

## Лекція 10: Перетворення типів

Перетворення типів та їх види на Cі++. Неявні перетворення простих типів та класів.

Оператори перетворення типів. Ключове слово `explicit`.

Явні перетворення типів: `static_cast`, `dynamic_cast`, `const_cast`, `reinterpret_cast`. Оператор `typeid`

### Неявні перетворення

В достатньо багатьох програмах на типізованих мовах програмування зустрічаються ситуації, коли треба поміняти тип змінної або присвоїти значення одного типу змінній іншого типу. Для коректного такого перетворення потрібно зробити перетворення типу. Ці перетворення можуть бути явними, тобто явно вказаними в програмному коді, або неявними, тобто такими, що здійснюються компілятором автоматично, якщо він бачить потребу в цьому.

Неявні перетворення на Cі/Cі++ здійснюються автоматично, коли значення копіюється в сумісний тип. Наприклад:

```
short = 2000;  
int y;  
y = x;
```

Тут тип значення змінної `x` підвищується від типу `short` до типу `int` без необхідності явного оператора перетворення. Це відомо як *стандартне* (або *вроджене*, *implicit*) перетворення. Стандартні перетворення відбуваються з основним типами даних і дозволяють перетворення типу між числовими типами (`short` до `int`, `int` до `float`, `double` до `int` тощо), а також можуть проводити перетворення з `bool` та робити деякі перетворення вказівників.

Зокрема воно може робити перетворення в `int` з якогось меншого цілого типу, або в подвійне(`double`) з `float`, відоме як просування, і гарантує, що воно буде точно таким же значенням у типі призначення. Інші перетворення між арифметичними типами не завжди можуть точно представляти одне значення, зокрема:

- Якщо негативне ціле значення перетворюється в беззнаковий тип, то результуюче значення відповідає побітовий зміні його першого біту до 1 (тобто -1 стає найбільшим значенням, що представляється типом, -2 другим за величиною, ...).

- Перетворення з `/` до типу `bool` вважають рівним `false` значення, що еквівалентні нулю (для числових типів) та нульовому вказівником (для типу

вказівника), а true еквівалентно всім іншим значенням і перетворюється в еквівалент 1.

- Якщо перетворення відбувається від типу з плаваючою крапкою (дійсного) до цілочисельного типу, значення обрізається (десятьова частина видаляється). Якщо результат лежить за межами діапазону репрезентативних значень за типом, перетворення викликає невизначену поведінку.

- В іншому випадку, якщо перетворення відбувається між числовими типами одного і того ж виду (цілочисельне або ціле число або з плаваючою крапкою – до типу з плаваючою крапкою), перетворення є коректним, але значення є специфічним для реалізації (і може бути не крос-платформеним).

Деякі з цих перетворень можуть означати втрату точності, про що компілятор може сигналізувати попередженням. Цього попередження можна уникнути за допомогою явного перетворення.

Для не фундаментальних типів масиви та функції неявно перетворюються на вказівники, а вказівники взагалі дозволяють проводити такі перетворення:

- нульові вказівники можуть бути перетворені до вказівників будь-якого типу;
- вказівники на будь-який тип можуть бути перетворені в вказівники на `void`;
- перетворення вказівників: вказівники на похідний клас можуть бути перетворені на вказівник доступного та однозначного базового класу, не змінюючи його `const` або `volatile` специфікації.

### Неявні перетворення з класами

У світі класів неявні перетворення можна керувати за допомогою трьох методів (функцій-членів класу):

- **Конструктори з одним аргументом:** дозволяють неявне перетворення з певного типу для ініціалізації об'єкту.
- **Оператор присвоєння:** дозволяє непряме перетворення з певного типу до заданого типу.
- **Оператор-перетворення типів:** дозволяє непряме перетворення до певного типу.

Приклад (перетворення класу за допомогою конструктору, оператору присвоєння та оператору перетворення типів):

```
//Перетворення класів: implicit conversion of classes:  
#include <iostream>  
using namespace std;
```

```

class A {}; // перший клас
class B { // другий клас
public:
    // Перетворення у конструкторі: conversion from A (constructor):
    B (const A& x) {}
    //Перетворення у присвоєнні: conversion from A (assignment):
    B& operator= (const A& x) {return *this;}
    /*Перетворення оператором перетворення: conversion to A (type-cast
operator) */
    operator A() {return A();} // ми створили власний оператор перетворення
};

int main (){
    A foo;
    B bar = foo; // calls constructor
    bar = foo; // calls assignment
    foo = bar; // calls type-cast operator
    return 0;
}

```

Оператор перетворення типу (type-cast operator) використовує певний синтаксис: він використовує ключове слово оператора, за яким слід тип призначення та порожній набір дужок. Зауважте, що тип повернення - тип призначення, і тому він не вказується перед ключовим словом оператора.

### Ключове слово *explicit*

Під час виклику функції C ++ дозволяє здійснювати одне неявне перетворення для кожного аргументу. Це може бути дещо проблематичним для занять, адже це не завжди те, що призначено. Наприклад, якщо до останнього прикладу додамо таку функцію:

```
void fn (B arg) {}
```

Ця функція бере аргумент типу B, але її також можна назвати об'єктом типу A як аргумент:

```
fn (foo);
```

Це може бути як тим що потрібно, так і не тим, що потрібно. Але, у будь-якому випадку, цьому можна запобігти, позначивши даний конструктор ключовим словом *explicit*:

```

// explicit:
#include <iostream>
using namespace std;

class A {};

class B {
public:
    explicit B (const A& x) {}
    B& operator= (const A& x) {return *this;}
    operator A() {return A();}
};

void fn (B x) {}

int main (){
    A foo;
    B bar (foo);
    bar = foo;
    foo = bar;

    // fn (foo); // not allowed for explicit ctor – не дозволено при explicit
    fn (bar);
    return 0;
}

```

Крім того, конструктори, позначені *explicit*, не можуть бути викликані синтаксисом, подібним до присовення.

У наведеному вище прикладі `bar` не міг бути побудований так:

```
B bar = foo;
```

Методу також можна вказати як *explicit*. Це запобігає неявним перетворенням так само, як це роблять чітко визначені конструктори для типу призначення.

## Явні перетворення типів

Ci++ - мова сильного типу. Багато конверсій, особливо ті, що передбачають різну інтерпретацію значення, вимагають явного перетворення, відомого в

Ci++ як кастинг типів. В Ci++ існує два основні синтаксиси для загального кастингу типу: функціональний та Ci-подібний:

```
double x = 10.3;
int y;
y = int(x); //функціональний (functional notation)
y = (int) x; //Ci-подібний (c-like cast notation)
```

Функціональність цих загальних форм кастингу типів достатня для більшості потреб із основними типами даних. Однак ці оператори можуть бути застосовані без розбору на класи та вказівники на класи, що може призвести до коду, який, в той час як синтаксично правильний, - може спричинити помилки під час виконання. Наприклад, такий код компілюється без помилок:

```
// class type-casting
#include <iostream>
using namespace std;

class Dummy {
    double i,j;
};

class Addition {
    int x,y;
public:
    Addition (int a, int b) { x=a; y=b; }
    int result() { return x+y;}
};

int main () {
    Dummy d;
    Addition * padd;
    padd = (Addition*) &d;
    cout << padd->result();
    return 0;
}
```

Програма оголошує вказівник на Addition, але потім присвоює йому посилання на об'єкт іншого неспорідненого типу за допомогою явного кастингу типу:

```
padd = (Addition*) &d;
```

НеOMEжене явне приведення типів дозволяє перетворити будь-який вказівник в будь-який інший тип вказівника, незалежно від типів, на які вони вказують. Але в даній програмі подальший виклик результату учасника призведе до помилки під час виконання або інших несподіваних результатів.

Саме тому, на Cі++ існує декілька варіантів перетворень типів. Для того, щоб контролювати такі типи перетворень між класами, в Cі++ є чотири конкретні оператори перетворення типу: `dynamic_cast`, `reinterpret_cast`, `static_cast` і `const_cast`. Їх формат повинен відповідати новому типу, укладеному між кутовими дужками (<>) та одразу після цього, виразом для перетворення між дужками.

- `dynamic_cast` <new\_type> (expression)
- `reinterpret_cast` <new\_type> (expression)
- `static_cast` <new\_type> (expression)
- `const_cast` <new\_type> (expression)

Традиційними перетвореннями типів (type-casting) будуть:

- (new\_type) expression
- new\_type (expression)

## Перетворення типів `static_cast`

Перетворення типів `static_cast` може здійснювати перетворення між вказівниками на пов'язані класи, не тільки перетворення вгору (від вказівника до похідного класу до вказівника на базовий тип), але і вниз (від вказівника до базового класу до вказівника на похідний клас). Жодні перевірки не виконуються під час виконання, щоб гарантувати, що об'єкт, який перетворюється, насправді є повноцінним об'єктом типу призначення. Тому програміст повинен забезпечити безпеку перетворення. З іншого боку, він не несе накладних витрат на перевірку безпеки типу динамічного перетворення типів.

Приклад.

```
class Base {};  
class Derived: public Base {};  
Base * a = new Base;  
Derived * b = static_cast<Derived*>(a);
```

Це був би коректний код, хоча `b` вказував би на незавершений об'єкт класу та може призвести до помилок виконання під час розіменування вказівника.

Отже, `static_cast` може виконувати за допомогою вказівників класів не тільки конверсії, дозволені неявно, але й їх протилежні перетворення.

Також `static_cast` може виконувати всі перетворення, дозволені неявно (не тільки ті, що мають вказівники на класи), а також здатні виконувати протилежні від них. Зокрема:

- Перетворити з `void *` на будь-який тип вказівника. У цьому випадку гарантується, що якщо значення `void *` було отримано шляхом перетворення з того самого типу вказівника, результуюче значення вказівника буде однаковим.
  - Перетворювати цілі, значення з плаваючою комою та перерахування на типи перерахування.
- Крім того, `static_cast` також може виконувати наступне:
- Явно викликати конструктор з одним аргументом або оператор перетворення.
  - Перетворити на посилання `rvalue` (тип, що може бути правою частиною виразу присвоєння).
  - Перетворення значень класу перерахування в цілі або значення з плаваючою крапкою.
  - Перетворити будь-який тип на `void`, оцінюючи та відкидаючи значення.

Таким чином, `static_cast` здатний виконувати з вказівниками на класи не тільки перетворення, що допускаються неявно, але і їх протилежні перетворення.

## Перетворення типів `reinterpret_cast`

Перетворення типів `reinterpret_cast` перетворює будь-який тип вказівника в будь-який інший тип вказівника, навіть неспоріднених класів. Результат операції - це проста двійкова копія значення з одного вказівника на інший. Дозволені всі перетворення вказівників: не вказується ані зміст, ані сам тип вказівника.

Він також може переводити вказівники на цілі типи або з них. Формат, у якому це ціле значення представляє вказівник, залежить від платформи. Єдиною гарантією є те, що вказівник, переданий на цілий тип, достатньо великий, щоб повністю містити його (наприклад, `intptr_t`), гарантовано зможе повернутися до коректного вказівника.

Конверсії, які можна виконати за допомогою `reinterpret_cast`, але не `static_cast` – це операції низького рівня, засновані на реінтерпретації бінарних

представлень типів, що в більшості випадків призводить до коду, який є системним і, таким чином, не портативним. Наприклад:

```
class A { /* ... */};  
class B { /* ... */};  
A * a = new A;  
B * b = reinterpret_cast<B*>(a);
```

Цей код компілюється, хоча це не має особливого сенсу, оскільки тепер `b` вказує на об'єкт абсолютно неспорідненого і, ймовірно, несумісного класу. Таке перетворення `b` небезпечно і компілятор в цьому випадку не несе ніякої гарантії, що перетворення відбулося коректно насправді.

## Перетворення типів `const_cast`

Цей тип кастингу маніпулює константністю об'єкта, яку вказано вказівником, тобто може встановити його, або навпаки видалити. Наприклад, для передачі константного вказівника на функцію, яка очікує неконстантний аргумент:

Приклад:

```
// const_cast  
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
void print (char * str){  
    cout << str << '\n';  
}  
  
int main () {  
    const char * c = "sample text";  
    print ( const_cast<char *>(c) );  
    return 0;  
}
```

Результат:  
sample text

Наведений вище приклад гарантовано спрацює, оскільки функція друку не змінює вказаний об'єкт – аргумент функції.

## Оператор `typeid`

Оператор `typeid` дозволяє перевіряти тип виразу:



`typeid` (expression)

Цей оператор повертає посилання на постійний об'єкт типу `type_info`, який визначений у стандартному заголовку `<typeinfo>`. Значення, повернене `typeid`, можна порівняти з іншим значенням, поверненим `typeid` за допомогою операторів `==` та `!=`. Або може служити для отримання нульової закінченої послідовності символів, що представляє тип даних або ім'я класу, використовуючи його метод `name` ().

Приклад:

```
// typeid
#include <iostream>
#include <typeinfo>
using namespace std;

int main () {
    int * a,b;
    a=0; b=0;
    if (typeid(a) != typeid(b)) {
        cout << "a and b are of different types:\n";
        cout << "a is: " << typeid(a).name() << '\n';
        cout << "b is: " << typeid(b).name() << '\n';
    }
    return 0;
}
```

Результат:

```
a and b are of different types:
a is: int *
b is: int
```

Коли `typeid` застосовується до класів, `typeid` використовує RTTI для відстеження типу динамічних об'єктів. Коли `typeid` застосовується до виразу, тип якого є поліморфним класом, результатом є тип найбільш похідного завершеного об'єкта:

```
// typeid, polymorphic class
#include <iostream>
#include <typeinfo>
#include <exception>
using namespace std;
```

```

class Base { virtual void f(){} };
class Derived : public Base {};

int main () {
    try {
        Base* a = new Base;
        Base* b = new Derived;
        cout << "a is: " << typeid(a).name() << '\n';
        cout << "b is: " << typeid(b).name() << '\n';
        cout << "*a is: " << typeid(*a).name() << '\n';
        cout << "*b is: " << typeid(*b).name() << '\n';
    } catch (exception& e) { cout << "Exception: " << e.what() << '\n'; }
    return 0;
}

```

Результат:

```

a is: class Base *
b is: class Base *
*a is: class Base
*b is: class Derived

```

**Примітка:** рядок, що повертається ім'ям члена `type_info`, залежить від конкретної реалізації вашого компілятора та бібліотеки. Це не обов'язково простий рядок із типовим ім'ям типу, як у коді бібліотеки компілятора, який використовується для отримання виводу цього прикладу.

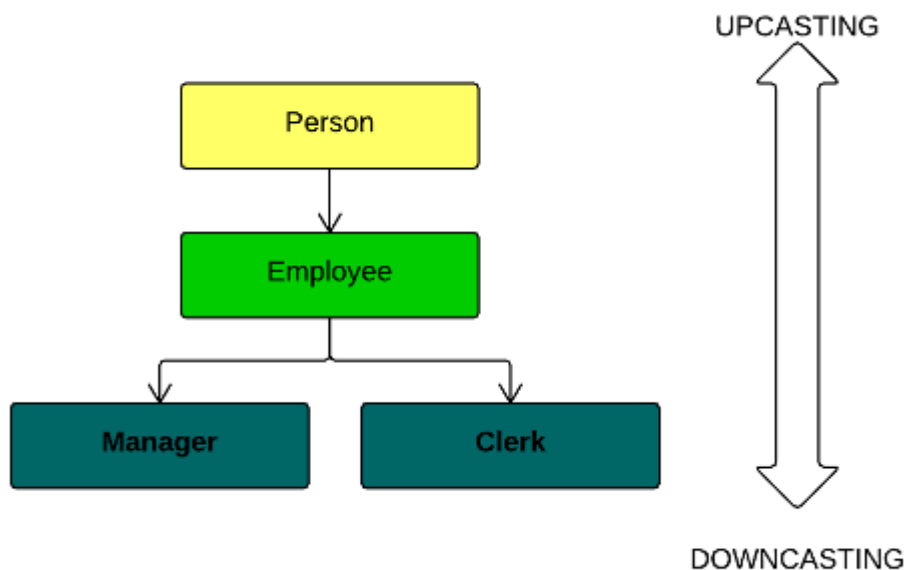
**Примітка 2:** Зверніть увагу, як тип, який `typeid` вважає для вказівників, є самим типом вказівника (і `a`, і `b` є класом типу `Base *`). Однак, коли `typeid` застосовується до об'єктів (типу `*a` та `*b`), `typeid` дає їх динамічний тип (тобто тип їх найбільш похідного повного об'єкта).

Якщо оператор `typeid` виявляє, що він застосовується до вказівника, якому передую оператор взяття посилання (dereference (\*)), і цей вказівник має нульове значення, `typeid` повертає виключення `bad_typeid`.

## Перетворення типів вниз та вгору

Перетворення вниз та вгору є важливою частиною Cі++. Ці перетворення дають можливість будувати складні програми з простим синтаксисом. Цього можна досягти, використовуючи **поліморфізм**.

Cі++ дозволяє похідному вказівнику класу (або посиланню) трактуватись як вказівник базового класу. *Це перетворення вгору.* Перетворення вниз – це протилежний процес, який полягає в перетворенні вказівника (або посилання) базового класу на похідний вказівник класу. Перетворення та посилання вниз не слід розуміти як просту трансляцію різних типів даних. Це може призвести до великої плутанини. У цій темі ми використаємо таку ієрархію класів:



Як бачите, менеджер та службовець - обидва працівники. Що це означає? Це означає, що класи Manager та Clerk успадковують властивості класу Employee, який успадковує властивості класу Person. Наприклад, нам не потрібно вказувати, що і менеджер, і службовця ототожнюються за ім'ям та прізвищем, мають зарплату; ви можете показати інформацію про них і додати бонус до їх зарплати. Ми повинні вказати ці властивості лише один раз у класі Співробітник: У той же час класи менеджерів та діловодів різні. Менеджер бере комісійну винагороду за кожен контракт, а Клерк має інформацію про свого менеджера:

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

class Person{
```

```

        //content of Person
    };

class Employee:public Person
{
public:
    Employee(string fName, string lName, double sal)
    {
        FirstName = fName;
        LastName = lName;
        salary = sal;
    }
    string FirstName;
    string LastName;
    double salary;
    void show()    {
        cout << "First Name: " << FirstName << " Last Name: " << LastName
<< " Salary: " << salary<< endl;
    }
    void addBonus(double bonus)    {
        salary += bonus;
    }
};

class Manager :public Employee{
public:
    Manager(string fName, string lName, double sal, double comm)
:Employee(fName, lName, sal)
    {
        Commision = comm;
    }
    double Commision;
    double getComm()    {
        return Commision;
    }
};

class Clerk :public Employee{

```

```

    public:
        Clerk(string fName, string lName, double sal, Manager* man)
:Employee(fName, lName, sal)    {
            manager = man;
        }
        Manager* manager;
        Manager* getManager()    {
            return manager;
        }
};

void congratulate(Employee* emp){
    cout << "Happy Birthday!!!" << endl;
    emp->addBonus(200);
    emp->show();
};

int main(){
    //Вказівник на базовий об'єкт: pointer to base class object
    Employee* emp;

    // Об'єкти похідних класів: object of derived class
    Manager m1("Steve", "Kent", 3000, 0.2);
    Clerk c1("Kevin", "Jones", 1000, &m1);

    // перетворення вгору: implicit upcasting
    emp = &m1;

    //It's ok
    cout<<emp->FirstName<<endl;
    cout<<emp->salary<<endl;

    //Помилка(перетворення вгору) Fails because upcasting is used
    //cout<<emp->getComm();

    congratulate(&c1);
    congratulate(&m1);

```

```

        cout<<"Manager of "<<c1.FirstName<<" is "<<c1.getManager()-
>FirstName;
    }

```

Менеджер і службовець — це завжди працівники. Більше того, працівник — це теж людина. Тому менеджер та службовець теж є особами. І перетворення, і зникнення не змінюють об'єкт сам по собі. Під час використання ви просто "позначаєте" об'єкт різними способами.

### Перетворення вгору: Upcasting

**Перетворення вгору(Upcasting) - це процес обробки вказівника або посилання на похідний об'єкт класу як вказівник базового класу.** Не потрібно здійснювати перетворення вручну. Просто потрібно призначити похідний вказівник класу (або посилання) на вказівник базового класу:

```

//Вказівник на базовий клас: pointer to base class object
Employee* emp;
//Об'єкт похідного класу: object of derived class
Manager m1("Steve", "Kent", 3000, 0.2);
//implicit upcasting
emp = &m1;

```

Коли ви використовуєте це перетворення, об'єкт не змінюється. Тим не менш, коли ви обновлюєте об'єкт, ви матимете доступ до лише функцій-членів (методів) та членів даних, визначених у базовому класі:

```

//It's ok
emp->FirstName;
emp->salary;
//Fails because upcasting is used
emp->getComm();

```

### Приклад використання перетворення

Однією з найбільших переваг перетворення є можливість запису загальних функцій для всіх класів, що походять з одного базового класу. Подивіться на приклад:

```

void congratulate(Employee* emp){
    cout << "Happy Birthday!!!" << endl;
    emp->show();
    emp->addBonus(200);
};

```

Ця функція буде працювати з усіма класами, що походять від класу Співробітник. Коли ви називаєте його об'єктами типу Manager та Person, вони будуть автоматично перенесені на клас Employee:

//Автоматичне перетворення вгору: automatic upcasting

```
congratulate(&c1);
```

```
congratulate(&m1);
```

Результат роботи програми:

Happy Birthday!!!

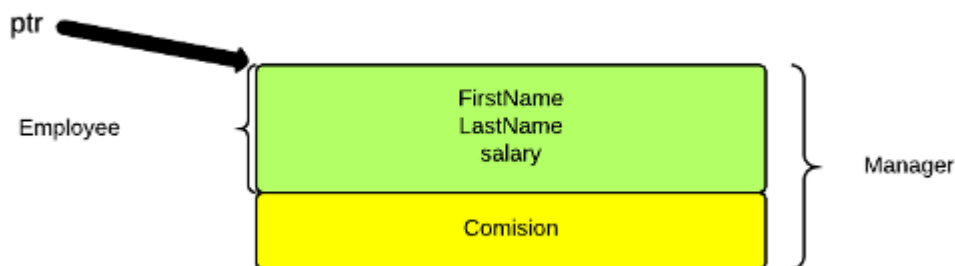
First Name: Kevin Last Name: Jones

Happy Birthday!!!

First Name: Steve Last: Name Kent

### Модель пам'яті

Як відомо, похідний клас розширює властивості базового класу. Це означає, що похідний клас має властивості (члени даних та функції членів) базового класу та визначає нових членів даних та функцій членів. Подивіться на макет пам'яті класів Співробітник та Менеджер:



Звичайно, ця модель - спрощений вигляд компонування пам'яті для об'єктів. Однак це означає, що коли ви використовуєте вказівник базового класу для наведення об'єкта похідного класу, ви можете отримати доступ лише до елементів, визначених у базовому класі (зелена зона). Елементи похідного класу (жовта область) недоступні при використанні вказівника базового класу.

### Перетворення вниз: Downcasting

Перетворення вниз (Downcasting) – протилежний перетворення вгору процес перетворення. Воно перетворює вказівник базового класу у похідний вказівник класу. Таке перетворення потрібно робити вручну, тому що вам

при цьому перетворенні потрібно вказати чіткий тип перетворення. Перетворення вниз не є безпечним, як перетворення вгору. Ви знаєте, що похідний об'єкт класу завжди може розглядатися як об'єкт базового класу. Однак обернене твердження не є вірним. Наприклад, в нашому прикладі Менеджер – це завжди Людина, але Людина не завжди є Менеджером. Це може бути й Клерк.

Ви повинні використовувати явне перетворення для перетворення вниз:

```
//pointer to base class object
Employee* emp;
//object of derived class
Manager m1("Steve", "Kent", 3000, 0.2);
//implicit upcasting
emp = &m1;
//explicit downcasting from Employee to Manager
Manager* m2 = (Manager*)(emp);
```

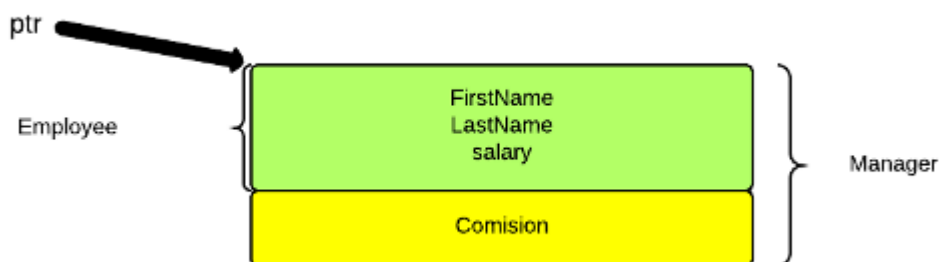
Цей код збирається та працює без будь-яких проблем, оскільки `emp` вказує на об'єкт класу `Manager`.

Що станеться, якщо ми спробуємо схилити вказівник базового класу, який вказує на об'єкт базового класу, а не на об'єкт похідного класу?

Спробуйте скласти і запустити цей код:

```
Employee e1("Peter", "Green", 1400);
//try to cast an employee to Manager
Manager* m3 = (Manager*)&e1;
cout << m3->getComm() << endl;
```

Об'єкт `e1` не є об'єктом класу `Manager`. Він не містить жодної інформації про комісію. Ось чому така операція може дати неочікувані результати. Подивіться на макет пам'яті ще раз:



Якщо ви спробуєте скинути вказівник базового класу (`Employee`), який насправді не вказує на об'єкт похідного класу (`Manager`), ви отримаєте доступ



до пам'яті, яка не має жодної інформації про похідний об'єкт класу (жовта область). Це головна небезпека помилок.

Ви можете використовувати безпечний склад, який допоможе вам дізнатися, чи можна один тип правильно перетворити на інший. Для цього використовуйте динамічне перетворення типів (`dynamic_cast`).

## Динамічне перетворення типів: `dynamic_cast`

Динамічне перетворення типів (`dynamic_cast`) – це оператор, який безпечно перетворює один тип в інший. У випадку, якщо це перетворення можливе та безпечно, воно повертає адресу об'єкта, який перетворюється. В іншому випадку воно повертає `nullptr`.

### Синтаксис:

`dynamic_cast`<new\_type> (object)

Якщо ви хочете використовувати динамічний амплуа для пониження мовлення, базовий клас повинен бути поліморфним - він повинен мати принаймні одну віртуальну функцію. Змініть особу базового класу, додавши віртуальну функцію:

```
virtual void foo() {}
```

Тепер ви можете використовувати `downcasting` для перетворення вказівників класу `Employee` у вказівники похідних класів.

```
Employee e1("Peter", "Green", 1400);
Manager* m3 = dynamic_cast<Manager*>(&e1);
if (m3)
    cout << m3->getComm() << endl;
else
    cout << "Can't cast from Employee to Manager" << endl;
```

У цьому випадку динамічний каст повертає `nullptr`. Тому ви побачите попереджувальне повідомлення.