Sommario

Ovviamente non vengono ereditati dalla classe derivata, ma c'è la possibilità di invocare quelli della classe base in quelli della classe derivata.

Data la classe D derivata dalla classe base B, quando istanziamo un oggetto d di D, bisognerà richiamare nel costruttore di D un costruttore di B , implicitamente o esplicitamente, per creare ed inizializzare il sottooggetto di d della classe base B.

Invocazione Esplicita: è possibile inserire nella lista di inizializzazione del costruttore di D un invocazione eplicita dei costruttori di B;
Invocazione Implicita: se la lista di inizializzazione del costruttore di D non include invocazioni esplicite di costruttori di B, allora viene automaticamente invocato il costruttore di default di B(che dovrà quindi essere disponibile).

NB: E' importante non confondere costruttori e campi dati della classe base B:
⇒ la lista di inizializzazione di D non può contenere invocazioni di costruttori per i campi dati della classe base B.

NB: Nell'esecuzione di un **costruttore** per D:
1. Viene invocato sempre per primo il costruttore della classe base B da cui deriva, esplicitamente o implicitamente;
2. Viene eseguito il costruttore per i campi dati propri di D;
3. Viene eseguito il corpo del costruttore di D.

(Se su D non mettiamo alcun costruttore, interverrà il costruttore di default standard di D)

Modellazioni: teoria per capirle

Librerie

- Prima cosa da fare è importare `<iostream>` e `using namespace std`
  - Se non volete importare quest'ultimo, basta fare lo scoping (cioè, due volte due punti)
  - Una cosa del tipo `std::vector pippo, std::string ciao`
  - Le stringhe possono essere importate senza fare lo scoping usando semplicemente `#include <string>`
  - Il puntatore nullo o `nullptr` fa parte dello `std;` si può usare "0" per indicare `nullptr,` oppure `std::nullptr`
- Se serve usare le liste, occorre usare `#include <list>`
- Se serve usare i vettori, occorre usare `#include <vector>`
- Se serve usare l'uguaglianza di tipo dinamico, cioè il `typeid,` serve usare `#include <typeinfo>`
- Per maggiori info sulla libreria I/O, consultare la sezione apposita

Modificatori

- Se un oggetto ha un valore fisso (ad esempio, una tassa, una penalità, un tot mensile), tendenzialmente, la variabile è `static`
  - Esempio di utilizzo
    - Dentro la classe → `unsigned tipo variabile`
    - Fuori dalla classe → `tipo Classe::variabile = valore`
- Se non vengono fatte modifiche all'oggetto di invocazione, comunemente chiamati `side effects`, si marca l'oggetto, la variabile o la funzione intera come `const`
  - Banalmente, significa che alla variabile che ritornate o usate NON state facendo assegnazioni, somme, calcoli. L'oggetto NON viene toccato.
- Altrimenti usiamo:
  - `public`: visibilità pubblica
  - `protected`: visibilità alle sole sottoclassi
  - `private`: visibilità della singola classe
  - const: se la variabile è costante, quindi non cambia mai valore. Qui la intendo come modificatore, con significato diverso da quanto scritto sopra
    - In un metodo costante di una classe , il puntatore `this` è di tipo `const C*`

Best practices generali

- Dichiararla come classe e mettere il punto e virgola alla fine delle graffe
  - `class Topolino`
- Inserire i parametri come `private`
  - Se i parametri sono numerici, tendenzialmente, se sono dei numeri positivi, consigliato metterli `unsigned int,` poi dipende dal contesto. Altrimenti, vanno bene anche `float` oppure `double`
  - Potrebbe tranquillamente andare bene anche `protected` nel caso in cui volete che dei parametri siano visibili solo alle sottoclassi
- Inserire dei metodi di *get* per tutti i campi privati (mettendo `const` perché non vengono fatte modifiche all'oggetto di invocazione)

Costruttori

L'ordine dei campi dati è determinato dall'ordine in cui appaiono nella definizione della classe C.

1. Per ogni campo x_j di tipo non classe T_j (ovvero tipo primitivo o derivato), viene allocato in memoria lo spazio per contenere un valore di tipo ma viene lasciato indefinito.

2. Per ogni campo di tipo classe T_i viene invocato il costruttore di default di T_i

3. Viene eseguito il codice del corpo del costruttore

Si ricordi che i costruttori agiscono nello stesso ordine di invocazione. Se le classi sono `A, B e C`, (assumendo che i costruttori siano ordinati in questo modo) i costruttori agiscono nell'ordine `A, B e C`.

Costruttori di default

- Costruttore di default classico: permette di inizializzare gli oggetti; tendenzialmente, può essere omesso (viene chiamato quando il costruttore è assente
    - Esempio di utilizzo
        - `nome_classe();`

- Costruttore di default ridefinito: permette di dare un valore di default ai parametri presenti (cioè, la classe ammette dei parametri ed occorre costruirli)
    - Esempio di utilizzo
        - La classe ha due valori `int numero, double virgola`
        - `nome_classe(int num, double virg) : numero(num), virgola(virg)`

Lista di inizializzazione

- Dopo la firma del metodo (cioè, nome e parametri) è definita come *lista di inizializzazione*, che si marca con i due punti. In essa vanno inizializzati i parametri correttamente prima dell'esecuzione.
    - `Box(int i) : m_width(i), m_length(i), m_height(i)`
- Se i valori vengono inizializzati per almeno un parametro, necessariamente devono essere inizializzati tutti i successivi. Ciò viene fatto comunemente nelle classi "container"
    - `nodo(const T& t = T(), nodo* p=nullptr, nodo* n=nullptr) : info(t), prev(p), next(n) {}`

Tempo di vita delle variabili

E' l'intervallo di tempo in cui la variabile viene mantenuta in memoria durante l'esecuzione del programma. Possono esserci:

- Variabili di classe automatica: deallocate quanto termina il blocco di esecuzione
- Variabili di classe statica: eliminate solo a fine programma
- Variabili dinamiche: sono eliminabili solo con delete

Distruttori

Viene invocato in particolare nei seguenti casi al termine di una funzione con questo ordine:

1. variabili locali funzione
2. oggetto anonimo ritornato come risultato della funzione non appena sia stato usato
3. parametri passati per valore alla funzione al suo termine

Occorre usare la tilda come segno per definire un distruttore:

- Esempio di utilizzo
  - `~nome_classe();`

Si ricordi che i distruttori agiscono nell'ordine contrario rispetto alla loro costruzione. Se le classi sono `A, B e C,` (assumendo che i distruttori siano ordinati in questo modo) i distruttori agiscono nell'ordine `C, B e A.`

*this

Il puntatore `this` viene utilizzato in una classe per fare riferimento a sé stessa ed è un puntatore a un'istanza della sua classe, disponibile per tutte le funzioni membro non statiche. È spesso utile quando si restituisce un riferimento a sé stesso.

Viene normalmente usato nell'assegnazione profonda, per controllare che NON ci siano interferenze in memoria o il problema dell'aliasing. Utile sapere che c'è anche per capire i Cosa Stampa.

Costruttori di copia

- Costruttore di copia standard: esso permette di inizializzare un oggetto dello stesso tipo classe e di dargli un valore come tipo
  - Esempio di utilizzo
    - `nome_classe(const nome_classe& variabile);`
  - Riferimento costante perché NON si ha condivisione di memoria
  - Esso viene invocato automaticamente
    1. se oggetto viene dichiarato e inizializzato con oggetto della stessa classe
    2. se oggetto passato per valore come parametro attuale in una funzione
    3. quando una funzione ritorna tramite return un oggetto

Costruttore di copia profonda

Copio TUTTI i campi dell'oggetto di invocazione.

Sintassi → `nome_classe(const nome_classe& parametro){}`

- Se il campo è un puntatore o un vettore, tendenzialmente devo scorrerlo con un ciclo oppure con una ricorsione e copiarmi TUTTO ciò che ha.
  - Normalmente, qui controllo se tutti i campi esistono e li costruisco
    - Esempio di utilizzo con controlli estesi
      - `Vettore(const T& x=T()){`

```
if(_size == 0) a = nullptr;
else a = new T[_size];

for(int i=0; i<_size; ++i) a[i]=x; }
```

- Esempio di utilizzo con controlli compatti e assegnazioni in linea
  - ```
    Vettore(const T& x=T()): a(_size == 0 ?
    nullptr : new T[_size]) {

    for(int i=0; i<_size; ++i) a[i]=x; }
    ```

Di seguito le strade comuni alternative.

- Per copiare gli oggetti di una classe (di solito, dei puntatori) di solito utilizzo il metodo di clonazione polimorfa `clone()`
  - Esempio di utilizzo
    - `SmartP(const SmartP& s):p(s.p->clone()) {}`
- Posso anche definire un metodo esterno `copia` per scorrere tutti i campi che ho e copiare tutto l'oggetto
  - Esempio di utilizzo
    - `C(const C& b):campo(copia(b.campo)){}`
  - E il metodo `copia`
    - ```
      nodo* bolletta :: copia(nodo* p){
            if(!p) return 0;
            else return new nodo(p->info, copia(p->next);
      }
      ```

Assegnazione profonda

Sintassi → `nome_classe operator=(const nome_classe& parametro){}`

Data l'assegnazione $x = y$; dove x è un oggetto di qualche classe C. Supponiamo che l'assegnazione sia ridefinita internamente alla classe C come metodo, perciò:

- Il primo operando x viene assunto come oggetto di invocazione dell'assegnazione;
- Il secondo operando invece è un parametro formale di tipo C. Questo parametro sarà dichiarato costante e per riferimento in modo da evitare che venga effettuata inutilmente una copia del secondo operando y

Perciò $x = y$; restituisce $l'L - valore\ di\ x$ (che permette di usare anche $x = y = z$;

Distruzione profonda

Cancella TUTTI i campi presenti nell'oggetto di invocazione.

Sintassi → `~nome_classe(){}`

È possibile ridefinire il distruttore in modo che esso effettui una distruzione profonda degli oggetti, deallocando anche la memoria a cui puntano i campi puntatore, in modo che, se un oggetto x include un campo dati p che punta alla testa di una lista, con la distruzione profonda di x si deallocherà tutta la lista puntata da p.

Normalmente quello che si fa è cancellare tutto un contenitore o un puntatore:

- Esempio di utilizzo
  - `~Vettore() { delete[] a;}`

- Come per sopra, può essere utile definire un metodo ausiliario che distrugge iterativamente o ricorsivamente i campi dell'oggetto
    - Esempio di utilizzo
        - `bolletta :: ~bolletta(){ distruggi(first); //first punta alla testa della lista }`
    - E il metodo `distruggi`
        - `void bolletta :: distruggi(nodo* p){ if(p){ distruggi(p->next); delete p; } }`

Scrittura metodi inline

Occorre fare una distinzione importante, a livello di compilazione e scrittura dei metodi.

Normalmente, negli esami, tutto viene scritto inline, cioè viene dichiarata la firma del metodo (cioè, nome e parametri) e poi viene scritto subito il corpo del metodo.

Altrimenti, per separazione del codice e suo migliore ordine:

- Crearsi il file header (.h) contenente le definizioni e il main
- Crearsi il file.cpp contenente il corpo di tutti i metodi

Recap puntatori

- Dichiaro l'array vuoto
    - `int* array;`
- Dichiaro l'array con X elementi
    - `int* array = new int[50];`
- Accedo direttamente ad un membro della classe SENZA usare puntatori (operatore punto od operatore di selezione di membro)
    - `class Base{int var1; ..} Base b; b.var1;`
- Accedo direttamente ad un membro della classe CON l'uso di puntatori (operatore freccia od operatore di accesso ad un membro di classe)
    - `class Student{int marks; .. } Student *s; .. s->marks;`

Overloading operatori

Posso sovraccaricare un operatore come metodo oppure come funzione esterna.

1. Non si possono cambiare

- posizione (prefissa/infissa/postfissa)
- numero operandi
- precedenze e associatività

2. Tra gli argomenti deve essere presente almeno un tipo definito da utente

3. Gli operatori "=", "[]" e "->" si possono sovraccaricare solo come metodi interni

4. Non si possono sovraccaricare gli operatori ".", "::", "sizeof", "typeid", i cast e "? :"

5. Gli operatori "=", "&" e "," hanno una versione standard (assegnazione, address of e comma)

Operatore di assegnazione (=)

Passi logici:

1. controllo che non ci siano interferenze in memoria
2. pulisco la memoria da quanto presente in precedenza
3. assegno tutti i campi
4. ritorno *this

```
C& operator=(const C& b){
if(this != &b){
this.campo=copia(b.campo); //copio tutti i campi
}
return *this;
}
```

Operatore di stampa (<<)

Normalmente, viene sempre dichiarata come funzione *esterna* alla classe in oggetto (per evitare di avere errori di ogni tipo).

Se non voglio utilizzare metodi pubblici per leggere parti private della classe e darle in output devo dichiarare una *relazione di amicizia* (friend) tra il prototipo dell'output e la classe.

Sintassi → `ostream& operator<<(ostream& os, const C& c)`

- Esempio di utilizzo esteso (per maggiori dettagli con i template, consultare la sezione apposita)

```
class Date
{
    int mo, da, yr;
public:
    Date(int m, int d, int y)
    {mo = m; da = d; yr = y;}
    friend ostream& operator<<(ostream& os, const Date& dt);
```

Scritto da Gabriel

```
};
ostream& operator<<(ostream& os, const Date& dt)
{
    os << dt.mo << '/' << dt.da << '/' << dt.yr;
    return os;
}
int main()
{ Date dt(5, 6, 92);cout << dt; }
```

Operatore di somma (+)

L'operatore permette di sommare i componenti della classe; normalmente, si passa un riferimento e si eseguono le operazioni sulle variabili singole.

Sintassi → `nome_classe operator+(const nome_classe & n);`

- Esempio esteso

```
class Complex {
private:
    int real, imag;

public:
    Complex(int r = 0, int i = 0)
    {
        real = r;
        imag = i;
    }

    // This is automatically called when '+' is used with
    // between two Complex objects
    Complex operator+(Complex const& obj)
    {
        Complex res;
        res.real = real + obj.real;
        res.imag = imag + obj.imag;
        return res;
    }
```

Le analoghe considerazioni valgono per l'operatore meno (-), che andrà sostituito e valgono i ragionamenti all'opposto.

Operatore di uguaglianza (==)

Questo è un operatore di confronto, come tale ritorna un booleano.

```
bool telefonata::operator==(const telefonata & t){
  return inizio==t.inizio && fine==t.fine && numero=t.numero;
 }
```

Le analoghe considerazioni valgono per l'operatore di disuguaglianza (!=), che andrà sostituito e valgono i ragionamenti all'opposto.

Operatore di confronto minore o maggiore (< o >)

Questo viene usato tendenzialmente come operatore di confronto lessicografico, cioè confrontiamo tutti i caratteri delle stringhe e stabiliamo in base alle posizione dei loro caratteri e sui caratteri stessi se una parola viene prima dell'altra, come nel dizionario.

Rimane un operatore di confronto e ritorna un booleano.

```
// overloaded < operator
bool operator <(const Distance& d) {
   if(feet < d.feet) {
      return true;
   }
   if(feet == d.feet && inches < d.inches) {
      return true;
   }

   return false;
}
```

Operatore di subscripting ([ ])

Permette di accedere ad un preciso membro di un array. Tendenzialmente gli viene passato un intero oppure un iteratore per determinare la posizione di un elemento preciso.

```
T& operator[](unsigned int i) {
  return a[i];
}
```

Con iteratore:

```
int& contenitore::operator[](contenitore::iteratore it){
  return it.punt->info;  //per amicizia
}
```

Operatori prefisso e postfisso (++)

Gli operatori di incremento e decremento rientrano in una categoria speciale perché esistono due varianti di ciascuno:

- Preincremento e postincremento
- Predecremento e postdecremento

Quando si scrivono funzioni di operatori sovraccaricati, può essere utile implementare versioni separate per le versioni prefix e postfix di questi operatori. Per distinguere le due versioni, si osserva la seguente regola:

- La forma prefisso dell'operatore è dichiarata esattamente come qualsiasi altro operatore unario; la forma postfisso accetta un argomento aggiuntivo di tipo int.

Esempio esteso:

```
// increment_and_decrement1.cpp
class Point
{
public:
   // Declare prefix and postfix increment operators.
   Point& operator++();       // Prefix increment operator.
   Point operator++(int);     // Postfix increment operator.
```

Scritto da Gabriel

```
   // Declare prefix and postfix decrement operators.
   Point& operator--();       // Prefix decrement operator.
   Point operator--(int);     // Postfix decrement operator.

   // Define default constructor.
   Point() { _x = _y = 0; }

   // Define accessor functions.
   int x() { return _x; }
   int y() { return _y; }
private:
   int _x, _y;
};

// Define prefix increment operator.
Point& Point::operator++()
{
   _x++;
   _y++;
   return *this;
}

// Define postfix increment operator.
Point Point::operator++(int)
{
   Point temp = *this;
   ++*this;
   return temp;
}

// Define prefix decrement operator.
Point& Point::operator--()
{
   _x--;
   _y--;
   return *this;
}

// Define postfix decrement operator.
Point Point::operator--(int)
{
   Point temp = *this;
   --*this;
   return temp;
}

int main()
{
}
```

Operatore di selezione di membro (->)

Ritorna il riferimento del valore dell'oggetto puntato.

```
T& operator*() const {return punt->info; }
```

Operatore di dereferenziazione (*)

Ritorna il valore dell'oggetto puntato.

```
T* operator->() const {return &(punt->info); }
```

Classi container

Un contenitore è un template di classe C parametrico sul tipo T degli elementi da esso contenuti. (map e multimap sono parametrici su due tipi)
In una classe contenitore C, **una sua istanza "c" permette di memorizzare altri oggetti, cioè altri elementi di C**.

La classe contenitore C mette a disposizione vari **metodi per accedere agli elementi di una sua istanza c**
⇒ infatti esiste una **classe interna a C chiamata iteratore i cui oggetti possono essere usati per iterare sugli elementi delle istanze di C**.

Ogni classe contenitore C ha trai suoi **membri** i seguenti tipi:

C :: value_type: ⇒ è il tipo degli oggetti memorizzati su C. "value_type" è l'istanziazione del parametro di tipo T del template C<T>.
C :: iterator: ⇒ è il tipo iteratore usato per iterare sugli elementi di un contenitore. "iterator" fornisce l'operatore di dereferenziazione operator*() che ritorna un riferimento al value_type. (**Se it è un iteratore ⇒ allora *it ha tipo value_type&**)
C :: const_iterator: ⇒ è il tipo iteratore costante usato per accedere agli elementi di un contenitore che non vogliamo modificare. (usati per accedere agli elementi di contenitori costanti)
C :: size_type: ⇒ è un tipo integrale senza segno usato per rappresentare la distanza tra due iteratori.

Ogni classe contenitore C fornisce i seguenti **costruttori, metodi e operatori**:

C(const C&): ⇒ ridefinizione del costruttore di copia. Se c è costruito come copia di b ⇒ allora c contiene una copia ogni degli elem di b.
C& operator=(const C&): ⇒ ridefinizione dell'assegnazione. Dopo un c = b; ⇒ il contenitore c contiene una copia di ogni elem di b.
~C(): ⇒ ridefinizione del distruttore. Nella distruzione di un contenitore c ⇒ ogni elem di c è distrutto e la memoria è deallocata.
size_type size(): ⇒ una invocazione di c.size() ⇒ ritorna la dimensione del contenitore c, cioè il numero di elementi contenuti in c.
bool empty():c.empty() ⇒ equivalente a c.size(0)==0.
size_type max_size():c.max_size() ⇒ ritorna la massima dimensione che il contenitore c può avere.

Un buonissimo esempio di queste classi sono gli esercizi *SmartP, Coda, Array* e similari.

In tutti i casi, sono NECESSARIE le seguenti classi *annidate* (dentro la classe container).

Iterator

Si usa quando serve accedere agli L-valori del contenitore (i loro valori)

Le classi di tipo iteratore ci si aspetta che:

1. Dichiarino un oggetto per scorrere il contenitore e una variabile per capire se si ha passato la fine dell'array (past-the-end)
2. Costruttore
3. Metodi di accesso all'inizio e alla fine dell'iteratore (begin – end)
4. Overloading operatori incremento e decremento postfisso
5. Overloading operatori * e ->
6. A volte anche l'operatore []

Const iterator

Si usa quando serve accedere agli R-valori del contenitore (riferimenti costanti; quindi, tipo, il metodo che stiamo usando non fa side effects e possiamo usare il const iterator).

Le classi di tipo iteratore costante ci si aspetta che:

1. Dichiarino un oggetto per scorrere il contenitore e una variabile per capire se si ha passato la fine dell'array (past-the-end)
2. Costruttore
3. Metodi di accesso all'inizio e alla fine dell'iteratore (begin – end)
4. Overloading operatori incremento e decremento postfisso
5. Overloading operatori * e ->
6. A volte anche l'operatore []

Vector/List

Sono i due tipi di container da noi sempre usati in fase d'esame, specie il primo perché più efficiente.

Occorre dichiarare `#include<vector>` per usarlo (parallelamente, `#include<list>`).

Di questo si ricordi che:

- Per cancellare un elemento in una singola posizione, viene usato il metodo *erase*
  - `c.erase(it);`
- Per cancellare tutti gli elementi, si usa il metodo *clear*
  - `c.clear();`
- Per inserire un qualsiasi elemento, di solito, usiamo *push_back*
  - `c.push_back(*it);`

Esistono vari modi di scrivere i cicli:

- Uso senza auto e con gli iteratori
  - `for(list<const GalloFile*>::const_iterator cit = g.begin(); cit != g.end(); ++cit)`
- Uso con auto e con gli iteratori
  - `for(auto it = g.begin(); it != g.end(); ++it)`

Classi eccezione

Per queste classi, è easy; basta un costruttore possibilmente con una stringa.

```
class Eccezione{

private:

string errore;

public:

Anomalia(string e) : errore(e){}

};
```

Poi chiamata con:

```
throw Eccezione("Errore");
```

Template

È la descrizione di un modello che il compilatore può usare per generare automaticamente istanze particolari di una classe che differiscono per il tipo di alcuni membri propri della classe.

Deve esserne definito un tipo; normalmente, si può anche usare *typename* per indicare un tipo generico. La dichiarazione del tipo precede ogni dichiarazione della classe parte di template oppure di un metodo che contiene un tipo template. Si consideri che T è un tipo generico, utilizzato per indicare una sorta di placeholder e dire "può essere qualsiasi tipo".

La dichiarazione più generica è:

```
template <class T>
class Queue{
  public:
    Queue();
    ~Queue();
    bool is_empty( ) const;  //controlla se la coda è vuota
    void add(const T&);  //aggiunge un item in coda
    T remove( );  //rimuove item alla coda
  private:
    ....
};
```

I template possono avere dei valori di default come segue:

```
template <class T=int, int size=1024>
class Buffer{   ...  };
```

Classi amiche – friend

In C++ una funzione definita friend di una classe ha la possibilità di accesso alla parte privata e protetta della classe di cui è stata dichiarata amica. La regola è usarle se proprio ne si ha bisogno e solo se proprio non si possa farne a meno.

Esistono vari tipi di amicizie:

- Friend non template (la classe B, la funzione test() e il metodo A::fun() sono friend di tutte le istanze del template di classe C)

```
class A { ... int fun(); ... };

template<class T>
class C {
        friend int A::fun();
        friend class B;
        friend bool test();
}
```

- Friend associato (Se avessi bisogno di accedere ad un campo privato con tipo diverso da quello dell'istanziazione allora dovrei dichiarare un'amicizia NON associata)

```
template<class T>
class C {
private:
        T t;
public:
        C(const T&);
        friend void f_friend<T>(const C<T>&);
        //amicizia associata al tipo di istanziazione T
};
```

- Friend non associato

```
template<class T>
class C {
        template<class Tp>        //amicizia con
        friend int A<Tp>::fun();  //template di metodo

        template<class Tp>        //amicizia con
        friend class B;           //template di classe

        template<class Tp>        //amicizia con
        friend bool test(C<Tp>);  //template di funzione
};
```

L'amicizia NON viene ereditata, NON è simmetrica e NON è transitiva.

Operatore di stampa con template

Se non voglio utilizzare metodi pubblici per leggere parti private della classe e darle in output devo dichiarare una *relazione di amicizia* (friend) tra il prototipo dell'output e la classe.

I tre approcci si differenziano per chi si dichiara amico della funzione e per come la si implementa.

1. Dichiarare tutte le istanze del template come friend

```
template <typename T>
class Test {
   template <typename U>      // all instantiations of this template are my friends
   friend std::ostream& operator<<( std::ostream&, const Test<U>& );
};
template <typename T>
std::ostream& operator<<( std::ostream& o, const Test<T>& ) {
   // Can access all Test<int>, Test<double>... regardless of what T is
}
```

Con questo approccio si apre inutilmente la propria particolare istanziazione `D<T>`, dichiarando amiche tutte le istanziazioni di `operator<<`. Cioè, `std::ostream& operator<( std::ostream &, const D<int>& )` ha accesso a tutti gli interni di `D<double>`.

- Dichiarare solo una particolare istanziazione dell'operatore di inserimento come amico.

`D<int>` può gradire l'operatore di inserimento quando applicato a sé stesso, ma non vuole avere nulla a che fare con `std::ostream& operator<( std::ostream&, const D<double>& )`.

Questo può essere fatto in due modi: il modo più semplice è quello, che consiste nell'inlining dell'operatore, una buona idea anche per altre ragioni:

Scritto da Gabriel

```
template <typename T>
class Test {
   friend std::ostream& operator<<( std::ostream& o, const Test& t ) {
      // can access the enclosing Test. If T is int, it cannot access Test<double>
   }
};
```

In questa prima versione, non si crea un operatore<< templatizzato, ma piuttosto una funzione non templatizzata per ogni istanziazione del template Test. Anche in questo caso, la differenza è sottile, ma è sostanzialmente equivalente ad aggiungere manualmente: `std::ostream& operator<( std::ostream&, const Test<int>& )` quando si istanzia `Test<int>`, e un altro overloading simile quando si istanzia Test con double, o con qualsiasi altro tipo.

- Senza inlining del codice e con l'uso di un modello

Qui è possibile dichiarare una singola istanziazione del modello come amico della propria classe, senza aprirsi a tutte le altre istanziazioni:

```
// Forward declare both templates:
template <typename T> class Test;
template <typename T> std::ostream& operator<<( std::ostream&, const Test<T>& );

// Declare the actual templates:
template <typename T>
class Test {
   friend std::ostream& operator<< <T>( std::ostream&, const Test<T>& );
};
// Implement the operator
template <typename T>
std::ostream& operator<<( std::ostream& o, const Test<T>& t ) {
   // Can only access Test<T> for the same T as is instantiating, that is:
   // if T is int, this template cannot access Test<double>, Test<char> ...
}
```

Ereditarietà e conversioni

- Normalmente, l'ereditarietà è pubblica, quindi
  - `Class Pippo: public Topolino`
- Se la classe "non deve permettere la costruzione pubblica dei suoi sottooggetti" occorre usare `protected`

Parole chiave:

- Sottotipo → $X \leq Y$ significa che il tipo di X:
  - o è uguale al tipo di Y;
  - oppure che X è un sottotipo diretto o indiretto di Y.
- Sottotipo proprio → $X < Y$ significa che X è un sottotipo di Y diverso da Y stesso.
- Sottooggetto: oggetto della classe derivata

Distinzione chiave per i cosa stampa:

- Tipo statico: quello a sinistra della dichiarazione, quindi il tipo determinato dal compilatore che è staticamente derivabile dal codice sorgente
- Tipo dinamico: il tipo determinato a runtime, tendenzialmente il tipo a destra dell'uguale

```
D d;      B b;
D* pd=&d; ⇒ pd puntatore a oggetto di tipo D
B* pb=&b; ⇒ pb puntatore a oggetto di tipo D
pb=pd;    ⇒ pb diventa un puntatore a B
```

Si noti che D e B sono tipo statico e dinamico qui.

Se avessimo

$D^* \; puntatore = new \; E$; allora avremmo D come tipo statico ed E come tipo dinamico.

Concretamente significa che, se vengono chiamati metodi virtuali o polimorfi, preferiamo se possibile E, altrimenti se non viene sovrascritto, preferiamo il tipo statico D.

Virtual

Questa parola chiave permette di determinare quale metodo chiamare a tempo di esecuzione; se un metodo è definito con la parola chiave *virtual* allora significa che si controlla il tipo dinamico del puntatore; se questo tipo ha un metodo che è scritto nello stesso identico modo, allora, essendo dichiarato *virtual* viene preferito quello, secondo l'overriding.

L'overriding di un metodo è l'abilità di una sottoclasse di implementare diversamente un metodo già dichiarato ed implementato precedentemente in una sua super-classe. Questa nuova implementazione ha lo stesso nome, parametri e tipo di ritorno (const incluso) del metodo nella super-classe. La versione del metodo che verrà eseguita dipenderà dall'oggetto che la invoca. Il tipo di ritorno al più può essere un sotto-oggetto del tipo di ritorno precedente.

Se viene modificata la lista dei parametri allora si fa una ridefinizione non un overriding.

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;

class base {
public:
    virtual void print() { cout << "print base class\n"; }
```

Scritto da Gabriel

```
    void show() { cout << "show base class\n"; }
};

class derived : public base {
public:
    void print() { cout << "print derived class\n"; }

    void show() { cout << "show derived class\n"; }
};

int main()
{
    base* bptr;
    derived d;
    bptr = &d;

    // Virtual function, binded at runtime
    bptr->print();

    // Non-virtual function, binded at compile time
    bptr->show();

    return 0;
}
```

L'output è così definito:

```
print derived class
show base class
```

Si ha overriding della funzione *print*, in quanto ridefinita correttamente con stessa firma dalla classe derivata; si noti che, anche se non c'è il virtual davanti, dato che la stessa segnatura, il tipo dinamico determina l'esecuzione della sottostante.

Termini chiave:

- static binding/early binding/binding statico, avviene a compile time e vuol dire che tutte le informazioni rispetto ad una classe sono già conosciute a compile time e sa già con certezza quale tipo andare ad invocare per certo

Si consideri il codice seguente, in cui la funzione sum() è sovraccaricata per accettare due e tre argomenti interi. Anche se esistono due funzioni con lo stesso nome all'interno della classe ComputeSum, la chiamata di funzione sum() si lega alla funzione corretta a seconda dei parametri passati a tali funzioni. Questo binding viene effettuato staticamente in fase di compilazione.

```
1 // C++ program to illustrate the concept of static binding
2 #include <iostream>
```

Scritto da Gabriel

```
using namespace std;

class ComputeSum
{
  public:

  int sum(int x, int y) {
    return x + y;
  }

  int sum(int x, int y, int z) {
    return x + y + z;
  }
};

int main()
{
  ComputeSum obj;
  cout << "Sum is " << obj.sum(10, 20) << endl;
  cout << "Sum is " << obj.sum(10, 20, 30) << endl;

  return 0;
}
```

Output:

```
Sum is 30
Sum is 60
```

- dynamic binding/late binding/binding ritardato, solitamente realizzata ed ottenuta tramite puntatori e/o riferimenti a runtime, che significa che a seconda del contesto di invocazione e della ridefinizione dei metodi in quell'esatto momento (quindi ritarda fino a tempo di compilazione), decide cosa è meglio chiamare. Ciascun riferimento virtuale viene mantenuto all'interno della cosiddetta vtable, tenendo corrispondenza di ognuno di questi

Consideriamo il codice seguente, in cui abbiamo una classe base B e una classe derivata D. La classe base B ha una funzione virtuale f(), che viene sovrascritta da una funzione della classe derivata D, cioè D::f() sovrascrive B::f().

Scritto da Gabriel

Consideriamo ora le righe 30-34, dove la decisione su quale funzione della classe sarà invocata dipende dal tipo dinamico dell'oggetto puntato da basePtr. Questa informazione può essere disponibile solo in fase di esecuzione e quindi f() è soggetta al binding dinamico.

```
// C++ program to illustrate the concept of dynamic binding
#include <iostream>
using namespace std;

class B
{
  public:

  // Virtual function
  virtual void f() {
    cout << "The base class function is called.\n";
  }
};

class D: public B
{
  public:
  void f() {
    cout << "The derived class function is called.\n";
  }
};

int main()
{
  B base;
  D derived;

  B *basePtr = &base;
  basePtr->f();

  basePtr = &derived;
  basePtr->f();

  return 0;
}
```

Output:

```
The base class function is called.
The derived class function is called.
```

Polimorfismo

Il fatto di poter chiamare un metodo al posto di un altro in fase di esecuzione fa in modo che l'esecuzione di un codice possa assumere *più forme*, da cui la parola polimorfismo.

Ciò avviene tramite l'uso citato di tipi dinamici, dei virtual e dei successivi.

Si consideri inoltre che ogni tanto si parla di puntatori superpolimorfi; questi non sono altro che delle sottoclassi di altre sottoclassi, che in ogni momento di invocazione possono assumere più forme a seconda delle chiamate.

Scritto da Gabriel

Classe Astratta (Virtuale Pura)

Una classe astratta (o virtuale pura) è una classe che non può essere istanziata in quanto è marcata come astratta oppure specifica metodi astratti (o virtuali).

Come caratteristiche:

1. Almeno un metodo virtuale puro (dichiarazione virtual con = 0 prima del ;).

2. Non si possono costruire oggetti.

```
class B {
public:
        virtual void f() = 0; //metodo vistuale puro
};

class C : public B { //sottoclasse astratta
public:
        void g() {cout  << "G::g() ";} //non conclude il contratto
astratto di B
};
```

Classe concreta

Una classe concreta è una classe che può essere istanziata.

```
class D : public B { //sottoclasse concreta
public:
        virtual void f() {cout << "D::f() ";}
};
```

Costruttori virtuali

Si noti che il nome della sezione descrive LE REGOLE che vengono usate in fase di costruzione degli oggetti con l'ereditarietà e per richiamare l'attenzione; MAI andare a definire un costruttore come virtual.

Costruttori nelle classi derivate

Ovviamente non vengono ereditati dalla classe derivata, ma c'è la possibilità di invocare quelli della classe base in quelli della classe derivata.

Data la classe D derivata dalla classe base B, quando istanziamo un oggetto d di D, bisognerà richiamare nel costruttore di D un costruttore di B , implicitamente o esplicitamente, per creare ed inizializzare il sottooggetto di d della classe base B.

Invocazione Esplicita: è possibile inserire nella lista di inizializzazione del costruttore di D un invocazione eplicita dei costruttori di B;
Invocazione Implicita: se la lista di inizializzazione del costruttore di D non include invocazioni esplicite di costruttori di B, allora viene automaticamente invocato il costruttore di default di B(che dovrà quindi essere disponibile).

NB: E' importante non confondere costruttori e campi dati della classe base B:
⇒ la lista di inizializzazione di D non può contenere invocazioni di costruttori per i campi dati della classe base B.

NB: Nell'esecuzione di un **costruttore** per D:
1. Viene invocato sempre per primo il costruttore della classe base B da cui deriva, esplicitamente o implicitamente;
2. Viene eseguito il costruttore per i campi dati propri di D;
3. Viene eseguito il corpo del costruttore di D.

(Se su D non mettiamo alcun costruttore, interverrà il costruttore di default standard di D)

Costruttore di copia nelle classi derivate

NB: Il **costruttore di copia standard** di una classe D derivata direttamente da una classe base B invocato su un oggetto x di D :
⇒ 1. Costruisce il sottooggetto di B invocando il costruttore di copia B(const B&) di B(standard o ridefinito) sul corrispondente sottooggetto x;
2. Successivamente costruisce ordinatamente i campi dati propri di D invocando i relativi costruttori di copia.

NB: Se il costruttore di copia viene ridefinito in D, esso può invocare esplicitamente il costruttore di copia di B o qualsiasi altro costruttore di B
Se non ci sono invocazioni esplicite per il costruttore di copia di B, viene invocato automaticamente il costruttore di default di B
(QUINDI NON IL COSTRUTTORE DI COPIA)

Scritto da Gabriel

Assegnazione nelle classi derivate

NB: L'**assegnazione standard** di una classe D derivata direttamente da una classe base B:

1. Invoca l'assegnazione della classe base B(standard o ridefinita) sul sottooggetto corrispondente;
2. Successivamente esegue l'assegnazione ordinatamente membro per membro dei campi dati propri di D invocando le corrispondenti assegnazioni(standard o ridefinite);

NB: Se l'assegnazione viene ridefinita in D ⇒ viene eseguito solo il suo corpo, la ridefinizione dell'assegnazione non provoca alcuna invocazione implicita.

Distruttori virtuali

Questi permettono di distruggere gli oggetti di una classe e anche i suoi sottooggetti (quelli delle sottoclassi)

Distruttore per classi derivate

NB: Il **distruttore standard** di una classe D derivata direttamente da B:

1. Invoca il distruttore standard proprio di D ⇒ distrugge i campi dati propri di D nell'ordine inverso a quello di costruzione tramite i corrispondenti distruttori(standard o ridefiniti);
2. Invoca implicitamente il distruttore della classe B da cui deriva(standard o ridefinito)per distruggere il sottooggetto B;

NB: Se il distruttore viene ridefinito in D ⇒ 1. Viene eseguito il corpo del distruttore di D;
2. Viene invocato il distruttore della classe base B(standard o ridefinito) per distruggere il sottooggetto di B;

RTTI

Il C++ permette di determinare il tipo dinamico di un puntatore o riferimento a tempo di esecuzione tramite gli operatori typeid e dynamic_cast.

Typeid

L'operatore typeid, definito nella libreria *typeinfo*, permette di determinare il tipo di una qualsiasi espressione a tempo di esecuzione. Se l'espressione è un riferimento o un puntatore polimorfo dereferenziato, allora typeid ritornerà il tipo dinamico di questa espressione.

Permette di determinare se "il tipo dinamico di un'espressione è esattamente uguale al tipo dinamico di un'altra espressione); utilizzo frequente con:

```
if(typeid(*p) == typeid(q)) cout << "It works";
```

- Se la classe non contiene metodi virtuali allora typeid restituisce il tipo statico del riferimento o del puntatore de-referenziato.
- I puntatori devono essere de-referenziati altrimenti RTTI torna il tipo statico.

Tipo polimorfo

Un tipo T è polimorfo se è un tipo classe che include almeno un metodo virtuale.

Classe polimorfa

- Se voglio creare una classe base astratta senza definire inutilmente un metodo virtuale puro che non mi serve, posso definire un distruttore virtuale puro
- Se voglio rendere una classe polimorfa, basta aggiungere alla classe base della gerarchia un distruttore virtuale (mettendo semplicemente virtual)

Dynamic cast

Per consentire la conversione dinamica da un tipo ad un altro sullo stesso livello di gerarchia oppure verso un tipo ad un livello più basso, occorre usare `dynamic_cast`

- ```
  tipo_in_cui_convertire variabile =
  < tipo_in_cui_convertire*>(&oggetto_da_convertire)
  ```

Scritto da Gabriel
  ```

- Esempio di utilizzo
    - `PushButton* pb= dynamic_cast<PushButton*>(ab);`

Per usare il dynamic_cast la classe B deve essere polimorfa, altrimenti ci sarà errore.

■ Dato p puntatore ad una classe polimorfa B che punta a qualche suo oggetto obj e D sottoclasse di B:

dynamic_cast<D*>(p); ⇒ permette di convertire di p al "tipo target" D* solo nel caso in cui il tipo dinamico del puntatore p sia quello giusto.

Dato TD(p) = E* : -**Se E è sottotipo di D** ⇒ OK, la **conversione andrà a buon fine** ⇒ dynamic_cast ritornerà un puntatore di tipo D* all'oggetto obj.
(effettua conversione dato che il tipo dinamico E* di p è compatibile con il tipo target D*, in quanto E* è sottotipo di D*)
-**Se E non è sottotipo di D** ⇒ ERRORE, la **conversione fallisce** e il dynamic_cast ritornerà un puntatore nullo.
(in questo caso il tipo dinamico del puntatore non è compatibile con il tipo target)

Se il cast non va a buon fine, la libreria `std` prevede il `bad_cast` come tipo errore per la conversione dinamica. Lo si ricordi per gli esercizi.

Safe Downcasting: quando si converte "dall'alto verso il basso" nella gerarchia tramite dynamic_cast
⇒ cioè da classe base a classe derivata: B* ⇒ D* oppure B& ⇒ D& tramite

dynamic_cast<D*>(p); //Downcast

Upcasting: quando si converte "dal basso verso l'alto" nella gerarchia tramite un assegnazione
⇒ cioè da classe derivata a classe base: D* ⇒ B* oppure D& ⇒ B& per esempio con:

D d;
B* b = d; //Upcast

Normalmente `dynamic_cast` viene usato per effettuare il downcasting (quasi sempre), AL MASSIMO per conversioni allo stesso livello di gerarchia.

- Usare il downcasting solo quando necessario.
- Non fare type checking dinamico inutile (molto dispendioso e causa overhead)
- Usare metodi virtuali nelle classi base al posto del type checking dinamico se possibile.

Const cast

- Se l'oggetto è di tipo costante e occorre togliere il const, occorre usare `const_cast`
    - Esempio di utilizzo
        - `AbstractButton* ab = const_cast<AbstractButton*>(*it);`
        - `In questo caso, la variabile è di tipo AbstractButton non costante`
- Se invece occorre fare una conversione di tipo dinamico e poi togliere il costante (di solito si fa perché ci viene data come parametro una variabile marcata `const)`, allora si può usare in coppia con il `dynamic_cast`
    - Esempio di utilizzo
        - `fstream *f=dynamic_cast<fstream*>(const_cast<ios*>(*cit));`

Ereditarietà multipla

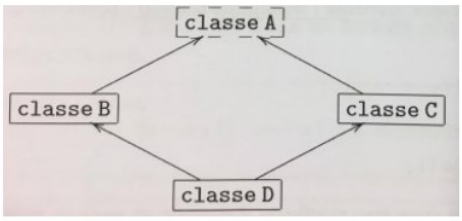
Una classe può essere derivata da più di una classe base, in questo caso ogni oggetto della classe derivata contiene un sottooggetto per ognuna delle classi base da cui deriva.

L'ordine di ereditarietà parte da destra e va verso sinistra.

Spesso è causa di problemi di ambiguità, come nel caso si abbia una classe che eredita due metodi con almeno lo stesso nome dalle sue classi padre, nel momento in cui si chiama il metodo nella classe derivata in compilazione viene dato un errore dovuto ad ambiguità.

NB: Sia D classe che deriva da B e C in cui sono presenti **due metodi distinti con lo stesso nome m(),** cioè si hanno **B::m() e C::m()**
⇒ **Se su D si prova ad invocare m() si causa un errore di compilazione** in quanto il compilatore non è in grado di decidere quale metodi invocare a causa dell'ambiguità **del nome di m().** Per risolvere l'ambiguità si deve usare l'operatore di scooping.

Una gerarchia di classi può essere molto complessa, può capitare che una classe derivi da due classi base le quali a loro volta derivano, direttamente o indirettamente, da una stessa classe. In questo caso si parla di ereditarietà a diamante, che produce ambiguità e spreco di memoria.



Risolvo usando la derivazione virtuale; dichiaro virtuale la derivazione sulle due classi che derivano dalla punta del diamante in questo modo posso avere un unico sotto-oggetto della punta in ogni oggetto della classe che chiude il diamante.

```
class A {

...

};


class B: virtual public A {

...

};


class C: virtual public A {

...

};

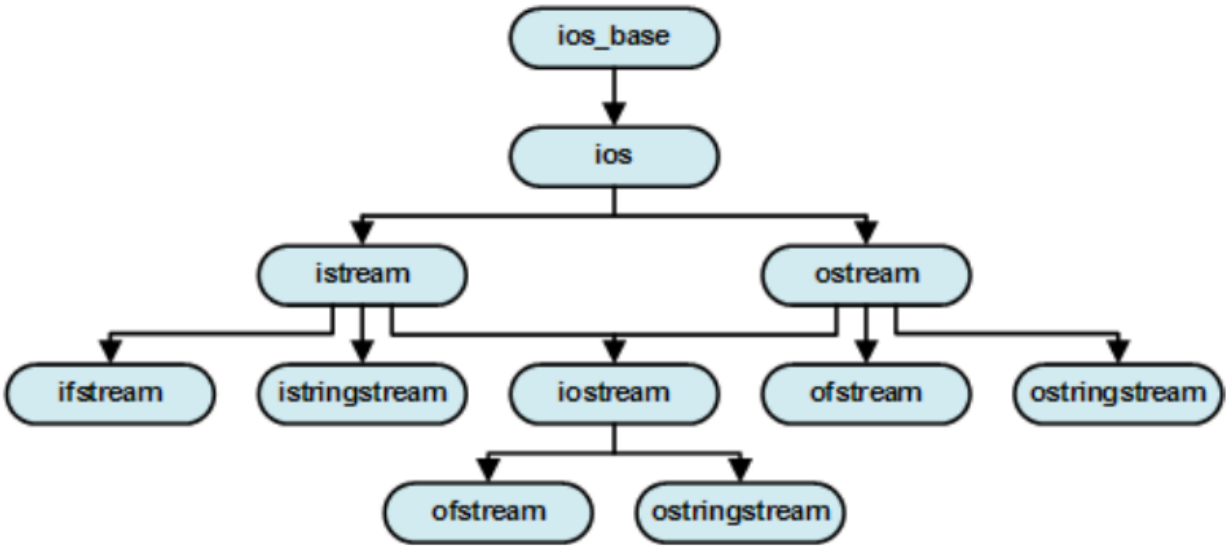

class D: public B, public C { //ho un puntatore al singolo sottooggetto
nella classe derivata D

...

};
```

Scritto da Gabriel

Gerarchia classi I/O



Concretamente parlando:

- La classe `<ios>` è compresa in `#include <iostream>`
- Si noti che `<istream>` ed `<ostream>` sono già presenti in `<iostream>`
- Si noti che per usare `<ifstream>` ed `<ofstream>` occorre includere `<fstream>`
- Si noti che per usare `<istringstream>` ed `<ostringstream>` occorre includere `<stringstream>`

C++ 11

Parole chiave VERAMENTE utili:

- *auto* per capire automaticamente il contesto della variabile

- *default* per avere disponibile la versione standard del costruttore o distruttore di default

```
A() = default;
```

```
virtual ~A() = default;
```

- *override* che specifica precisamente che si sta compiendo un overriding (virtuale con stessa firma identica) di un certo metodo e per ricordarselo

```
virtual void m(int) override {}
```

- *final*, che descrive l'ultimo *overriding* compiuto su un metodo e ottimizza la compilazione determinando che la virtualizzazione termina con una certa classe.

```
virtual void m(int) final {}
```

C++ 17

Parole chiave VERAMENTE utili:

- *for_each* usando la libreria *algorithm* per fare dei for in maniera seria

```
std::for_each(i.begin(), i.end(), [] (int x) {cout << x << ",";});
```

- i cicli *for range:based*

```
for(auto i : vettore) {
```

Ridefinire il comportamento come quello di default

- Operatore di assegnazione

In questo caso, semplicemente, andiamo ad utilizzare anche l'operatore di assegnazione delle sottoclassi dirette, assieme ai propri campi.

```
class Z {
private:
  int x;
};

class B {
private:
  Z x;
};

class D: public B {
private:
  Z y;
public:
  // ridefinizione di operator=
  ...
};
```

Ridefinire l'assegnazione `operator=` della classe `D` in modo tale che il suo comportamento coincida con quello dell'assegnazione standard di `D`.

```
D& operator=(const D& d) {
  B::operator=(d);
  y=d.y;
  return *this;
}
```

- Costruttore di copia:

```
#include <iostream>
#include <vector>
using namespace std;

class A{
private:
    virtual void f() const = 0;
    vector<int*>* ptr;
};

class D: virtual public A{
private:
    int z;
    double w;
};

class E: public D{
private:
    vector<double*> v;
    int *p;
    int& ref;
```

Scritto da Gabriel

```
public:
    void f() const {}
    E(): D(), v(), p(), ref() {}
    E(E e): D(e), v(e.v), p(e.p), ref(e.ref) {}
    //ridefinizione del costruttore di copia di E

    /*
    Si considerino le precedenti definizioni. Ridefinire (senza usare
    la keyword "default") nello spazio sottostante il costruttore di copia della
classe E
    in modo tale che il suo comportamento coincida con quello del costruttore di
copia standard di E.
    */
    E(const E& e): D(e), v(e.v), p(e.p), ref(e.ref) {}

};
```

In questo caso, semplicemente, andiamo ad utilizzare anche il costruttore di copia delle sottoclassi dirette, assieme ai propri campi.

Esercizio da esame con i template

In questo tipo di esercizio, è fondamentale capire quale delle due classi è amica e corrisponde allo stesso tipo listato; non c'è niente di più. L'esempio cardine di questa tipologia è il seguente.

```
// dichiarazione incompleta
template<class T> class D;

template<class T1, class T2>
class C {
  // amicizia associata
  friend class D<T1>;
private:
  T1 t1; T2 t2;
};

template<class T>
class D {
public:
  void m(){C<T,T> c;
           cout << c.t1 << c.t2;}
  void n(){C<int,T> c;
            cout << c.t1 << c.t2;}
  void o(){C<T,int> c;
           cout << c.t1 << c.t2;}
  void p(){C<int,int> c;
           cout << c.t1 << c.t2;}
  void q(){C<int,double> c;
           cout << c.t1 << c.t2;}
  void r(){C<char,double> c;
           cout << c.t1 << c.t2;}
};
```

I seguenti main() compilano?

```
main() {D<char> d; d.m();} // C
main() {D<char> d; d.n();} // NC
main() {D<char> d; d.o();} // C
main() {D<char> d; d.p();} // NC
main() {D<char> d; d.q();} // NC
main() {D<char> d; d.r();} // C
```

Stampa di una parola precisa

Questo tipo di esercizio è affrontabile andando PIANO; un esempio è andare a vedere tutte le relazioni di ereditarietà del caso e quindi capire tutto quello che succede nel programma con calma.

Esempio modello:

```
class A {
public:
  virtual void m() =0;
};

class B: virtual public A {};

class C: virtual public A {
public:
  virtual void m() {}
};

class D: public B, public C {
public:
  virtual void m() {}
};

class E: public D {};

class F: public E {};

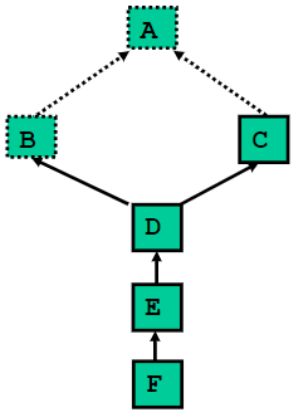
char G(A* p, B& r) {
  C* pc = dynamic_cast<E*>(&r);
  if(pc && typeid(*p)==typeid(r)) return 'G';
  if(!dynamic_cast<E*>(&r) && dynamic_cast<D*>(p)) return 'Z';
  if(!dynamic_cast<F*>(pc)) return 'A';
  else if(typeid(*p)==typeid(E)) return 'S';
  return 'E';
}
```

Si consideri inoltre il seguente statement.

```
  cout << G(new X1,*new Y1) << G(new X2,*new Y2) << G(new X3,*new Y3) << G(new X4,*new Y4)
       << G(new X5,*new Y5) << G(new X6,*new Y6) << G(new X7,*new Y7) << G(new X8,*new Y8);
```

Definire opportunamente le incognite di tipo `Xi` e `Yi` tra i tipi `A`, `B`, `C`, `D`, `E`, `F` della precedente gerarchia in modo tale che:

1. Lo statement non includa piú di una chiamata della funzione `G` con gli stessi parametri attuali
2. La compilazione dello statement non produca illegalità
3. L'esecuzione dello statement non provochi errori a run-time
4. L'esecuzione dello statement produca in output esattamente la stampa **SAGGEZZA**.




```
TD(*p) ∈ {C,D,E,F}
TD(r) ∈ {D,E,F}

output G ∈ {(E,E), (F,F)}
TD(r) ≦ E & TD(*p) = TD(r)

output Z ∈ {(D,D), (E,D), (F,D)}
¬G & TD(r) ≰ E & TD(*p) ≦ D

output A ∈ {(C,D), (C,E) (D,E), (F,E)}
¬Z & ¬G & TD(r) ≰ F

output S ∈ {(E,F)}
¬Z & ¬G & ¬A & TD(r) = F & TD(*p)=E

output E ∈ {(C,F), (D,F)}
¬Z & ¬G & ¬A & ¬S
```

S=(E,F) A=(C,D) G=(E,E) G=(F,F)
E=(C,F) Z=(D,D) Z=(E,D) A=(C,E)

Gerarchie

Qui siamo sulla parte easy; studiare bene i termini relativi alla parte polimorfa e capire bene come costruire le classi e le loro gerarchie. Spesso, infatti, si tratta di trabocchetti verbali (es. costruzione pubblica dei sottooggetti, ridefinire comportamenti come quelli standard, concreto, astratto). Nel file c'è già tutto.

Esempio calco:

Esercizio Gerarchia

Definire **una unica gerarchia di classi** che includa:

(1) una unica classe base polimorfa `A` alla radice della gerarchia;

(2) una classe derivata astratta `B`;

(3) una sottoclasse `C` di `B` che sia concreta;

(4) una classe `D` che non permetta la costruzione pubblica dei suoi oggetti, ma solamente la costruzione di oggetti di `D` che siano sottooggetti;

(5) una classe `E` definita mediante **derivazione multipla a diamante con base virtuale**, che abbia `D` come supertipo, e con l'**assegnazione ridefinita pubblicamente con comportamento identico a quello dell'assegnazione standard** di `E`.

```
class A{

    public:

    virtual ~A()

};
```

Scritto da Gabriel

```
class B : virtual public A {
    public:
    virtual void f() const = 0;
};

class C : public B {
    public:
    void f() const {}
};

class D : virtual public A {
    protected:
    D();
}

class E : public C, public D {
    E& operator=(const E& e){
        C::operator=(e);
        D::operator=(e);
        return *this;
    }
}
```

Cosa Stampa

Un esercizio super frequente da esame; di seguito alcuni consigli per affrontarli bene.

- Occhio ai const, specie nelle stampe che presentano un ritorno di uno *this; in quel caso, spesso, non compila
- Occhio agli errori a runtime, provocati generalmente da una stampa ripetuta (tipo, in un metodo, va in loop chiamando sempre m(), per dirne una); il prof li definisce “scherzetti”

Un esempio tra i tanti presenti:

```
#include <iostream>
using namespace std;
class B {
public:
    B() {cout<<"B() ";}
     virtual ~B() {cout<<"~B() ";}
    virtual void f() {cout << "B::f "; g(); j();}
    virtual void g() const {cout <<"B::g ";}
    virtual const B* j() {cout<<"B::j " ; return this;}
    virtual void k() {cout<<"B::k "; j(); m(); }
    void m() {cout <<"B::m "; g(); j();}
    virtual B& n() { cout<<"B::n "; return *this;}
};

class C: virtual public B {
public:
     C() {cout<<"C() ";}
     ~C() {cout<<"~C() ";}
     virtual void g() const override {cout << "C::g ";}
     virtual void m() {cout <<"C::m "; g(); j();}
     void k() override {cout <<"C::k "; B::n();}
     B& n() override {cout <<"C::n "; return *this; }
};


class D: virtual public B {
public:
```

```
      D() {cout<<"D() ";}
      ~D(){ cout<<"~D() ";}
      virtual void g(){cout <<"D::g ";}
      const B* j() {cout <<"D::j "; return this;}
      void k() const {cout <<"D::k "; k();}
    void m() {cout<<"D::m "; g(); j(); }
};
class E: public C, public D {
public:
      E() {cout<<"E() ";}
      ~E(){cout<<"~E() ";}
    virtual void g() const{cout << "E::g ";}
    const E* j(){cout<<"E::j "; return this;}
    void m() {cout <<"E::m "; g(); j();}
    D& n() final{cout <<"E::n "; return *this;}
};
class F: public E{
public:
      F() {cout<<"F() ";}
      ~F() {cout<<"~F() ";}
      F (const F& x): B(x) {cout<<"Fc ";}
      void k() {cout<<"F::k "; g();}
      void m() {cout<<"F::m "; j();}
};
int main() {
B *p1 = new E();
B *p2 = new C();
B *p3 = new D();
C *p4 = new E();
const B *p5 = new D();
const B *p6=new E();
const B *p7=new F();
F f;
```

```
cout<<endl;
cout<<"STAMPE"<<endl;
F x;cout<<endl;
//stampa B() C() D() E() F()
C *p=new F(f);cout<<endl;
//stampa C() D() E() Fc
p1->f();cout<<endl;
//stampa B::f E::g E::j
p1->m();cout<<endl;
//stampa B::m E::g E::j
//(p1->j())->k();
//NON COMPILA "error: passing ‘const B’ as ‘this’ argument discards
qualifiers"
//(dynamic_cast<const F*>(p1->j()))->g();       //RUNTIME ERROR
p2->f();cout<<endl;
//stampa B::f C::g B::j
p2->m();cout<<endl;
//stampa B::m C::g
(p2->j())->g();cout<<endl;
//stampa B::j C::g
p3->f();cout<<endl;
//stampa B::f B::g D::j
p3->k();cout<<endl;
//stampa B::k D::j B::m B::g D::j
(p3->n()).m();cout<<endl;
//B::n B::m B::g D::j
(dynamic_cast<D&>(p3->n())).g();cout<<endl;
//stampa B::n D::g
     p4->f();cout<<endl;
//stampa B::f E::g E::j
     p4->k();cout<<endl;
//stampa C::k B::n
     (p4->n()).m();cout<<endl;
//stampa E::n B::m E::g E::j
```

```
     //(p5->n()).g();cout<<endl;                              //NON COMPILA
"error: passing ‘const B’ as ‘this’ argument discards qualifiers"

     //(dynamic_cast<E*>(p6))->j();cout<<endl;        //NON COMPILA
"cannot dynamic_cast ‘p6’ (of type ‘const class B*’) to type ‘class E*’"

     (dynamic_cast<C*>(const_cast<B*>(p7)))->k();cout<<endl; //stampa
F::k E::g

     delete p7;cout<<endl;

//stampa ~F() ~E() ~D() ~C() ~B()

}
```

Sottotipi

Ogni tanto compaiono questi esercizi; sono molto simili alla stampa di una parola precisa sostituendo le classi che permettono la stampa di una precisa lettera. Letteralmente, si segua il flusso di esecuzione andando PIANO e tendenzialmente partire dalle deduzioni ovvie (se va male un cast di un tipo, di certo non è suo sottotipo, etc.).

Esercizio calco:

Siano `A`, `B`, `C` e `D` distinte classi polimorfe. Si considerino le seguenti definizioni.

```
template<class X>
X& fun(X& ref) { return ref; };

main() {
  B b;
  fun<A>(b);
  B* p = new D();
  C c;
  try{
    dynamic_cast<B&>(fun<A>(c));
    cout << "topolino";
  }
  catch(bad_cast) { cout << "pippo "; }
  if( !(dynamic_cast<D*>(new B())) ) cout << "pluto ";
}
```

Si supponga che:

1. il `main()` compili correttamente ed esegua senza provocare errori a run-time;
2. l'esecuzione del `main()` provochi in output su `cout` la stampa `pippo pluto`.

In tali ipotesi, per ognuna delle relazioni di sottotipo $X \leq Y$ nelle seguenti tabelle segnare con una croce l'entrata

(a) "Vero" per indicare che `X` **sicuramente è** sottotipo di `Y`;
(b) "Falso" per indicare che `X` **sicuramente non è** sottotipo di `Y`;
(c) "Possibile" **altrimenti**, ovvero se non valgono nè (a) nè (b).

Soluzione

vincoli:
B≤A, C≤A, D≤B, C≰B

	Vero	Falso	Possibile
A≤B		X	
A≤C		X	
A≤D		X	
B≤A	X		
B≤C			X
B≤D		X	

	Vero	Falso	Possibile
C≤A	X		
C≤B		X	
C≤D		X	
D≤A	X		
D≤B	X		
D≤C			X

Funzioni

Questo tipo di esercizio racchiude funzioni legate alla classe *ios* oppure alla famiglia di classi della libreria Qt. Per farli giusti basta letteralmente leggere le richieste e con calma svolgerne ciascuna. DI fatto, la prima parte spesso è composta da una descrizione ad alto livello di metodi di libreria e poi la definizione della funzione che vi viene chiesta.

Esempi con *ios*:

Esercizio

Sia `B` una classe polimorfa e sia `C` una sottoclasse di `B`. Definire una funzione `int Fun(const vector<B*>& v)` con il seguente comportamento: sia `v` non vuoto e sia `T*` il tipo dinamico di `v[0]`; allora `Fun(v)` ritorna il numero di elementi di `v` che hanno un tipo dinamico `T1*` tale che `T1` è un sottotipo di `C` diverso da `T`; se `v` è vuoto deve quindi ritornare 0. Ad esempio, il seguente programma deve compilare e provocare le stampe indicate.

```
#include<iostream>
#include<typeinfo>
#include<vector>
using namespace std;

class B {public: virtual ~B()
class C: public B {};
class D: public B {};
class E: public C {};

int Fun(vector<B*> &v){...}

main() {
  vector<B*> u, v, w;
  cout << Fun(u); // stampa 0
  B b; C c; D d; E e; B *p = &e, *q = &c;
  v.push_back(&c); v.push_back(&b); v.push_back(&d); v.push_back(&c);
  v.push_back(&e); v.push_back(p);
  cout << Fun(v); // stampa 2
  w.push_back(p); w.push_back(&d); w.push_back(q); w.push_back(&e);
  cout << Fun(w); // stampa 1
}
```

```
int Fun(const vector<B*>& v) {
  int tot = 0;
  for(auto it = v.begin(); it!= v.end();
      ++it)
    if(typeid(*v[0])!= typeid(*(*it)) &&
       dynamic_cast<C*>(*it)) ++tot;
  return tot;
}
```

Definire un template di funzione `Fun(T1*, T2&)` che ritorna un booleano con il seguente comportamento. Consideriamo una istanziazione implicita `Fun(p,r)` dove supponiamo che i parametri di tipo `T1` e `T2` siano istanziati a tipi polimorfi (cioè che contengono almeno un metodo virtuale). Allora `Fun(p,r)` ritorna `true` se e soltanto se valgono le seguenti condizioni:

1. i parametri di tipo `T1` e `T2` sono istanziati allo stesso tipo;
2. siano `D1*` il tipo dinamico di `p` e `D2&` il tipo dinamico di `r`. Allora (i) `D1` e `D2` sono lo stesso tipo e (ii) questo tipo è un sottotipo proprio della classe `ios` della gerarchia di classi di I/O (si ricordi che `ios` è la classe base astratta della gerarchia).

```
template <class T1, class T2>
bool Fun(T1* p, T2& r) {
  return
    typeid(T1)==typeid(T2) &&
    typeid(*p)==typeid(r) &&
    dynamic_cast<ios*>(p);
}
```

Esempio calco basato su Qt:

Esercizio Funzione

Si **assumano** le seguenti specifiche riguardanti la libreria Qt (**ATTENZIONE: non si tratta di codice da definire.**).

- Come noto, `QWidget` è la classe base polimorfa di tutte le classi Gui della libreria Qt. La classe `QWidget` rende disponibile un metodo virtuale `int heightDefault() const` con il seguente comportamento: `w.heightDefault()` ritorna l'altezza di default del widget `w`.
- La classe `QFrame` deriva direttamente e pubblicamente da `QWidget`. La classe `QFrame` rende disponibile un metodo `void setLineWidth(int)` con il seguente comportamento: `f.setLineWidth(z)` imposta la larghezza della cornice del frame `f` al valore `z`.
- La classe `QLabel` deriva direttamente e pubblicamente da `QFrame`.
  - La classe `QLabel` fornisce un overriding del metodo virtuale `QWidget::heightDefault()`.
  - La classe `QLabel` rende disponibile un metodo `void setWordWrap(bool)` con il seguente comportamento: `l.setWordWrap(b)` imposta al valore booleano `b` la proprietà di word-wrapping (andare a capo automaticamente) della label `l`.
- La classe `QSplitter` deriva direttamente e pubblicamente da `QFrame`.
- La classe `QLCDNumber` deriva direttamente e pubblicamente da `QFrame`. La classe `QLCDNumber` rende disponibile un metodo `void setDigitCount(int)` con il seguente comportamento: `lcd.setDigitCount(z)` imposta al valore `z` il numero di cifre dell'intero memorizzato dal lcdNumber `lcd`.

Definire una funzione `fun` di segnatura `list<QFrame*> fun(vector<QWidget*>&)` con il seguente comportamento: in ogni invocazione `fun(v)`,

1. per ogni puntatore `p` elemento del vector `v`:
   - se `*p` è un `QLabel` allora imposta la larghezza della sua cornice al valore 8 ed imposta a `false` la proprietà di word-wrapping della label `*p`;
   - se `*p` è un `QLCDNumber` allora imposta al valore 3 il numero di cifre dell'intero memorizzato dal lcdNumber `*p`.
2. `fun(v)` deve ritornare una lista contenente **tutti e soli** i puntatori `p` non nulli contenuti nel vector `v` che puntano ad un `QFrame` che non è un `QSplitter` e la cui altezza di default è minore di 10.

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <list>

class QWidget{
    public:
        virtual ~QWidget();
};

class QLabel{
    public:
        void setLineWidth(int);
        void setWordWrap(bool);
};
```

Scritto da Gabriel

```
class QLCDNumber{
    public:
        void setDigitCount(int);
};

class QFrame{
    public:
        int heightDefault();
};

class QSplitter : public QFrame{
    public:
        QSplitter();
};

using namespace std;

list<QFrame*> fun(vector<QWidget*>& v){
    list<QFrame*> ret;
    for(vector<QWidget*>::iterator it=v.begin(); it!=v.end(); it++){
        QLabel* l = dynamic_cast<QLabel*>(*it);
        if(l){
            l->setLineWidth(8);
            l->setWordWrap(false);
        }
        QLCDNumber* n = dynamic_cast<QLCDNumber*>(*it);
        if(n){
            n->setDigitCount(3);
        }
        QFrame* f = dynamic_cast<QFrame*>(*it);
        if(f && !dynamic_cast<QSplitter*>(f) && f->heightDefault()<10)
            ret.push_back(f);
    }
```

```
    return ret;
}
```