Gestione della memoria

(Classi di memorizzazione delle variabili, Record di attivazione, Spazio di indirizzamento)

Classi di memorizzazione

- La classe di memorizzazione di un oggetto governa il suo tempo di vita ed il suo valore iniziale
- Abbiamo tre classi di memorizzazione:

1) Automatica
2) Statica
3) Dinamica

Oggetti automatici

- Variabili (o costanti) definite nei blocchi e parametri formali
- Creati al raggiungimento della loro definizione durante l'esecuzione del programma, distrutti al termine dell'esecuzione del blocco in cui sono definiti
- Se non inizializzati hanno valori **casuali**

Oggetti statici

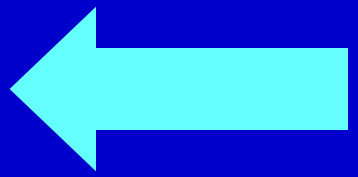
- Variabili (o costanti) globali o definite nelle funzioni utilizzando la parola chiave **static** (di quest'ultima non vedremo i dettagli)
- Creati all'inizio dell'esecuzione del programma, distrutti al termine dell'esecuzione del programma
- Se non inizializzati hanno valore **zero**

Oggetti dinamici

- Allocati nella memoria libera
- Esistono dal momento dell'allocazione fino alla deallocazione (o al più fino alla fine dell'esecuzione programma)
- Se non inizializzati hanno valori **casuali**

I tre elementi fondamentali per comprendere le funzioni

- Definizione/Dichiarazione della funzione
- Uso della funzione (chiamata)
- Esecuzione della funzione (record di attivazione)



Istruzioni e memoria

- Così come gli oggetti, anche le istruzioni (in linguaggio macchina) stanno in memoria
- Sono eseguite nell'ordine in cui compaiono in memoria
  - ma un istruzione di salto può far continuare l'esecuzione da una istruzione diversa da quella successiva
- Definiamo indirizzo di una funzione l'indirizzo in cui è memorizzata la prima istruzione della funzione

Esecuzione funzioni

- Prima dell'inizio dell'esecuzione di una funzione, viene creato in memoria il corrispondente **record di attivazione**
  - Contiene fondamentalmente gli oggetti locali alla funzione (variabili/costanti locali e parametri formali)
- I record di attivazione sono memorizzati in una zona della memoria del processo chiamata **stack** (**pila**)

Record di attivazione

Un record di attivazione rappresenta l'*ambiente* della funzione, e contiene:

Parametri formali inizializzati con i parametri attuali

Variabili (costanti) locali

Indirizzo del record di attivazione del chiamante, per ripristinarne l'ambiente

Indirizzo dell'istruzione del chiamante a cui tornare alla fine dell'esecuzione

Record di attivazione (*cont.*)

- Quando la funzione termina, il controllo torna al chiamante, che deve:
  - riprendere la sua esecuzione dall'istruzione successiva alla chiamata della funzione
  - trovare il suo mondo inalterato
- A questo scopo, quando il chiamante chiama la funzione, si inseriscono nel record di attivazione della funzione anche:
  - **indirizzo di ritorno**, ossia l'indirizzo della prossima istruzione del chiamante che andrà eseguita quando la funzione terminerà
  - **collegamento dinamico**, ossia un collegamento al record di attivazione del chiamante, in modo da poter ripristinare l'ambiente del chiamante quando la funzione terminerà
- La sequenza dei link dinamici costituisce la cosiddetta ***catena dinamica,*** che rappresenta *la storia* delle attivazioni ("chi ha chiamato chi")

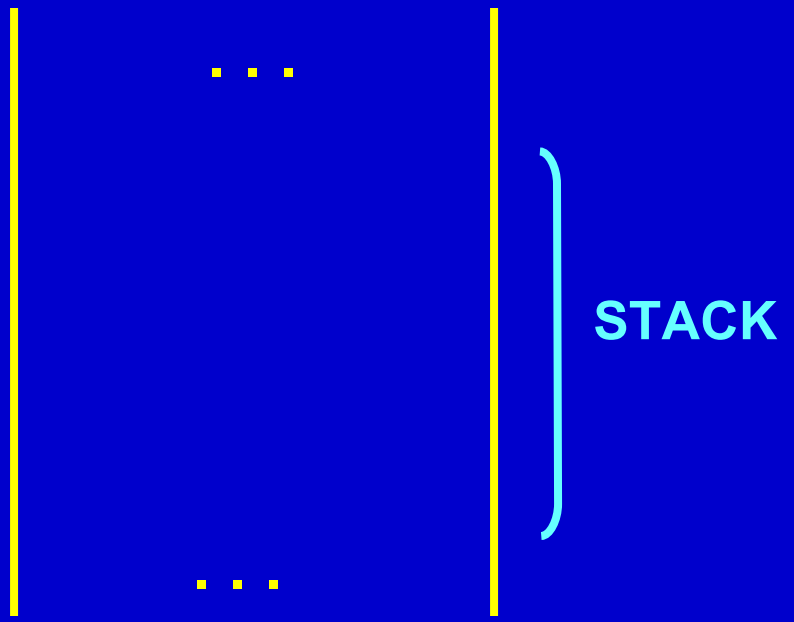
Record di attivazione (*cont.*)

- La dimensione del record di attivazione:
  - varia da una funzione all'altra
  - ma, per una data funzione, è fissa e calcolabile a priori
- Il record di attivazione:
  - viene *creato dinamicamente* nel momento in cui la funzione viene chiamata
  - rimane sullo **stack** per tutto il tempo in cui la funzione è in esecuzione
  - viene *deallocato alla fine* quando la funzione termina
- **Funzioni che chiamano altre funzioni danno luogo a una *sequenza* di record di attivazione**
  - allocati secondo l'ordine delle chiamate
  - de-allocati in ordine inverso

  → i record di attivazione possono essere *innestati*

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```

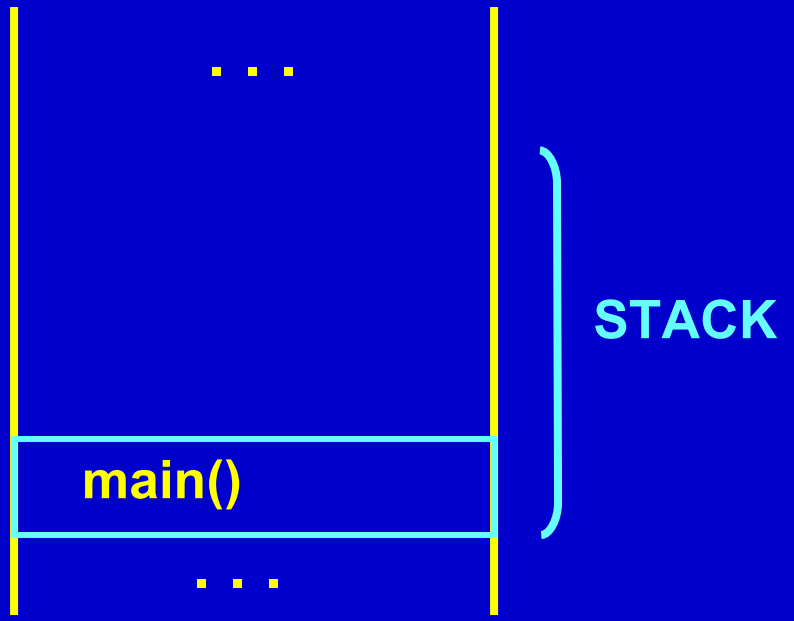


Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. $\rightarrow$) **main** $\rightarrow$ **P** $\rightarrow$ **Q** $\rightarrow$ **R**

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```

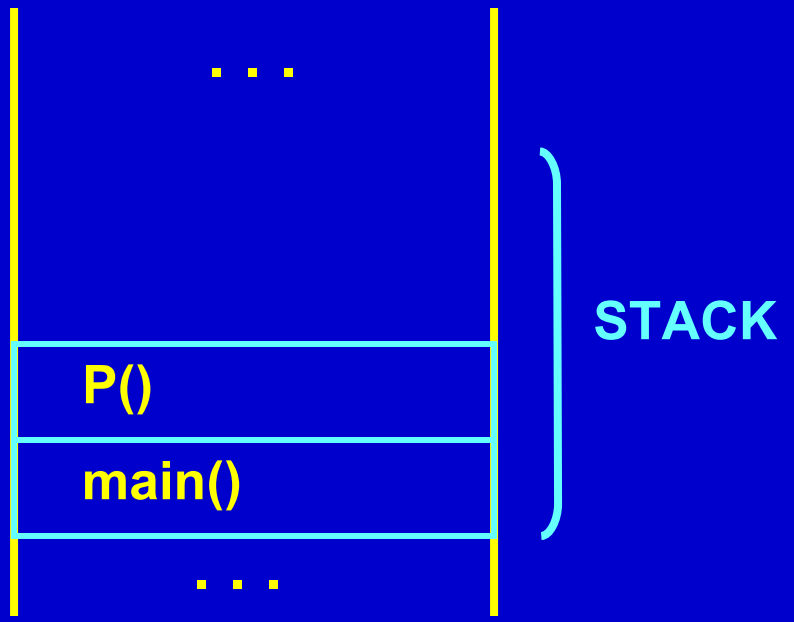


Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. $\rightarrow$) **main** $\rightarrow$ **P** $\rightarrow$ **Q** $\rightarrow$ **R**

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```

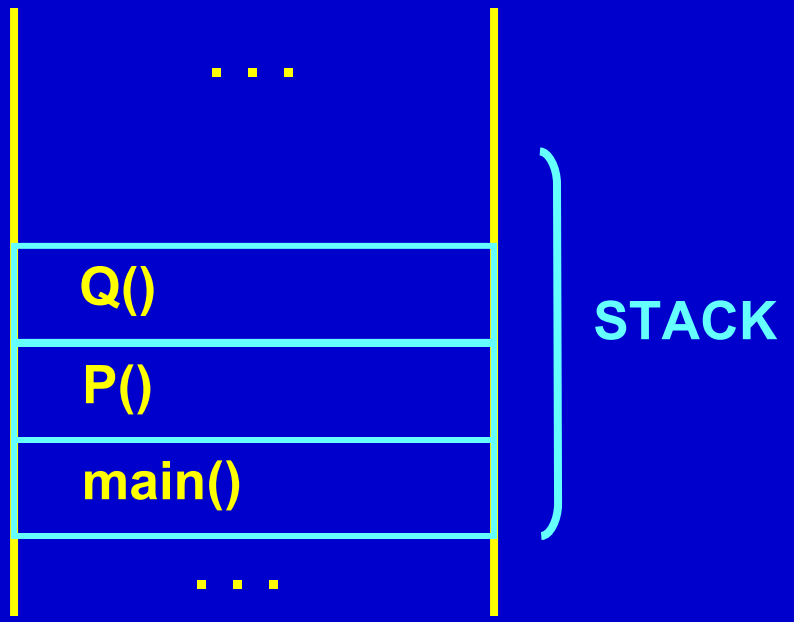


Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. $\rightarrow$) **main** $\rightarrow$ **P** $\rightarrow$ **Q** $\rightarrow$ **R**

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```

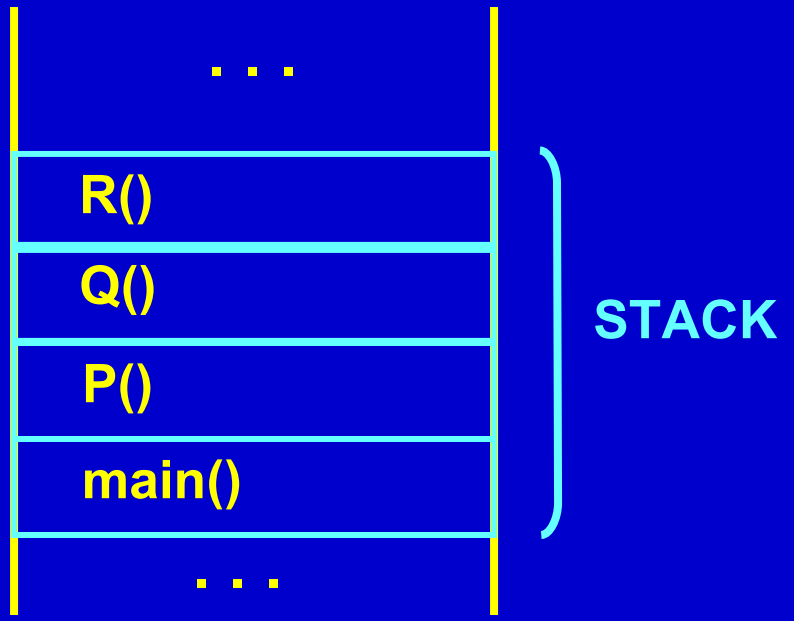


Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. $\rightarrow$) **main** $\rightarrow$ **P** $\rightarrow$ **Q** $\rightarrow$ **R**

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```

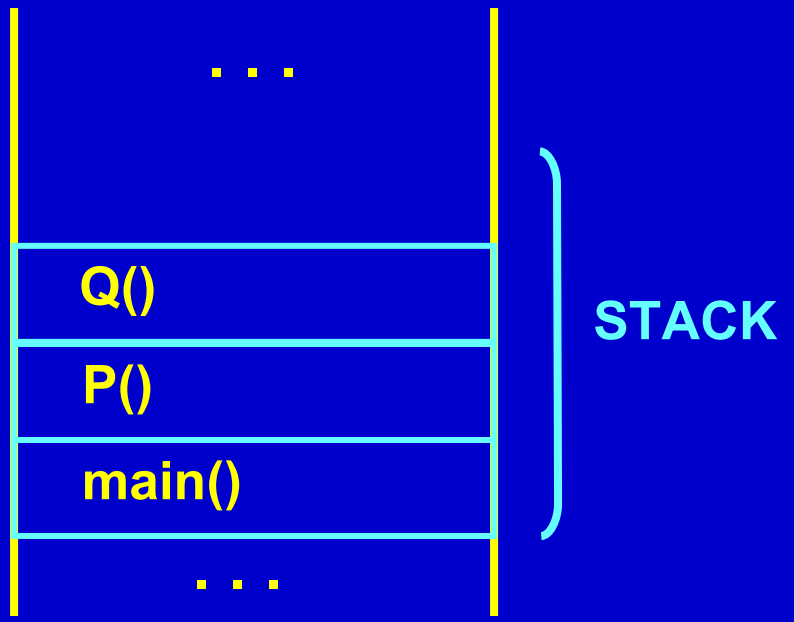


Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. $\rightarrow$) **main** $\rightarrow$ **P** $\rightarrow$ **Q** $\rightarrow$ **R**

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```

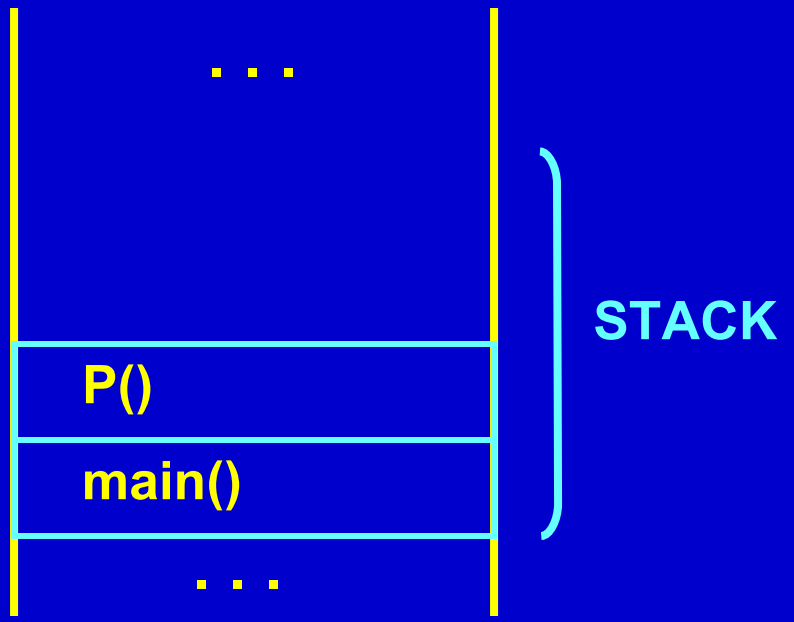


Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. $\rightarrow$) **main** $\rightarrow$ **P** $\rightarrow$ **Q** $\rightarrow$ **R**

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```

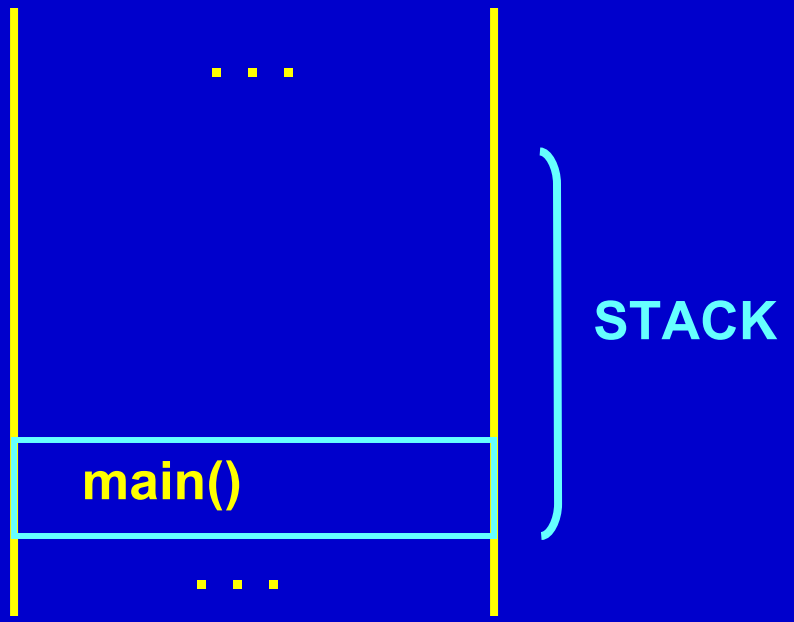


Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. $\rightarrow$) **main** $\rightarrow$ **P** $\rightarrow$ **Q** $\rightarrow$ **R**

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```

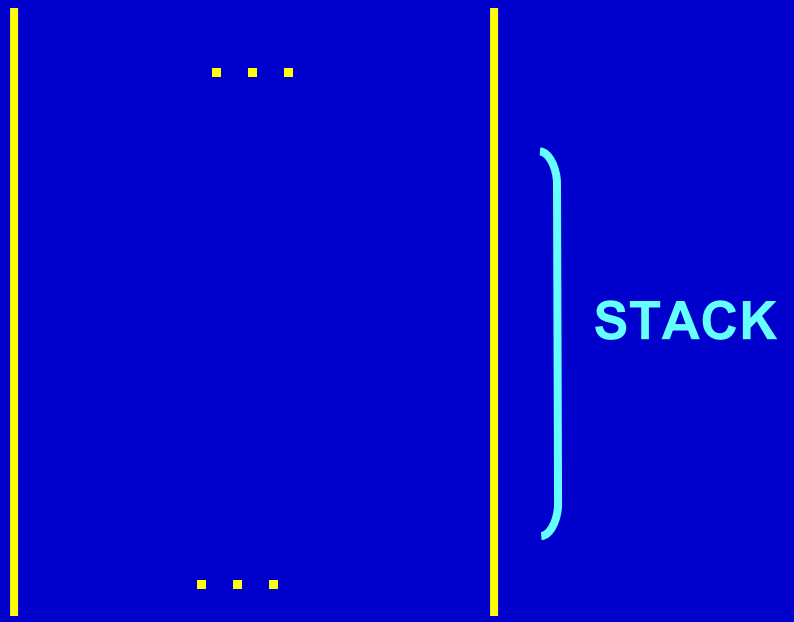


Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. $\rightarrow$) **main** $\rightarrow$ **P** $\rightarrow$ **Q** $\rightarrow$ **R**

Esempio

```
int x = 4;
void R(int A) { x = A; }
void Q(int x) {  R(x);  }
void P()  {  int a=10;  Q(a); }
main() {  P();  }
```



Sequenza di attivazioni

(Sist. Oper. →) **main** → **P** → **Q** → **R**

Uso dello Stack (*Pila*)

- Si ricorda che nel linguaggio C/C++ tutto si basa su funzioni (anche il **main()** è una funzione)
- Per catturare la semantica delle chiamate annidate (una funzione che chiama un'altra funzione, che chiama un'altra ...), è necessario gestire l'area di memoria che contiene i record di attivazione relative alle varie chiamate di funzioni come una **pila** (***stack***):

Last In, First Out → LIFO

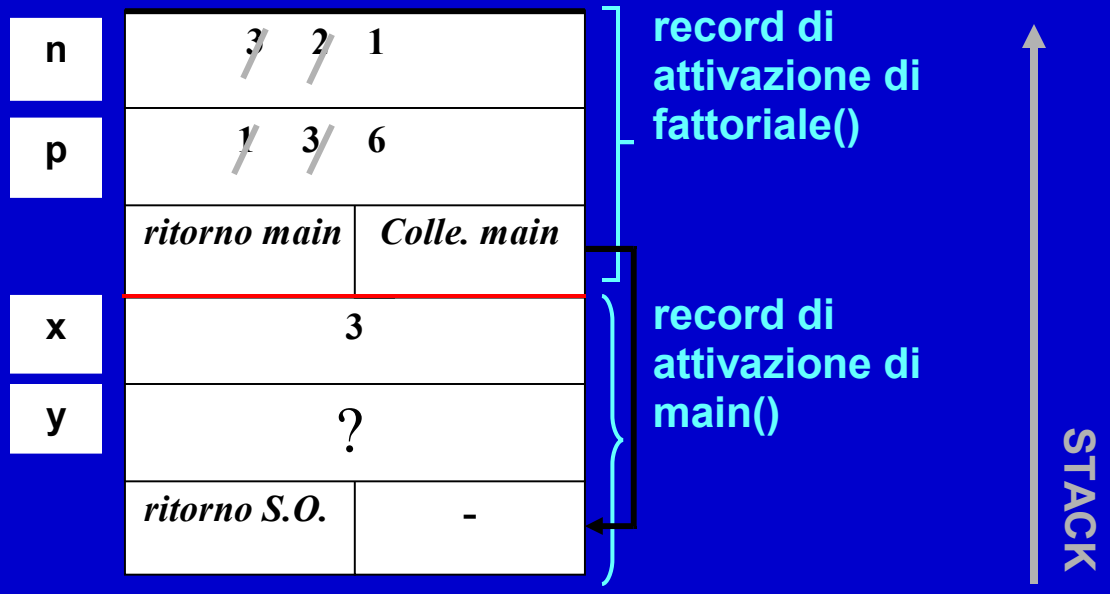
(L'ultimo record ad entrare è il primo a uscire)

Esecuzione fattoriale

- **Programma che calcola il fattoriale di un valore naturale *N***

```
int fattoriale(int n)
  { int p=1;
    while (n>1)
         { p=p*n; n-- }
    return p;
  }
main()
  { int x=3, y;
    y=fattoriale(x);
   cout<<y<<endl; }
```

Nota: ***n*** viene inizializzato con il VALORE di ***x***. ***n*** viene modificato, mentre ***x*** rimane inalterato dopo l'esecuzione della funzione ***fattoriale***()



La figura illustra la situazione nello stack nel momento di massima espansione, quando la funzione sta per terminare. Quando la funzione fattoriale() termina, il suo record viene deallocato e il risultato viene trasferito (tramite un registro della CPU) nella cella di nome y

Memorizzazione valore di ritorno

- Per le **funzioni**, spesso il record di attivazione prevede anche una ulteriore cella, destinata a *contenere il valore di ritorno* della funzione
- Tale risultato viene copiato dal chiamante (ovviamente) *prima* di distruggere il record della funzione appena terminata
- Altre volte, il risultato viene restituito dalla funzione al chiamante semplicemente *lasciandolo in un registro* della CPU

Uno sguardo verso il basso …

- La macchina virtuale del linguaggio C/C++ fa vedere al programmatore la memoria come un contenitore di celle in cui si creano automaticamente le variabili con classe di memorizzazione statica e automatica (queste ultime si distruggono anche automaticamente), ed in cui si possono allocare dinamicamente oggetti
- Per ottenere queste funzionalità il compilatore inserisce nel programma eseguibile del codice aggiuntivo
  - Prologo ed epilogo per le gestione dei record di attivazione
  - Chiamate a funzioni del sistema operativo per gestire la memoria dinamica
- Non entriamo nei dettagli di questo codice, ma vediamo perlomeno la struttura tipica dello **spazio di indirizzamento** di un processo

Spazio di indirizzamento

- Lo spazio di indirizzamento di un processo è l'insieme di locazioni di memoria accessibili dal processo

Automaticamente messi a 0, per questioni di sicurezza e ripetibilità

- Direzioni di crescita:
  - lo stack cresce man mano che si annidano chiamate di funzione
  - la memoria dinamica cresce man mano che vengono allocati oggetti

Valore oggetti statici

- Gli oggetti statici non inizializzati sono messi a zero
  - per questioni di sicurezza, perché altrimenti lanciando un processo potremmo usarli per leggere il precedente contenuto di locazioni di memoria della macchina
  - per rendere più deterministico e ripetibile il comportamento dei programmi
- Ora abbiamo una spiegazione operativa al fatto che gli oggetti statici sono automaticamente inizializzati a 0

Valore oggetti automatici e dinamici

- Memoria dinamica e stack possono crescere finché lo spazio libero non si esaurisce
  - sia quando un record di attivazione è rimosso che quando un oggetto dinamico è deallocato, le locazioni di memoria precedentemente occupate non sono settate a 0
    - sono invece lasciate inalterate per efficienza
  - ora abbiamo una spiegazione al fatto che gli oggetti dinamici ed automatici hanno valori casuali
    - il valore di un oggetto automatico/dinamico allocato in una certa zona di memoria dipende dai valori precedentemente memorizzati in quella zona di memoria
    - cambia quindi a seconda di quello che è successo prima che l'oggetto in questione venisse allocato