

01 - PIATTAFORME DI ESECUZIONE

Fatta eccezione per i sistemi più elementari, l'esecuzione di un'applicazione avviene nel contesto di un sistema operativo, il quale offre un insieme di servizi, funzionalità e convenzioni che ne permettono il funzionamento, che prendono il nome di API (Application Programming Interface).

Le ABI (Application Binary Interface) definiscono invece quale formato debba avere un prodotto software per essere compatibile con un determinato sistema operativo.

Per sviluppare un programma che si interfacci direttamente con il sistema operativo, occorre accedere e conoscere le API da chiamare (file header), le strutture dati coinvolte e le convenzioni definite dal SO (strutture che descrivono lo stato del sistema ed a cui si può accedere tramite API in modo indiretto attraverso riferimenti opachi come `HANDLE` di winzoz o `FileDescriptor` in Linux).

Tutte le funzioni invocate possono anche fallire, per cui è bene anche gestire gli errori, controllando il valore di ritorno di ogni API per capire SE c'è stato un errore e QUALE errore sia.

Siccome la rappresentazione dei caratteri a 8 bit è insufficiente per la maggior parte degli alfabeti, occorre anche avere un meccanismo di codifica e gestione del testo (possibili rappresentazioni: UTF-32, UTF-16, UTF-8) che diventa particolarmente complicato nel caso di rappresentazioni a lunghezza variabile, in quanto si possono avere ordinamenti differenti (es: big endian o little endian): spesso quindi si adotta una codifica a 16 bit ignorando i caratteri rari.

In Windows ci sono due tipi base: il `char` (8 bit) e il `wchar_t` (16 bit).

In Linux di default GCC codifica eventuali caratteri non-ASCII con UTF-8, che però può creare problemi (per esempio `strlen(str)` non indica più il numero di caratteri effettivamente presenti ma solo il numero di byte non nulli).

Gli standard POSIX (acronimo per Portable Operating System Interface) sono una famiglia di standard per mantenere la compatibilità tra i diversi sistemi operativi. Sono delle API a basso livello e un set di comandi *shell* volti a rendere portabili gli applicativi.

02 - IL MODELLO DI ESECUZIONE

Ogni linguaggio di programmazione propone uno specifico modello di esecuzione, che non corrisponde quasi mai a quello di un dispositivo reale. E' compito del compilatore introdurre uno strato di adattamento che implementi il modello nei termini offerti dal dispositivo sottostante.

Il programma originale quindi viene trasformato in uno nuovo dotato di un modello di esecuzione più semplice tramite la traduzione fatta dal compilatore.

Le librerie di esecuzione offrono agli applicativi meccanismi di base per il loro funzionamento e sono costituite da due tipi di funzione: alcune sono inserite in fase di compilazione per supportare l'esecuzione (come il controllo dello stack) e sono quindi invisibili al programmatore; altre offrono funzionalità standard che gestiscono opportune strutture dati ausiliarie e/o richiedendo al SO quelle non altrimenti realizzabili (malloc).

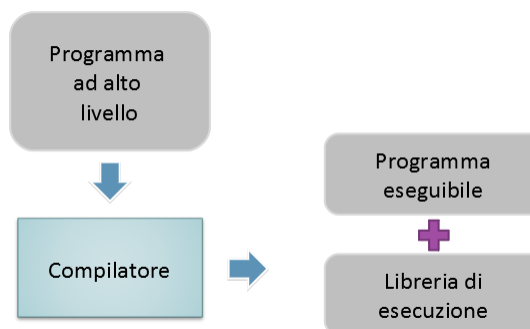
Un programma C/C++ assume di poter accedere a qualsiasi indirizzo di memoria all'interno del quale può leggere o scrivere dati o dal quale può eseguire codice macchina. Inoltre, l'insieme di istruzioni che definiscono il programma vengono eseguite, una per volta, nell'ordine indicato dal programmatore.

Il punto di partenza del flusso di esecuzione è predefinito (*main()* in C e i costruttori delle variabili globali in C++) e lo stack permette di gestire chiamate annidate tra le funzioni.

Ad ogni modo, le sole librerie di esecuzione non possono implementare tutte le astrazioni del modello di esecuzione, si ha bisogno che i programmi siano separati in modo tale che un malfunzionamento di uno non vada a toccare gli altri. Per fare ciò venne introdotto il concetto di processo, che porta con sé il contesto di un programma e vengono gestiti dal SO (non solo a livello di creazione ma anche di gestione di flusso di esecuzione).

Quando un processo viene selezionato per l'esecuzione, il SO configura il processore con le relative risorse e ripristina lo stato ad esse associato: si richiede quindi un supporto hardware per distinguere due modalità di esecuzione:

- Modalità **utente**: può eseguire un sottoinsieme delle istruzioni offerte dalla CPU ed eseguire il codice associato ai diversi processi, sottostando a vincoli di accesso sia per memoria che per periferiche



- Modalità **supervisore**: crea e gestisce le strutture dati che modellano i processi, il loro spazio di indirizzamento e le altre risorse che posseggono. Accesso illimitato a tutte le funzionalità e parti (incluse periferiche, filesystem e rete)

L'innalzamento di privilegio comporta la sostituzione dello stato della CPU e delle strutture di supporto all'esecuzione tramite istruzioni sicure, per cui il costo per attraversa la barriera tra le due modalità è elevato.

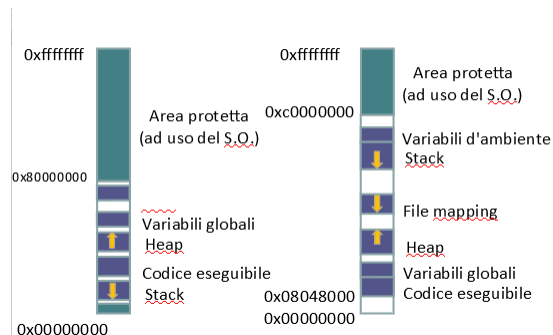
L'esecuzione di un programma comporta quindi la creazione di un nuovo processo, articolata in diverse fasi:

1. Creazione spazio di indirizzamento: insieme di locazioni di memoria accessibili tramite indirizzo virtuale. Attraverso la MMU del processore, gli indirizzi virtuali vengono tradotti in fisici, per cui si possono creare innumerevoli spazi tra loro separati. Attenzione ai *page_fault* (tentativi di accesso a indirizzi non mappati)
2. Caricamento dell'eseguibile in memoria: dopo aver inizializzato lo spazio di indirizzamento, il loader inserisce il contenuto del programma da eseguire (incluse le dipendenze). Si hanno quindi due sezioni, una per il codice e una per i dati e altre sezioni per stack e heap
3. Caricamento delle librerie: una sezione del file eseguibile è dedicata ad elencare ulteriori eseguibili necessari, che vengono mappati ricorsivamente nello spazio di indirizzamento, mentre tutti i riferimenti a variabili/funzioni delle dipendenze vengono aggiornati con gli indirizzi effettivi.
4. Avvio dell'esecuzione: quando il processo di caricamento termina, è possibile avviare l'esecuzione, tramite un'apposita funzione della libreria di esecuzione. Il comportamento di tale funzione dipende dal linguaggio di programmazione e dal SO, ma in sostanza inizializza stack, registri e strutture per gestire eccezioni; invoca costruttori e distruttori di oggetti globali e la funzione principale e infine rilascia l'intero spazio di indirizzamento (con le risorse in esso allocate) attraverso la system call *exit()*.

03 - ALLOCAZIONE DELLA MEMORIA

Quando un processo viene creato, il suo spazio di indirizzamento viene popolato con diverse aree, ciascuna dotata di propri criteri di accesso (non puoi? Arresto il processo e lancio Access Violation su Windows e Segmentation Fault su Linux).

- Codice eseguibile: contiene le istruzioni in codice macchina ed ha accesso in lettura ed esecuzione
- Costanti: accesso in sola lettura
- Variabili globali: accesso lettura/scrittura
- Stack: contiene indirizzi e valori di ritorno, parametri e variabili locali ed ha accesso lettura/scrittura
- Free store o heap: insieme di blocchi di memoria disponibili per l'allocazione dinamica e gestiti tramite funzioni di libreria (come *new*, *malloc*, *free*, ...) che li frammontano e ricompattano in base alle richieste del programma



Le variabili globali hanno un indirizzo fisico, determinato dal compilatore e dal linker e sono accessibili in ogni momento. Le variabili locali hanno un indirizzo relativo alla cima dello stack, con ciclo di vita uguale a quello del blocco in cui sono dichiarate. Le variabili dinamiche, infine, hanno un indirizzo assoluto, determinato in fase di esecuzione e accessibili solo mediante puntatori: il loro ciclo di vita è deciso dal programmatore.

In C++ viene definito il costrutto *new NomeClasse* per allocare nello heap un blocco di dimensioni opportune, invocando il costruttore della classe sul blocco e restituendo il puntatore ad esso. Per averne di più? Uso *new[] NomeClasse*!

Poichè ogni funzione di allocazione mantiene le proprie strutture dati occorre che un blocco sia rilasciato dalle funzioni duali di quelle con cui è stato creato (*delete* e *delete[]*) e se il blocco viene rilasciato con la funzione sbagliata di rischia di corrompere le strutture dati degli allocatori con conseguenze imprevedibili.

I puntatori sono uno strumento che permette di accedere qui ed ora ad un'informazione fornita da altri: per accedere ad array monodimensionali di dati, ad esempio, il compilatore trasforma gli accessi agli array in operazioni aritmetiche sui puntatori, e il programmatore perde così di vista l'effettiva dimensione della struttura dati. Occhio a non spostare il puntatore al di fuori della sua zona di competenza!

In ogni caso, è uno strumento molto potente, usato come base per implementare strutture dati composte come liste, mappe, grafi. Possibili rischi nell'utilizzo dei puntatori?

- Dangling pointer: accedo ad un indirizzo quando il corrispondente ciclo di vita è terminato. Effetto imprevedibile
- Memory leakage: non rilascio la memoria non più in uso, spreco risorse del sistema e potenzialmente saturando lo spazio di indirizzamento
- Segmentation fault: assegno ad un puntatore un indirizzo non mappato e poi lo utilizzo
- Wild pointer: non inizializzo un puntatore e lo uso, dove punta?

Il vincolo di rilascio risulta problematico per via di ambiguità nel linguaggio (dato un indirizzo non nullo, non è possibile distinguere a quale area appartenga né se sia valido o meno), per cui ogni volta in cui si alloca un blocco dinamico se ne salva l'indirizzo in un puntatore, quella variabile diventa proprietaria del blocco ed ha la responsabilità di liberarlo.

Ma non tutti i puntatori posseggono il blocco a cui puntano (se ad un puntatore viene assegnato l'indirizzo di un'altra variabile, la proprietà è della libreria di esecuzione) ed il problema si complica se un puntatore che possiede il proprio blocco viene copiato (chi può liberarlo?)

In Linux, quando il processo viene inizializzato, viene creato un blocco di memoria a disposizione dello heap, utilizzato per le funzioni di allocazione. Occorre richiedere altra memoria in caso di problemi di dimensioni. Il sistema mantiene compatta l'area dello heap delimitandola con due puntatori interni al sistema (*start_brk* e *brk*) e, utilizzando la system call *sbrk()* posso spostare la locazione del program break della quantità indicata, aumentando o diminuendo l'area dello heap.

04 - IL LINGUAGGIO C++

Il C++ è un linguaggio progettato per garantire un'elevata espressività senza penalizzare le prestazioni. Gli obiettivi del linguaggio sono quelli di avere astrazione a costo nullo, alta espressività (le classi definite dall'utente devono possedere lo stesso livello di espressività offerto ai tipi base) e alta sostituzione (posso usare una classe utente ovunque si possa usare un tipo base). Inoltre, offre supporto alla programmazione ad oggetti come a molti altri stili di programmazione.

Una classe C++ modella una struttura dati con supporto all'incapsulamento: può contenere variabili e funzioni legate all'istanza. Una funzione membro è simile ad un metodo Java: ha un parametro implicito ("*this*") che rappresenta l'indirizzo dell'istanza e la sua implementazione può essere inline (ossia all'interno della definizione della classe stessa) oppure separata (nella stessa unità di compilazione o in un altro modulo collegato).

Variabili e funzioni membro possono avere un diverso grado di accessibilità: per default sono *private*, ma possono essere anche *public* o *protected*.

Ad ogni oggetto corrisponde un blocco di memoria e può essere allocato in varie aree (occhio agli attributi statici, che sono sempre allocati nella memoria globale). Un costruttore ha il compito di inizializzare lo stato di un oggetto, ha il nome che coincide con quello della classe, non indica alcun tipo di ritorno ma sono possibili costruttori differenti se hanno parametri diversi. I costruttori UDT (definiti dall'utente) possono eseguire operazioni più complicate del semplice "copio i valori di ingresso nelle mie variabili di istanza" come allocare dinamicamente un vettore con l'operatore *new*.

Ogniquale volta si alloca una variabile, ne viene invocato il costruttore (generato automaticamente se non si è specificato) mentre le variabili locali e globali sono inizializzate semplicemente dichiarandone tipo, nome e argomenti di inizializzazione.

Un oggetto può, inoltre, essere inizializzato a partire da un altro oggetto, istanza della stessa classe. Per i tipi base è easy, ma per gli UDT occorrerebbe definire un costruttore di copia, che riceve un riferimento costante all'originale di cui si vuole creare una copia e, ispezionando le singole variabili di istanza provvede a duplicarle nell'oggetto la cui creazione è in corso:

```
// esempio semplice di costruttore di copia
class CBuffer{ int size; }
CBuffer(const CBuffer& source);
CBuffer(const CBuffer& source) = delete; // non posso copiarlo!
```

Copiare un oggetto in un altro può essere un'operazione dispendiosa o potenzialmente rischiosa. Per ovviare a ciò, venne introdotto il concetto di movimento, che significa "svuotare" un oggetto che sta per essere distrutto del suo contenuto e "travasarlo" in un altro oggetto: variabili locali al termine del blocco in cui sono definite, risultati di espressioni temporanee o tutto ciò che non ha un nome e può comparire solo a destra di "=" nelle assegnazioni (RVALUE). L'oggetto originale verrà modificato, ma poiché sta per essere distrutto, questo non ha importanza a patto che ciò che rimane dell'originale possa essere distrutto senza causare danni.

```
// esempio semplice di costruttore di movimento
class CBuffer{ int size; char* ptr }
CBuffer(CBuffer&& source){
    this->size = source.size;
```

```

    this->ptr = source.ptr;
    source.ptr = NULL;
}

```

A differenza di quello di copia, il costruttore di movimento non è sempre generato automaticamente dal compilatore, ma è compito del compilatore definirlo, seppur sia il compilatore poi a effettuare il movimento quando è necessario (facendo *Obj_MoveConstructor(dest, source)* e *Obj_Destructor(source)*) e riducendo, quando possibile, il costo del passaggio per valore.

Il distruttore è una callback con il compito di rilasciare le risorse contenute in un oggetto, ed il suo nome è come quello della classe ma preceduto da una *~*, da non dichiarare se l'oggetto non possiede risorse esterne.

```

// esempio semplice di distruttore
class CBuffer{ int size; char* ptr; }
CBuffer(int size): size(size){ ptr = new char[size]; }
~CBuffer(){ delete[] ptr; }

```

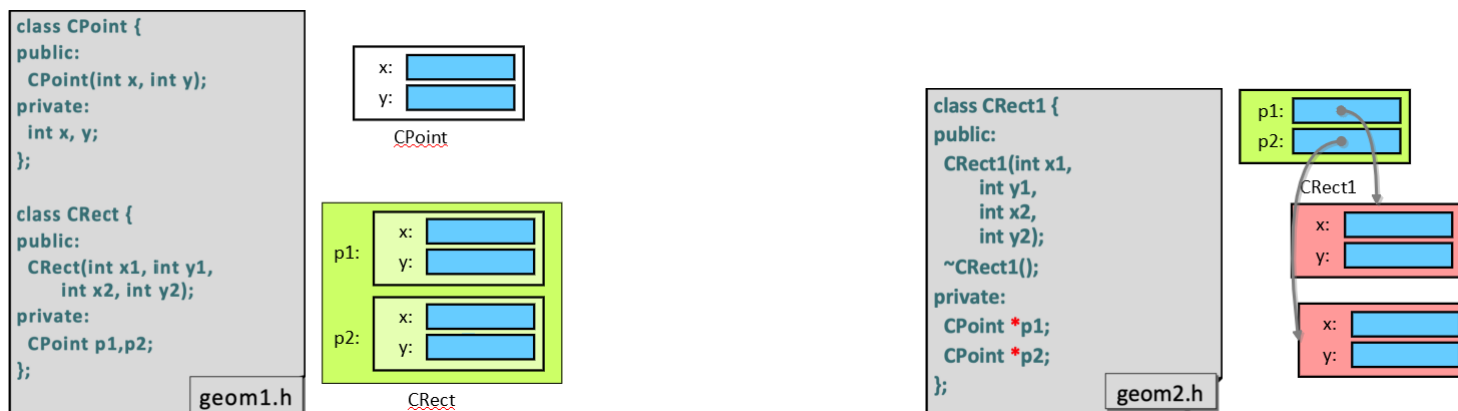
Il compilatore invoca costruttore e distruttore al procedere del ciclo di vita di un oggetto.

L'operatore *new* acquisisce dall'allocatore della libreria di esecuzione un blocco di memoria di dimensioni opportune e lo inizializza invocando l'opportuno costruttore. L'operatore *delete* esegue i compiti duali, in ordine inverso.

Sebbene il linguaggio consenta l'accesso a basso livello ai puntatori nativi e permetta di richiedere manualmente le operazioni di allocazione e rilascio, è bene non farlo, in quanto il C++ offre una serie di supporti ad alto livello (smart pointer) volti a garantire la correttezza di tale operazione.

05 - IL LINGUAGGIO C++ (2)

Un oggetto può contenere altri oggetti come parte integrante della propria struttura dati ed è compito del costruttore inizializzare opportunamente tali oggetti.



Il linguaggio definisce più strategie per gestire il passaggio di valori da un contesto all'altro:

- Passaggio per valore: la funzione agisce su una copia della variabile passata, che può essere il risultato di un'espressione (parameter). Usato solitamente per valori la cui copia richiede un costo basso.
- Passaggio per indirizzo: viene passata una copia dell'indirizzo del dato: la funzione chiamata deve esplicitamente de-referenziarlo. L'indirizzo può essere NULL e il chiamato può modificare l'originale. La funzione non può fare assunzioni sull'indirizzo né sulla durata del ciclo di vita del dato (type* parameter). Si usa quando si restituisce un risultato preferibilmente tramite il valore di ritorno.
- Passaggio per riferimento: viene passato un riferimento all'argomento originale (che DEVE essere una variabile). Sintatticamente sembra un passaggio per valore ma semanticamente corrisponde ad un passaggio per indirizzo (che non è mai NULL). Può essere usato per modificare l'originale e ritornarne la versione modificata, a meno che il parametro formale non sia preceduto da **const**. Più efficiente del passaggio per valore (type& parameter). Si usa per argomenti che devono poter essere modificati dalla funzione.
- Passaggio per riferimento RVALUE: ottimizzazione che permette al compilatore di MUOVERE i dati contenuti all'interno del valore per costruirne, a minore prezzo, una copia (type&& parameter). Quando occorre trasferire la proprietà di un dato ad una funzione invocata, questa riceve il dato sotto forma di riferimento RVALUE.

Talora occorre copiare il contenuto di un oggetto in un altro oggetto. Se l'oggetto di destinazione esisteva prima della copia, si parla di assegnazione, altrimenti si parla di assegnazione.

Di base, quando ad una variabile di tipo UDT viene assegnato un nuovo valore, il compilatore ricopia il contenuto di tutte le parti dell'oggetto sorgente nell'oggetto destinazione (occhio ai puntatori!) e può essere ridefinito (distruggi prima di ricostruire!)

```
CBuffer& operator=(const CBuffer& source){
    if(this != &source){
        delete[] this->ptr;
        this->ptr = null;
        this->size = source.size;
        this->ptr = new char[size];
        memcpy(this->ptr, source, size);
    }
    return *this;
}
```

L'operazione di assegnazione deve rilasciare tutte le risorse possedute per non creare leakage.

Se una classe dispone di una qualunque di queste funzioni membro, occorre implementare le altre due:

- Costruttore di copia
- Operatore di assegnazione
- Distruttore

Se ne manca uno, lo implementa il compilatore, quasi sicuramente sbagliato. In alcuni casi, la copia non è possibile, ma il movimento si (come per uno `std::unique_ptr`). Se i tipi di valore contenuti rappresentano una risorsa esterna, il vantaggio può essere anche maggiore (come descrittori di file, socket, connessione a base dati..).

Analogamente a quanto avviene per l'operatore di assegnazione semplice, per l'assegnazione per movimento occorre dapprima liberare le risorse esistenti e poi trasferire il contenuto dell'oggetto sorgente ricordandosi di svuotarlo.

```
CBuffer& operator=(CBuffer&& source){
    if(this != &source){
        delete[] this->ptr;
        this->size = source.size;
        this->ptr = source.ptr;
        this->ptr = null;
    }
    return *this;
}
```

Infine, `std::move(...)` è una funzione di supporto per trasformare un oggetto generico in un riferimento RVALUE, così da poterlo utilizzare nella costruzione o assegnazione per movimento: forza l'oggetto passato come parametro ad essere considerato come un riferimento RVALUE rendendolo disponibile per usi ulteriori (viene eseguito `static_cast<T&&>(t)`) e aiuta a rendere esplicita la conversione quando si vuole forzare l'uso del movimento rispetto alla copia.

06 - EREDITARIETA' E POLIMORFISMO

A volte, classi diverse presentano comportamenti simili, in quanto modellano concetti semanticamente simili. E' un buona idea non duplicare codice condiviso (sia per manutenibilità che per leggibilità). Una classe può quindi essere definita come specializzazione di una classe esistente: la classe così definita viene detta sotto-classe, mentre quella da cui deriva viene detta super-classe.

La sotto-classe specializza il comportamento della super-classe aggiungendo ulteriori variabili istanza e funzioni membro: inoltre, in C++ una classe può ereditare da una o più classi specializzando così il concetto che esse rappresentano. L'ereditarietà può essere pubblica, privata o protetta e i metodi della super-classe possono essere invocati usando l'operatore ":" preceduto dal nome della classe base.

Se la classe D estende in modo pubblico la classe B, è lecito assegnare ad una variabile "v" di tipo B* (o B&) un puntatore ad un oggetto di tipo D (D <<is_a>> B). Se la classe D ridefinisce il metodo `m()`, cosa succede quando si invoca `v->m()` (o `v.m()`) se il tipo è B&)? Dipende da come è stato dichiarato il metodo nella classe base. Per default, il C++ utilizza l'implementazione definita nella classe a cui ritiene appartenga l'oggetto: nell'esempio, v ha come tipo B& per cui il compilatore invocherà la funzione contenuta nella classe B anche se, di fatto, l'oggetto a cui fa riferimento è la classe D.

Per modificare questo comportamento, occorre anteporre alla definizione del metodo la parola chiave **virtual** abilitando così il funzionamento polimorfo. Solo le funzioni denominate “virtual” sono polimorfiche mentre le funzioni virtuali astratte sono dichiarate “=0;”. Una classe astratta contiene almeno una funzione virtuale astratta, mentre una classe puramente astratta contiene solo funzioni virtuali astratte (equivalente ad una interfaccia Java).

Anche i distruttori non sono polimorfici per default, ed è quindi opportuno che tutte le classi che posseggono ed espongono risorse con funzioni virtuali abbiano il distruttore dichiarato virtuale.

Per i metodi virtuali, si introduce un livello di indirizzione attraverso un campo nascosto detto V-Table per cui ogni volta che viene creato un oggetto, nella memoria allocata si aggiunge un puntatore ad una tabella che contiene tante righe quanti sono i metodi virtuali dell’oggetto creato al cui interno vi è il puntatore all’effettivo metodo virtuale. Se esistono più istanze di una data classe, queste condividono la V-Table.

Una classe può ereditare da più di una classe: la sua interfaccia risulterà l’unione dei metodi contenuti nelle rispettive interfacce delle classi base uniti ai metodi propri della classe derivata.

C++ fornisce una serie di operatori per il type cast più efficienti e sicuri:

- static_cast<T>(p) : converte il valore di “p” rendendolo di tipo “T” se esiste un meccanismo di conversione disponibile. Esso viene scelto in base al tipo di “p” come noto al compilatore: nel caso di puntatori, bisogna fare attenzione. Se la conversione è illecita, il risultato non è predicibile
- dynamic_cast<T>(p) : effettua il controllo di compatibilità runtime assicurando cast sicuri tra tipi di classi. Applicato a un puntatore, ritorna 0 se il cast non è valido. Applicato a un riferimento genera un’eccezione in caso di incompatibilità
- reinterpret_cast<T>(p) : interpreta la sequenza di bit di un valore di tipo come valore di un altro tipo, autorizzando il compilatore a violare il sistema dei tipi. Utilizzato di solito per dati ritornati da systemcall o da hardware
- const_cast<T>(p) : elimina la caratteristica di costante dal suo argomento. Occhio alle variabili globali in sola lettura

07 - GESTIONE DELLE ECCEZIONI

Non tutte le operazioni hanno sempre successo, ma possono verificarsi errori e fallimenti di varia natura (sia dall’utente che dal sistema). Occorre quindi verificare se essi siano o meno presenti, gestendoli nel punto preciso in cui sono stati identificati, e questo è particolarmente semplice nel caso di errori attesi. Più complicato il discorso per quelli non attesi, più difficili da gestire in quanto possono verificarsi pressoché ovunque, rendendo il codice illeggibile nel tentativo di gestirli.

Le eccezioni sono un meccanismo che permette di trasferire il flusso di esecuzione ad un punto precedente, dove si ha la possibilità di gestirlo: si notifica al sistema la presenza di un’eccezione creando un dato qualsiasi e passandolo come valore alla parola chiave *throw*.

Il tipo del dato passato viene utilizzato per scegliere quale contromisura adottare. Se un’eccezione si verifica in un blocco *try* o in un metodo chiamato all’interno di esso, si contrae lo stack fino al blocco, eliminando tutte le variabili locali.

```
try {  
    // le istruzioni eseguite qui possono lanciare un'eccezione  
}  
catch(out_of_range& oor){  
    // contromisura per errore specifico  
}  
catch(exception& e){  
    // contromisura generica  
}
```

Le clausole *catch* effettuano un match sul tipo dell’eccezione e i blocchi sono esaminati nell’ordine in cui sono scritti (quindi, ordino da eccezione più specifica a quella più generica).

Se non c’è alcuna corrispondenza, l’eccezione rimane attiva e il programma ritorna alla funzione chiamante, ed eventualmente al chiamante del chiamante fino a trovare un blocco catch adatto.

La classe *std::exception* incapsula una stringa che viene inizializzata nel costruttore e a cui si può accedere con la funzione *what()*: serve per documentare, non per risolvere!

E’ nel blocco catch che bisogna rimediare all’eccezione che si è verificata. Bisogna, innanzitutto, terminare ordinatamente il programma per poi ritentare l’esecuzione. Per terminare si può salvare lo stato e poi fare *exit()* ma è un’azione estrema. Si può ritentare l’esecuzione se il fallimento è dovuto a cause temporanee (es: è andata via la rete).

Si può registrare un messaggio usando un meccanismo opportunamente predisposto come il flusso *std::cerr* oppure *logger::log(e.what())*.

MAI scrivere un blocco catch che non esegue nessuna strategia di riallineamento.
MAI stampare un errore e poi continuare.

Il fatto che lo stack venga contratto in fase di lancio di un'eccezione è alla base di un pattern di programmazione tipico del C++ chiamato RAII (Resource Acquisition Is Initialization), il quale aiuta a garantire che le risorse acquisite alla costruzione siano liberate. Se nessuna eccezione viene lanciata, non ci sono sostanziali penalità in termini di costi: se invece viene lanciata un'eccezione, il costo è abbastanza elevato (un ordine di grandezza maggiore dell'invocazione di una funzione) ergo per gestire logiche locali meglio usare un *if*.

08 - FUNZIONI E OPERATORI

Tutti gli operatori in C++ possono essere ridefiniti, ma non è possibile definirne di nuovi. Se si ridefinisce un operatore, almeno uno degli operandi deve essere un UDT.

Gli operatori overloaded possono appartenere alla classe del loro operando di sinistra oppure essere funzioni semplici: si utilizzano operatori membro quando per la loro implementazione è necessario accedere alla parte privata/protetta di un oggetto oppure quando occorre modificare l'operando di sinistra.

Se, all'interno di una classe, è presente un metodo privo di argomenti, senza tipo di ritorno e il cui nome coincide con quello di un tipo (sia esso standard o UDT) preceduto dalla parola chiave "operator", questo viene assunto come operatore di conversione, il cui scopo è quello di trasformare l'oggetto istanza della classe nel tipo indicato.

```
class Fract{
    int num, den;
    operator float() const{
        return num * 1.f / den;
    }
}
```

Alcuni operatori non possono essere sovrascritti (es: ":", ":", "? : " ...).

In C++ è lecito inoltre salvare in una variabile il puntatore ad una funzione, dichiarando il puntatore come *<tipo_ritornato>(*var)(<argomenti>)* e si assegna un valore attraverso l'operatore =. Sia il tipo di ritorno che tutti i parametri formali della funzione devono corrispondere a quanto dichiarato nella definizione di variabile.

```
int f(int i, double d){
    // corpo della funzione
}
int(*var)(int, double);
var = f;
var = &f; // identico al precedente
```

In C++ esiste un ulteriore tipo invocabile: l'oggetto funzionale, che è un'istanza di qualsiasi classe che abbia ridefinito la funzione membro *operator()*. E' possibile includere più definizioni di questo operatore, con tipi differenti nei parametri. Un oggetto funzionale può contenere variabili membro ed il comportamento non è più matematico (a parità di input non ho lo stesso output)

```
class FC{
    int operator()(int v){
        return v * 2;
    }
}

FC fc;
int i = fc(5); // i vale 10
i = fc(2); // i vale 4
```

Spesso, l'utilizzo degli algoritmi presenti nella libreria standard richiede l'introduzione di funzioni usate una volta sola, e ciò si può alleggerire facendo uso di funzioni lambda: il tipo di ritorno deve essere specificato quando non si ha la sola istruzione di return

```
[](int num, int den) -> double {
    if(den == 0) return sd::NaN;
    return (double) num / den;
```

}

Le parentesi “[]” introducono la notazione lambda, e al loro interno è possibile elencare variabili locali: usando [X, Y] vengono catturate per valore (viene effettuata una copia), mentre con [&X, &Y] si ha una cattura per riferimento (cambio l’originale occhio). Con [&] catturo tutto per riferimento e tali catture sono interscambiabili (es: posso fare benissimo [X, &Y]).

Una funzione lambda che catturi dei valori viene detta “chiusura”: essa racchiude al proprio interno (una copia de)i valori catturati rendendoli disponibili durante una successiva invocazione. Per default, la chiusura è immutabile ma posso aggiungere “mutable” per poter cambiare i valori catturati.

Le funzioni lambda supportano diversi stili di programmazione migliorando la leggibilità di un programma permettendo di eliminare classi/funzioni piccole.

La classe *std::function<R(Args ...)>* permette di modellare una funzione che riceve argomenti di tipo *Args...* e restituisce un valore di tipo R. Il meccanismo utilizzato internamente si basa sull’uso del polimorfismo (passo dalla V-Table!) .

09 - PROGRAMMAZIONE GENERICA E SMART POINTER