 4 'c';;
let priority, head, pq = PrioQueue.extract pq;; (* 4, 'c' *)
PrioQueue.remove_top pq;; (* Unbound value PrioQueue.remove_top *)

```

Modulo con solo *interfaccia*:

```

module type PrioQueueADT =
  sig
    (* interfaccia *)
  end;;

```

Modulo che *implementa* un *interfaccia* (module type):

```

module PrioQueue : PrioQueueADT =
  struct
    (* implementazione *)
  end;;

```

Funtori (functors)

I funtori sono delle “*funzioni*” che prendono in input una *struttura* (**modulo**) e restituiscono una nuova struttura (**modulo**).

Questo permette di gestire senza *duplicazione di codice* **moduli generici**, che **adattano** le funzioni al proprio interno per **aderire al tipo** di dato preso in input dal *funtore*.

Esempio: Map

Per inizializzare una mappa in OCaml è necessario chiamare il **funtore** `Map.Make` del modulo `Map`, che prende in input un tipo di dato (**un modulo**) completamente ordinato (`Map.OrderedType`) e restituisce un **nuovo modulo** che è il modulo mappa “*funzionante*” su quel tipo.

```
let StringMap = Map.Make(string);;
```

Il modulo dato *in input* ad un funtore deve **rispettare l'interfaccia** specificata. In questo caso `Map.OrderedType`, che contiene `type t` e `val compare : t -> t -> int`, entrambi contenuti nel tipo `string`.

Ora è possibile *utilizzare il modulo* `StringMap` come mappa concreta (`.add`, `.update`, `.find`, ...).

Esempio: funtore custom Matcher

L'obiettivo è scrivere una funzione che verifica se le *parentesi* in una stringa sono *bilanciate*, tramite l'uso di uno **stack di appoggio** (se alla fine lo stack è *vuoto* allora la stringa è *bilanciata*).

```

let is_balanced str =
  let s = Stack.empty in try

```

```

String.iter
  (fun c -> match c with
    | '(' -> Stack.push s c
    | ')' -> Stack.pop s
    | _ -> ()) str;
Stack.is_empty s
with Stack.EmptyStackException -> false

```

Vogliamo utilizzare una **qualsiasi implementazione** di uno stack, quindi scriviamo l'interfaccia di uno stack astratto (StackADT):

```

module type StackADT =
  sig
    type char_stack
    exception EmptyStackException

    val empty : char_stack
    val push : char_stack -> char -> unit
    val top : char_stack -> char
    val pop : char_stack -> unit
    val is_empty : char_stack -> bool
  end;;

```

E racchiudiamo la funzione `is_balanced` dentro un “modulo” **funtore** che prende in input un qualsiasi tipo di dato stack che *rispetta* l'interfaccia `StackADT` e lo *utilizza* dentro la funzione `is_balanced`:

```

module Matcher (Stack : StackADT) =
  struct
    let is_balanced str =
      let s = Stack.empty in try
        String.iter (fun c -> match c with
          | '(' -> Stack.push s c
          | ')' -> Stack.pop s
          | _ -> ()) str;
        Stack.is_empty s
      with Stack.EmptyStackException -> false
    end;;

```

In questo modo **qualsiasi implementazione** di stack che rispetta l'interfaccia `StackADT` (ha il tipo `char_stack`, l'eccezione `EmptyStackException` e le funzioni `empty`, `push`, `top`, `pop`, `is_empty`) può essere **utilizzata** per la funzione `is_balanced`.

Utilizzo

Per utilizzare la **struttura concreta** “generata” dal funtore, è necessario **passare** al funtore un modulo che rispetta l'**interfaccia richiesta**.

```

(* StackX: implementazione concreta di StackADT *)
let MatcherStackX = Matcher(StackX);;
MatcherStackX.is_balanced "()()()";;

```