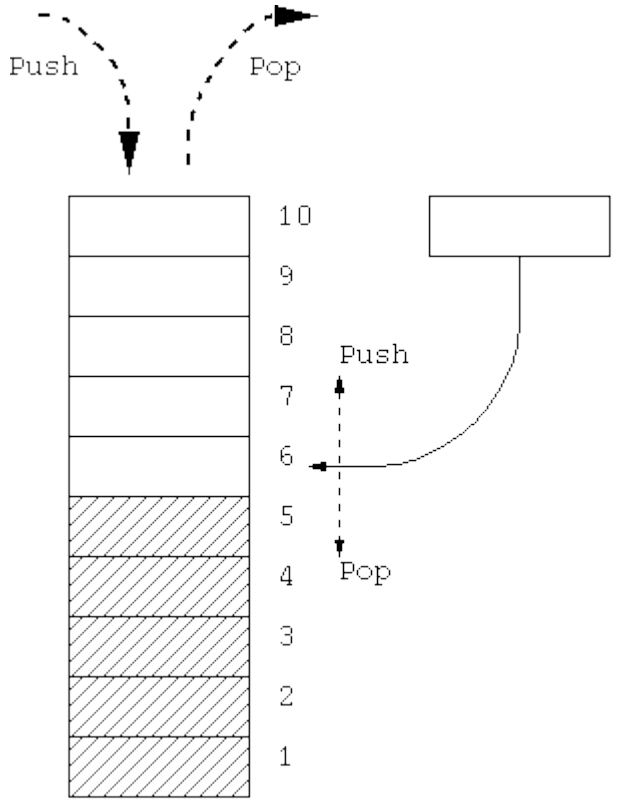
Stack e Code

Obiettivi:

- Introdurre l'ADT Stack e l'ADT Coda e le operazioni tipiche su esse
- Discuterne la realizzazione sequenziale (mediante vettori) e la realizzazione collegata (puntatori a strutture)

ADT STACK (PILA)

Collezione di elementi dello stesso tipo (multi-insieme) gestito con politica LIFO (Last-In -- First-Out): il **primo** elemento entrato è **l'ultimo** a uscire



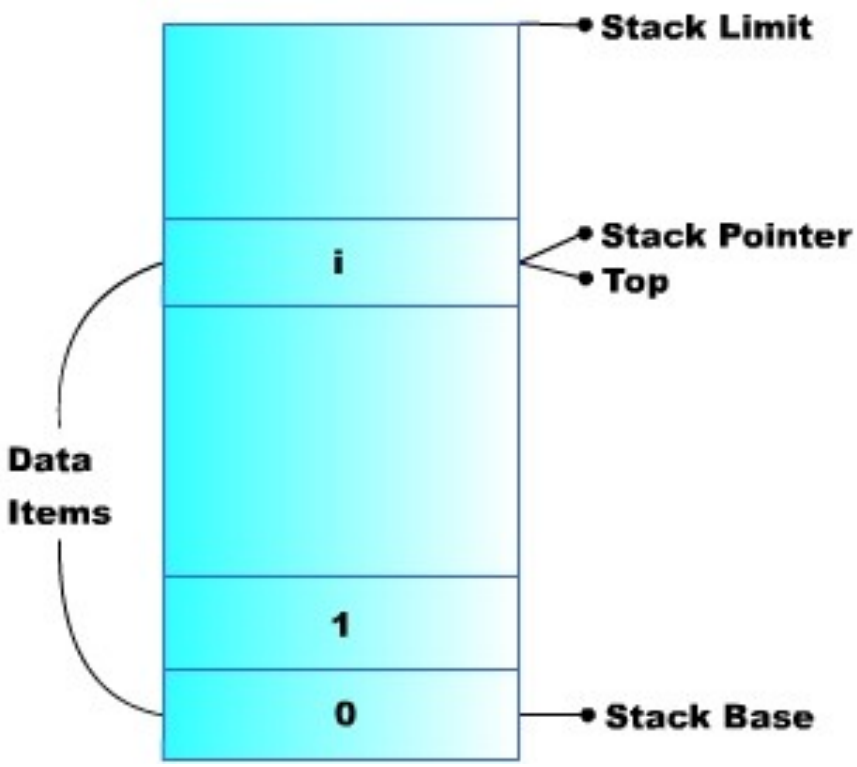
Svariate applicazioni del concetto di stack:

- ***memoria*** usata dal sistema operativo per ***record attivazione***
- ogni volta che è opportuna gestione LIFO di item (manipolazione di oggetti, …)

ADT STACK (PILA)

Come ogni ***tipo di dato astratto***, **STACK** è definito in termini di:

- ***dominio*** dei suoi elementi (dominio base)
- ***operazioni*** (***costruzione***, ***selezione***, …) ***e predicati*** sul tipo **STACK**



IL COMPONENTE STACK (PILA)

Formalmente:

stack = { D, $\mathfrak{I}$, Π }

dove:

- **D** (il dominio base) può essere **qualunque**

- **$\mathfrak{I}$ (funzioni)= { push, pop, newStack }**

  push: D $\times$ stack $\rightarrow$ stack **(inserimento)**

  pop: stack $\rightarrow$ D $\times$ stack **(estrazione)**

  newStack: $\rightarrow$ stack **(costante stack vuoto)**

- **Π (predicati)= { isEmptyStack, isFullStack }**

  isEmptyStack: stack $\rightarrow$ boolean **(test di stack vuoto)**

  [isFullStack: stack $\rightarrow$ boolean **(test di stack pieno)]**

CONSIDERAZIONI

Per utilizzare istanze del ***tipo di dato astratto stack*:**

- è necessario che il programmatore ***crei espressamente* uno stack** prima di poterlo usare
- è possibile definire ***più stack distinti***
- lo stack su cui si opera figura ***esplicitamente*** fra i parametri delle operazioni

Articolazione del progetto (1)

Due file per il tipo ***element*** **(element.h, element.c)**
Due file per il tipo ***stack*** **(stack.h, stack.c)**

operazione	*descrizione*
push : **D** × **stack** → **stack**	***inserisce un elemento*** nello stack dato (modificando lo stack)
pop : **stack** → **D** × **stack**	***estrae (e rimuove) un elemento*** dallo stack dato (modificando lo stack)
newStack : → **stack**	***crea e restituisce uno stack vuoto***
isEmptyStack : **stack** → **boolean**	Restituisce ***vero*** se lo stack dato è vuoto, ***falso*** altrimenti

Articolazione del progetto (2)

Idealmente, uno stack ha ampiezza illimitata
→ può essere vuoto, ma non *pieno*

Tuttavia, alcune *implementazioni* potrebbero porre ***limiti*** **all'effettiva dimensione di uno stack → ulteriore primitiva:**

operazione	***descrizione***
isFullStack: `stack → boolean`	Restituisce ***vero*** se lo stack dato è pieno, ***falso*** altrimenti

ADT stack (soluzione 1 – vettore con indice)

Possibili realizzazioni per stack:

1) **un vettore + un indice**
2) **tramite allocazione dinamica di strutture (come nelle liste)**

File header nel caso "vettore + indice":

```
#include "element.h"
#define MAX 1024

typedef struct {
    element val[MAX];
    int sp; } stack;

void push(element, stack);
element pop(stack);
stack newStack(void);
boolean isEmptyStack(stack);
boolean isFullStack(stack);
```

element.h

```
typedef int element;
```

ADT stack (soluzione 1 – vettore con indice)

Problema: le funzioni `push()` e `pop()` *devono modificare lo stack* → *impossibile passare lo stack per valore*

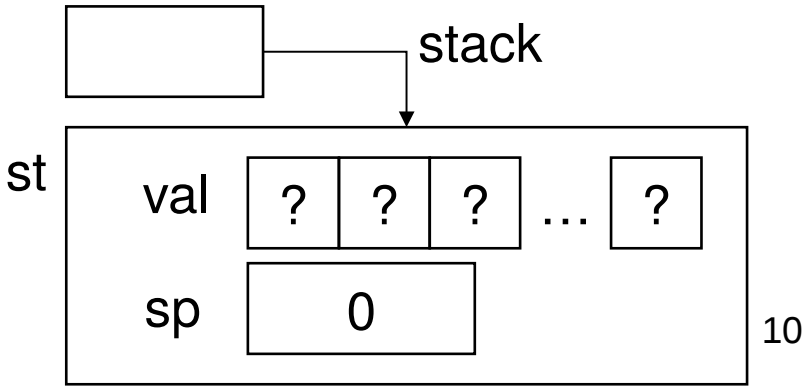
→ Occorre passaggio ***per riferimento***

Due scelte:

- in modo *visibile* (sconsigliabile)
- in modo *trasparente*_

A questo fine, occorre definire ***tipo stack come puntatore*** (a una struttura). Nuovo header nel caso "vettore + indice":

```
typedef struct {
   element val[MAX];
   int sp;
} st;
typedef st *stack;
```



ADT stack (soluzione 1 – vettore con indice)

```
#include <stdio.h>
#include “stack.h”      /* include la typedef */
#include “stdlib.h”

stack newStack(void){
   stack s = (stack) malloc(sizeof(st));
   s -> sp = 0;
   return s;
}

boolean isEmptyStack(stack s) {
   return ((s->sp) == 0);
}

boolean isFullStack(stack s) {
   return ((s->sp) == MAX);
}
```

ADT stack (soluzione 1 – vettore con indice)

```
void push(element e, stack s) {
   if ( !isFullStack(s) ) {
      s -> val[s->sp] = e;
      s->sp = s->sp + 1;
   }
   else
      printf("Errore: stack pieno");
}

element pop(stack s) {
   if ( !isEmptyStack(s) ) {
      s->sp = s->sp - 1;
      return s->val[s->sp];
   }
   else { printf("Errore: stack vuoto");
      exit(-1);
      /* che cosa si potrebbe fare altrimenti? */
   } }
```

ADT stack (soluzione 2 – allocazione dinamica)

Possibili implementazioni per stack:

1) un vettore + un indice
2) **tramite allocazione dinamica di strutture**
   (come nelle liste semplici)

File header in questo caso:

```
#include “element.h”

typedef struct stackN {
   element value;
   struct stackN *next;
} stackNode;

typedef stackNode *stack;
```

ADT stack (soluzione 2 – allocazione dinamica)

Problema: le funzioni **`push()`** e **`pop()`** ***devono modificare lo stack → impossibile passare lo stack per valore***

→ Anche in questa soluzione occorre ***passaggio per riferimento***

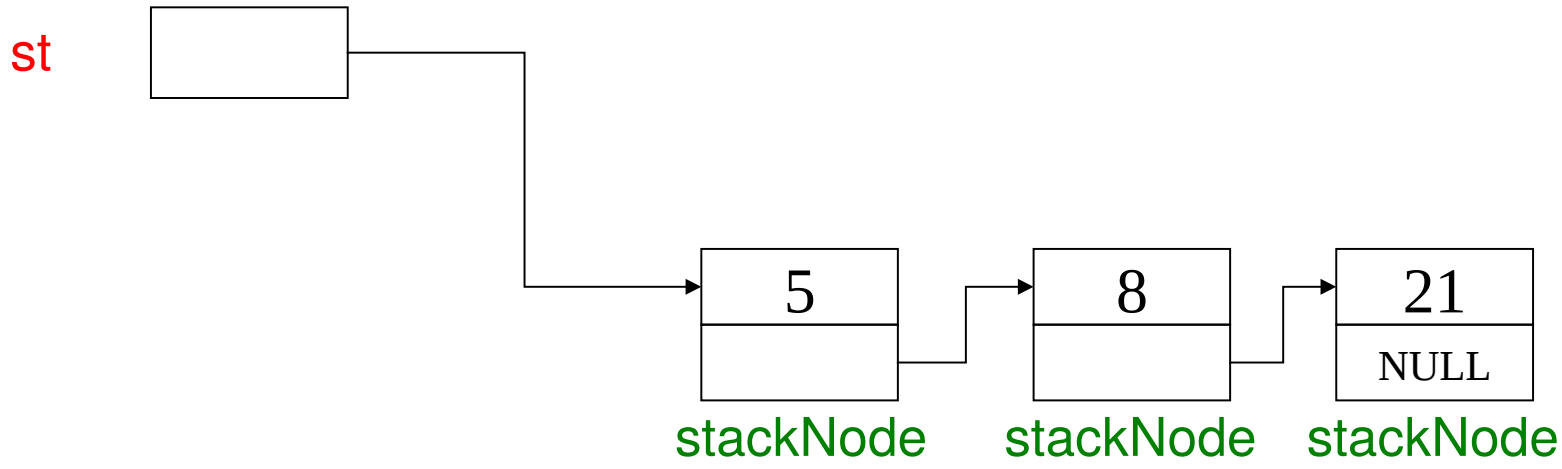
Lasciamo invariato header:

```
typedef struct stackN {
   element value;
   struct stackN *next;
} stackNode;
typedef stackNode *stack;
```

Ma ricordiamoci che push() e pop() dovranno ricevere come parametri attuali degli indirizzi puntatori a stack

ADT stack (soluzione 2 – allocazione dinamica)

```
typedef struct stackN {
   element value;
   struct stackN *next;
} stackNode;

typedef stackNode *stack;
```



ADT stack (soluzione 2 – allocazione dinamica)

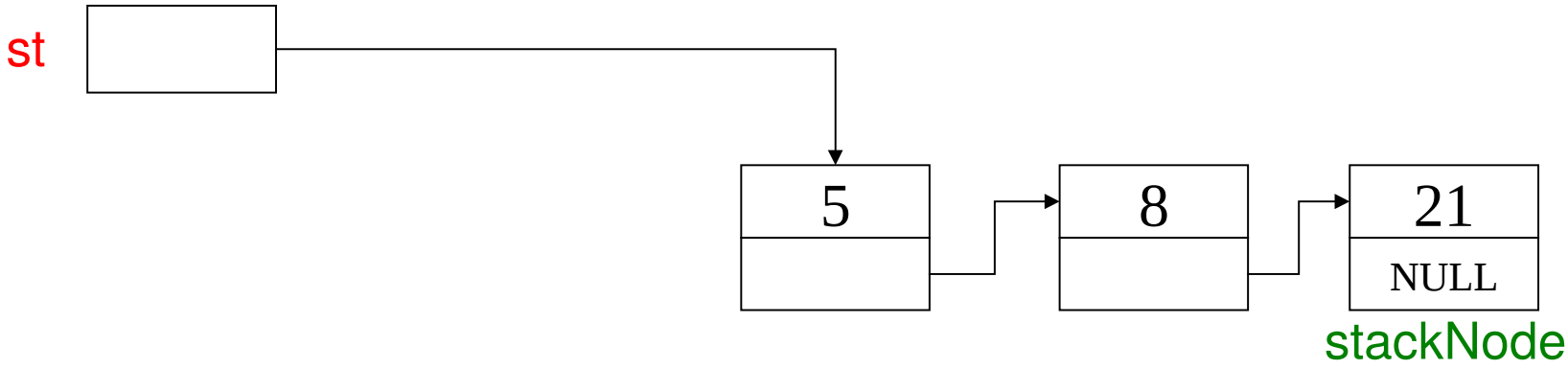
```
stack newStack(void){
   return NULL;
}

boolean isEmptyStack(stack s) {
   return (s == NULL);
}

boolean isFullStack(stack s) {
   return 0;
   /* nel caso di nessuna limitazione fisica alla dimensione dello stack */
}
```

ADT stack (soluzione 2 – allocazione dinamica)

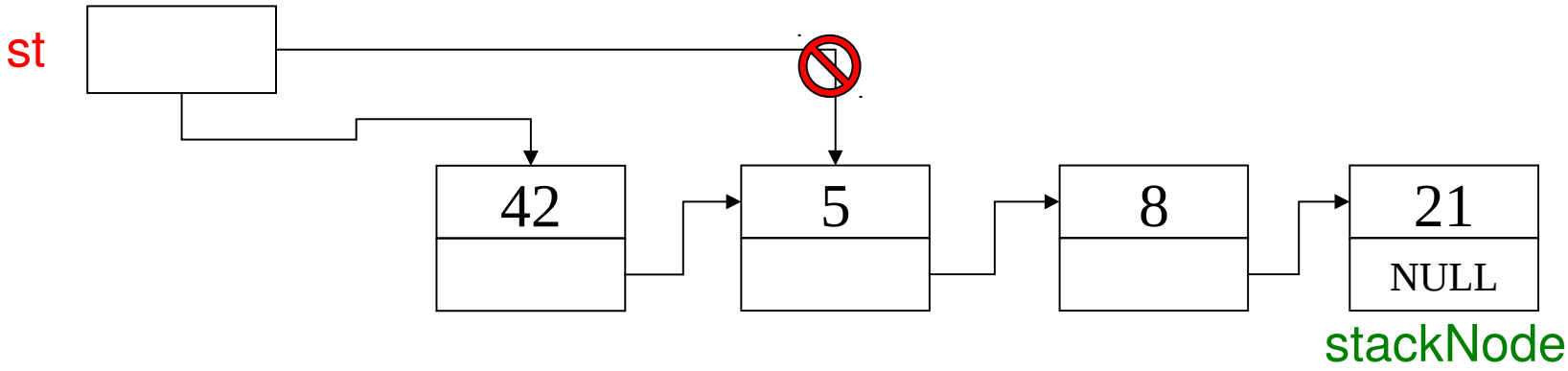
Esecuzione della funzione push(…)

```
...
push(42, &st);
...
```

Prima:



Eseguendo l'istruzione:



ADT stack (soluzione 2 – allocazione dinamica)

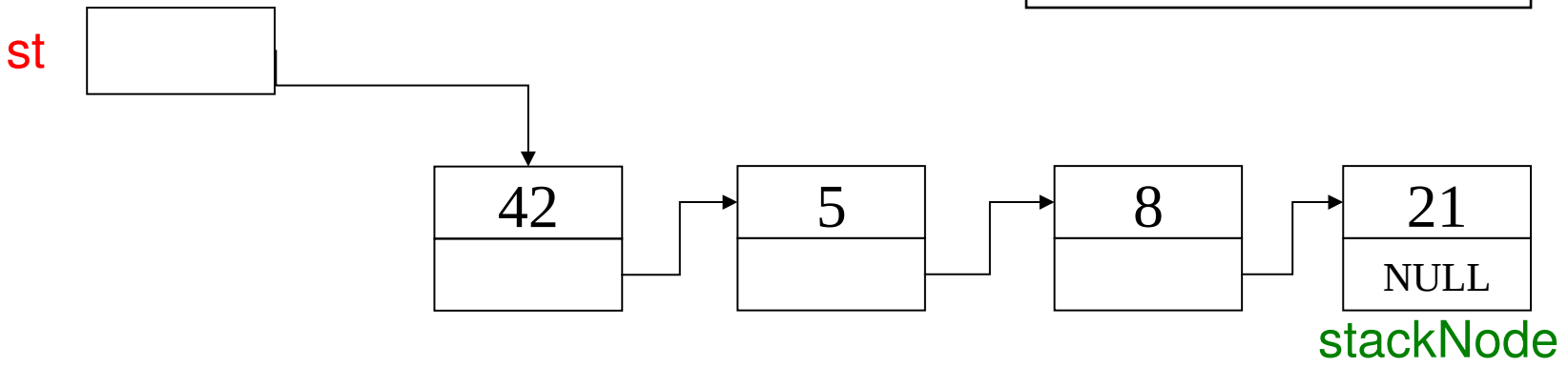
```
void push(element e, stack *s) {
   stack newNode;

   if ( !isFullStack(*s) ) {
      newNode = (stack)
            malloc(sizeof(stackNode));

      newNode->value = e;
      newNode->next = *s;
      *s = newNode;
   }
   else
      printf("Errore: stack pieno");
}
```

ADT stack (soluzione 2 – allocazione dinamica)

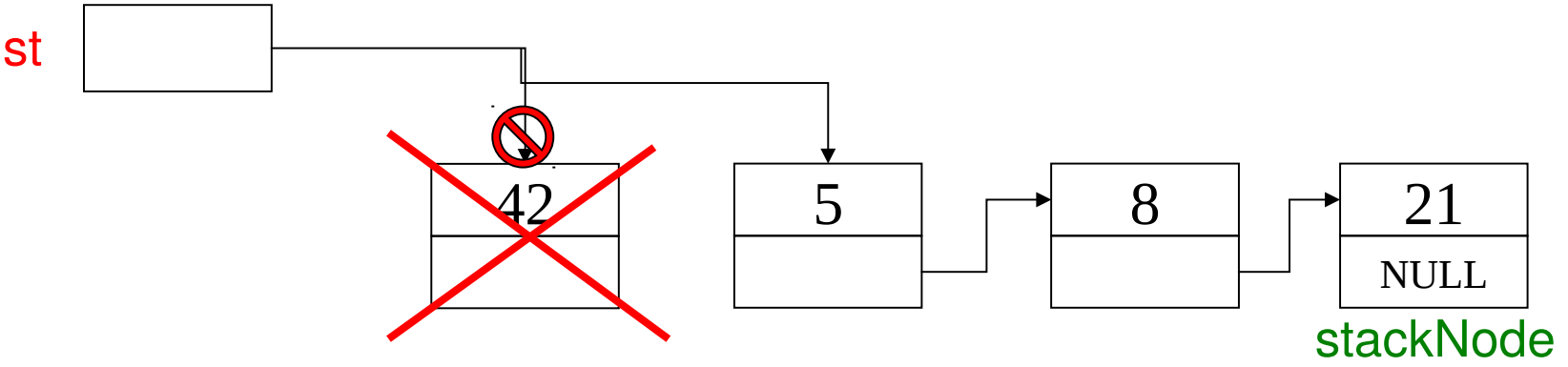
Esecuzione della funzione **pop(...)**

```
...
i = pop(&st);
...
```

Prima:



Eseguendo l'istruzione:



ADT stack (soluzione 2 – allocazione dinamica)

```
element pop(stack *s) {
   element result;
   stack oldNode;

   if ( !isEmptyStack(*s) ) {
      oldNode = *s;
      result = oldNode->value;
      *s = oldNode->next;
      free(oldNode); /* operazione distruttiva!!! */
      return result;
   }
   else {
      printf("Errore: stack vuoto");
      exit(-1);
      }
}
```

Esempio di main() che usa STACK (di interi)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include “stack.h”


int main(void) {
   stack s1 = newStack(); // creazione di uno stack vuoto
   int choice; /* scelta menu utente */
   int value;  /* input utente */

   instructions(); /* mostra il menu */
   printf("? ");
   scanf("%d", &choice);

   /* while user does not enter 3 */
   while (choice!=3) {
```

Esempio di main() che usa STACK (di interi)

```
switch (choice) {
         /* inserisci un valore nello stack */
         case 1:
            printf(“Enter an integer: ");
            scanf("%d", &value);
            push(value, &s1);
            printStack(s1);
            break;

         /* estrai un valore dallo stack */
         case 2:
            /* se  lo stack non è vuoto */
            if ( !isEmpty(s1) ) {
               printf( "The popped value is %d.\n",
                        pop(&s1) ); }
            printStack(s1);
            break;
```

Esempio di main() che usa STACK (di interi)

```
    default:
            printf("Invalid choice.\n\n");
            instructions();
            break;
      } /* end switch */
      printf("? ");
      scanf("%d", &choice);
   } /* end while */
   printf("End of run.\n");
   return 0; /* terminazione con successo */
}
```

Esempio di main() che usa STACK (di interi)

```
/* mostra le istruzioni all'utente */
void instructions(void)
{
   printf("Enter choice:\n 1 to push a value on the
      stack\n 2 to pop a value off the stack\n 3 to
      end program\n" );
}
```

Esempio di main() che usa STACK (di interi)

```
void printStack(stack s)
{
   /* se lo stack è vuoto */
   if (isEmptyStack(s)) {
      printf( "The stack is empty.\n\n" );
   }
   else {
      printf("The stack is:\n");
      while (!isEmptyStack(s)) {
         printf("%d --> ", s->value);
         s = s->next;
            }

      printf("NULL\n\n");
   }
}
```

e se avessi usato **pop()?**

Spesso c'è anche una funzione selettore top**()**

Articolazione del progetto (1)

operazione	*descrizione*
push : `D × stack → stack`	***inserisce un elemento*** nello stack dato (modificando lo stack)
pop : `stack → D × stack`	***estrae (e rimuove) un elemento*** dallo stack dato (modificando lo stack)
top : `stack → D`	***Seleziona (senza rimuoverlo) l' elemento affiorante*** dello stack dato (non modifica lo stack)
newStack : `→ stack`	***crea e restituisce uno stack vuoto***
isEmptyStack : `stack → boolean`	Restituisce ***vero*** se lo stack dato è vuoto, ***falso*** altrimenti

Top of STACK

```
element top(stack s)
{
   /* se lo stack è vuoto */
   if (isEmptyStack(s)) {
      printf( "The stack is empty.\n\n" );
   }
   else { return s->value;    }

}
```

IL COMPONENTE CODA FIFO (FIFOQueue)

Una coda è un ***contenitore di elementi gestito con politica FIFO*** (First-In -- First-Out): **il primo elemento entrato è anche il primo a uscire**

- Le operazioni sono simili a quelle di uno stack: in particolare, ***enQueue( )*** inserisce un elemento, e ***deQueue( )*** lo estrae (rimuovendolo)

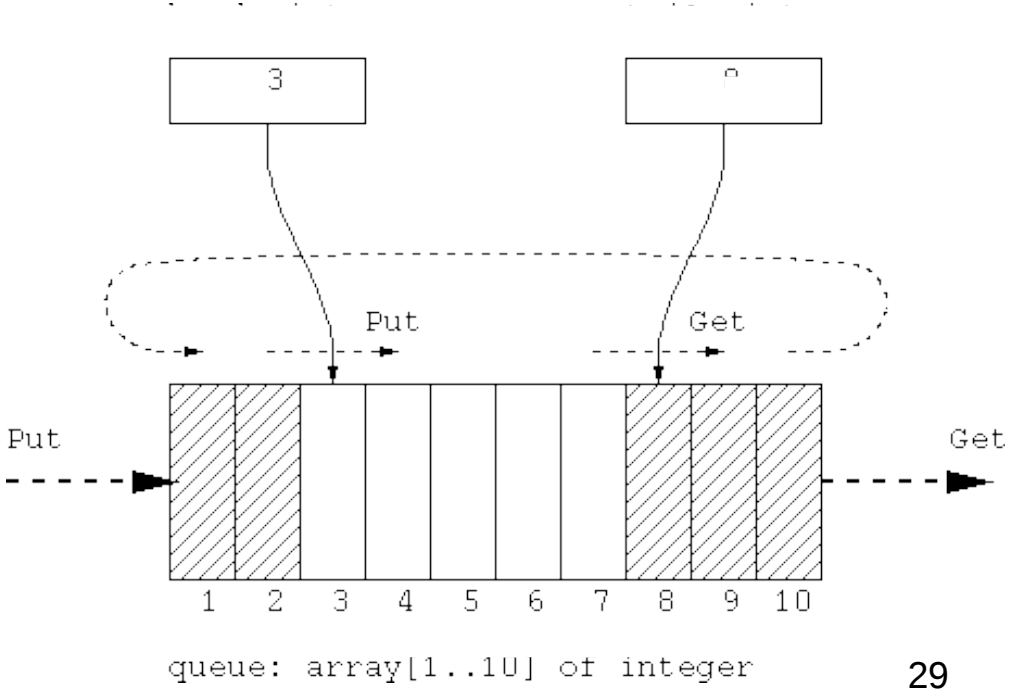
Implementazione basata su vettore o su lista: a differenza dello stack, per gestire la politica FIFO conviene avere accesso *sia al primo elemento* (estrazione) *sia all'ultimo* (inserimento)

ADT CODA

Numerose applicazioni delle code in computer science/engineering:

- **accesso a risorse condivise in mutua esclusione** (coda di accesso alla CPU, spooling di stampa, …)
- **code di pacchetti** nei dispositivi di rete per **l'instradamento (router)**

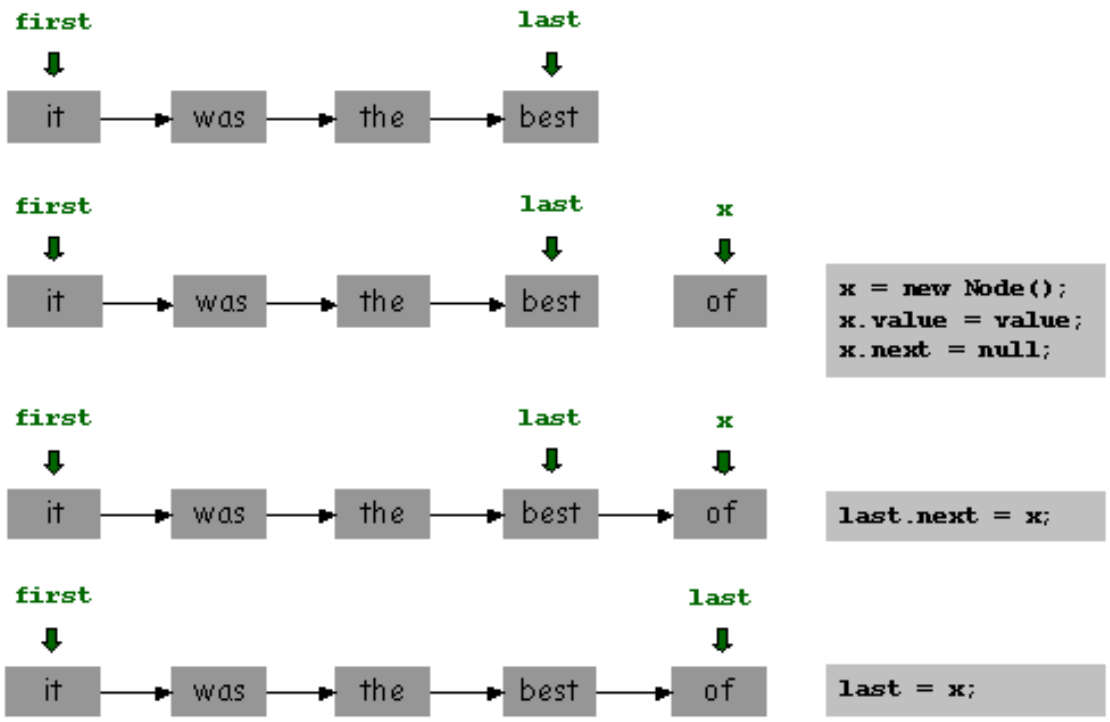
Anche code con priorità differenziate



IL COMPONENTE CODA FIFO (FIFOQueue)

Formalmente:
FIFOQueue = { D, $\Im$, Π }
dove:

- D (dominio-base) può essere qualunque
- $\Im$ (funzioni) = { **createEmptyQueue, enQueue, deQueue** }
- Π (predicati)= { **isEmptyQueue** }



IL COMPONENTE CODA FIFO (FIFOQueue)

Un file per il tipo ***element*** **(element.h)**
Due file per il tipo ***FIFOQueue***
(FIFOQueue.h, FIFOQueue.c)

operazione	*descrizione*
enQueue: D × FIFOQueue → FIFOQueue	***inserisce un elemento*** nella coda data (***modificandola***)
deQueue: FIFOQueue → D × FIFOQueue	***estrae (e rimuove) un elemento*** dalla coda data (***modificandola***)
createEmpytQueue: → FIFOQueue	crea e restituisce una coda vuota
isEmptyQueue: FIFOQueue → bool	Restituisce ***vero*** se la coda data è vuota, ***falso*** altrimenti

IMPLEMENTAZIONE (FIFOQueue)

Possibili implementazioni:

1) **Usando un vettore + due riferimenti (cattivo uso della memoria, limiti alla dimensione massima, ...)**

```
/* queue.h */
void enqueue(int *q, int *tail, int element);
int dequeue(int *q, int *head);
int full(int tail, const int size);
int empty(int head, int tail);
void init(int *head, int *tail);
```

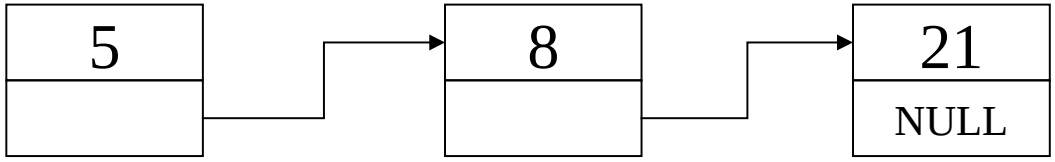
Web resources, see at :
http://cprogramminglanguage.net/queue.aspx

IMPLEMENTAZIONE (FIFOQueue)

Possibili implementazioni:

1) **Usando un vettore + due indici (cattivo uso della memoria, limiti alla dimensione massima, ...)**

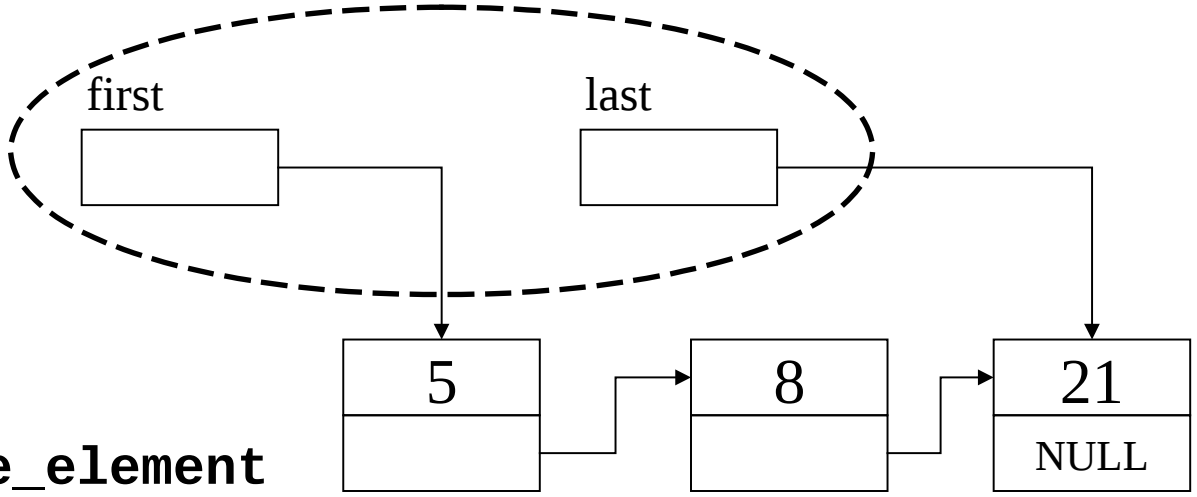
2) **Usando una rappresentazione collegata analoga al caso delle liste**




```
typedef struct queue_element {
        element value;
        struct queue_element * next;
} queueNode;
```

IMPLEMENTAZIONE (FIFOQueue)

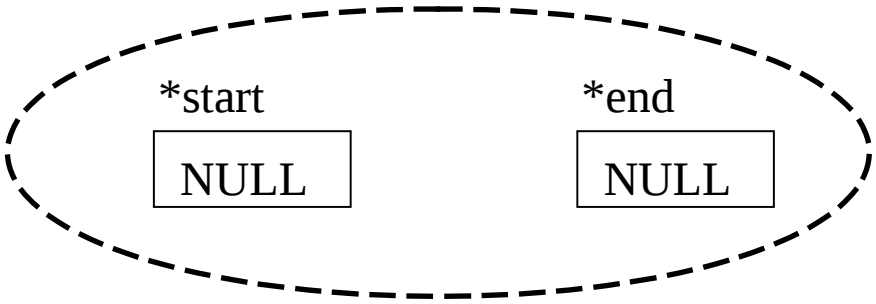
A differenza dello stack, **per gestire la politica FIFO** conviene avere accesso ***sia al primo elemento* (estrazione) *sia all'ultimo* (inserimento)**




```
typedef struct queue_element
{ element value;
 struct queue_element * next;
} queueNode;

typedef  queueNode *startQueue;
typedef  queueNode * endQueue;
```

IMPLEMENTAZIONE (FIFOQueue)

```
void createEmptyQueue(startQueue * start,
endQueue * end)
{
      *start = NULL;
      *end = NULL;
      return;
}
```



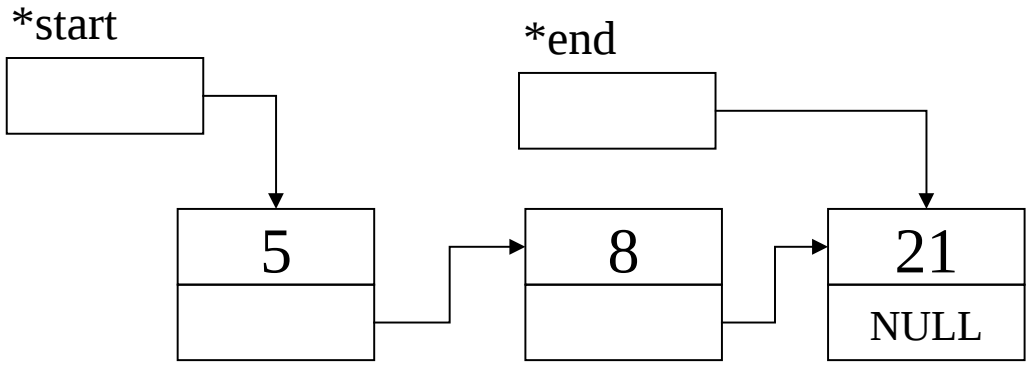

```
int isEmptyQueue(startQueue aQueue)
{     return aQueue == NULL; }
```

createEmpyQueue(&first,&last);

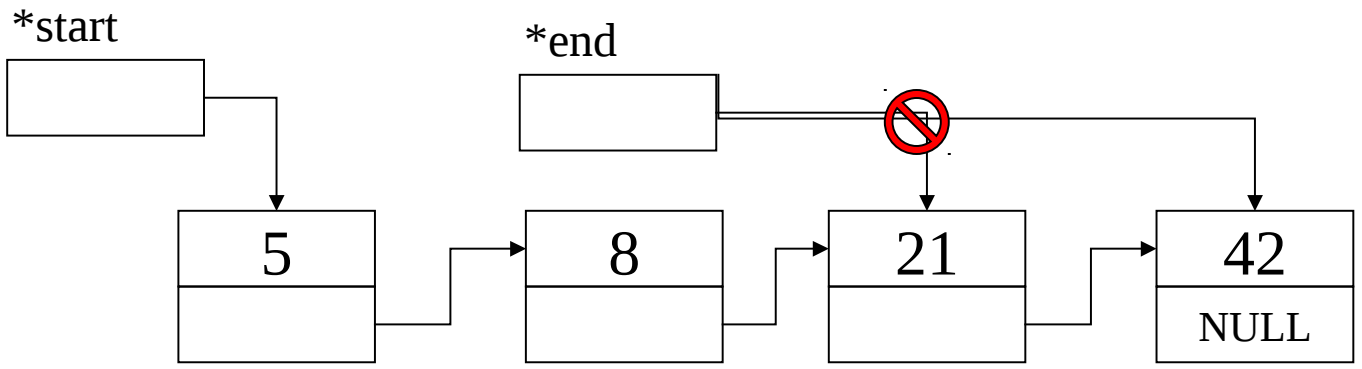
NOTA: Quando creo una coda vuota, devo modificare i puntatori *start* ed *end* → devo ***passarli per riferimento***

IMPLEMENTAZIONE – enQueue()

Inserisco gli ultimi arrivati in fondo alla coda → devo modificare l'ultimo puntatore. Nota che se la coda è vuota, devo modificare anche il primo puntatore




```
...
enQueue(42, &first, &last);
...
```

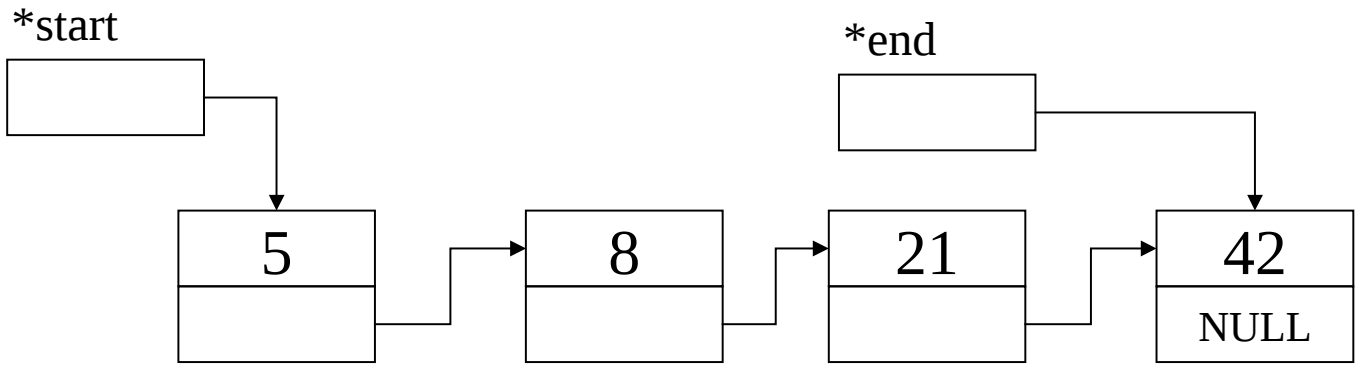


IMPLEMENTAZIONE – enQueue()

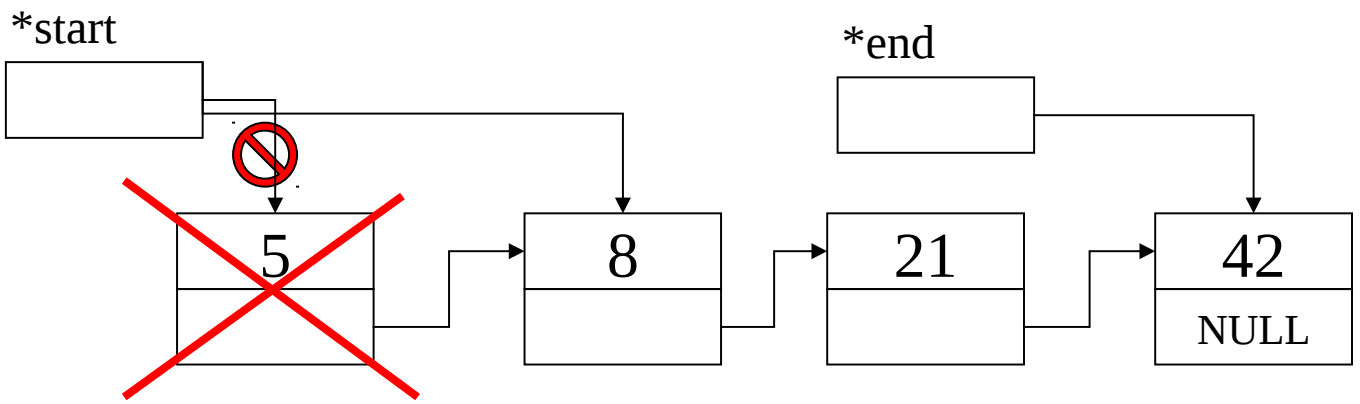
```
void enQueue(element el, startQueue *start, endQueue *end)
{
        queueNode *newNodePtr;
        newNodePtr = (queueNode *) malloc(sizeof(queueNode));

        if (newNodePtr != NULL) {
                newNodePtr->value = el;
                newNodePtr->next = NULL;
                if (isEmptyQueue(*start))  /* coda vuota */
                        *start = newNodePtr;
                else (*end)->next = newNodePtr;
                *end = newNodePtr;
        }
        else printf("procedure enQueue: Element not inserted.
                A problem occured while allocating new
                memory.\n");
        return;
}
```

IMPLEMENTAZIONE – deQueue()

Restituisco il primo elemento in cima alla coda → devo modificare il primo puntatore. Devo anche ***deallocare*** la memoria corrispondente



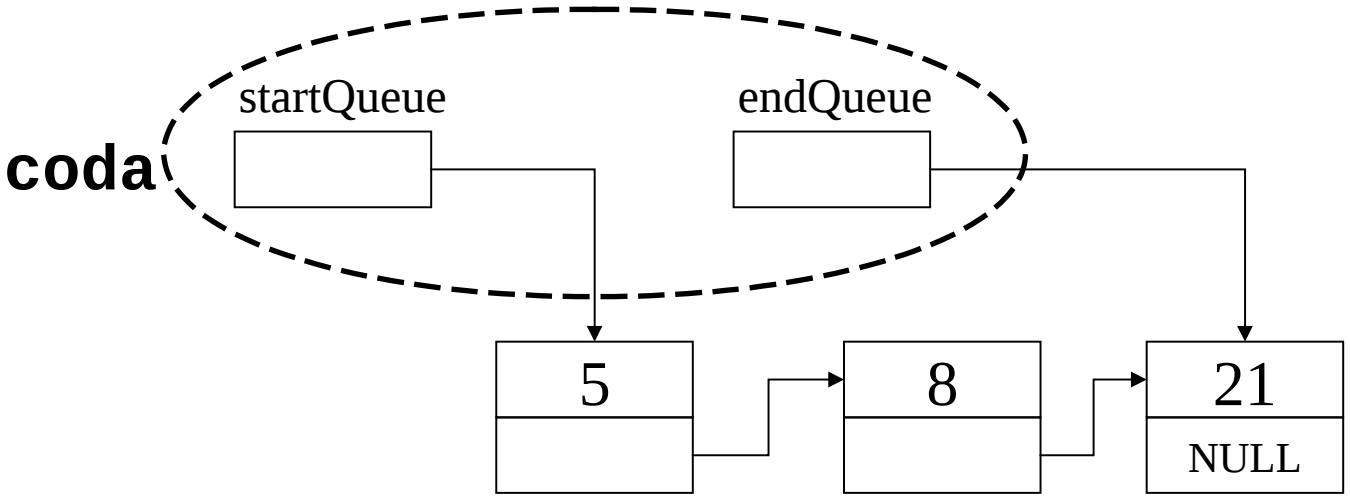

```
...
result = deQueue(&first, &last); // restituisce 5…
...
```



IMPLEMENTAZIONE - deQueue()

```
element deQueue(startQueue * start, endQueue * end)
{     element result;
      startQueue temp;

      if (isEmptyQueue(*start)) {
            printf("function deQueue: Fatal error,
            required an element from an empty
            queue...\n");
            exit(-1);
      }
      else {result = (*start)->value;
            temp = *start;
            *start = (*start)->next;
            if (isEmptyQueue(*start)) *end = NULL;
            free(temp);
      }
      return result;
}
```

IMPLEMENTAZIONE (FIFOQueue)



Esercizio:
si realizzi una implementazione alternativa con ***una unica variabile di tipo coda***, struttura che contenga i due puntatori **`startQueue`** e **`endQueue`**.
Andrà passata ***per valore o per riferimento*** nelle operazioni elementari?

```
typedef struct {
        queueNode *startQueue;
        queueNode *endQueue} coda;
```