

Виртуални функции

Трифон Трифонов

Обектно-ориентирано програмиране,
спец. Компютърни науки, 1 поток,
спец. Софтуерно инженерство,
2016/17 г.

18–25 май 2017 г.

Статично свързване

- Как компилаторът избира кой метод или коя функция да бъде извикана?

Статично свързване

- Как компилаторът избира кой метод или коя функция да бъде извикана?
- Прави се сравнение между формални и фактически параметри и се избира най-точното съвпадение

Статично свързване

- Как компилаторът избира кой метод или коя функция да бъде извикана?
- Прави се сравнение между формални и фактически параметри и се избира най-точното съвпадение
 - в случай, че има няколко най-точни, грешка за нееднозначност

Статично свързване

- Как компилаторът избира кой метод или коя функция да бъде извикана?
- Прави се сравнение между формални и фактически параметри и се избира най-точното съвпадение
 - в случай, че има няколко най-точни, грешка за нееднозначност
- Методът, който ще се извика се предопределя **по време на компилация** и при всяко изпълнение е един и същ

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

- Кой метод ще се извика при `pp->print()`

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

- Кой метод ще се извика при `pp->print()`
 - `Player::print` или `Hero::print`?

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

- Кой метод ще се извика при `pp->print()`
 - `Player::print` или `Hero::print`?
 - **подсказка:** кой отговор може да се определи със сигурност по време на компилация?

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

- Кой метод ще се извика при `pp->print()`
 - `Player::print` или `Hero::print`?
 - **подсказка:** кой отговор може да се определи със сигурност по време на компилация?
- Свързването по време на компилация нариаме **СТАТИЧНО** или **ранно** (early binding)

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

- Кой метод ще се извика при `pp->print()`
 - `Player::print` или `Hero::print`?
 - **подсказка:** кой отговор може да се определи със сигурност по време на компилация?
- Свързването по време на компилация нариаме **СТАТИЧНО** или **ранно** (early binding)
- В C++ по подразбиране свързването е статично

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

- Кой метод ще се извика при `pp->print()`
 - `Player::print` или `Hero::print`?
 - **подсказка:** кой отговор може да се определи със сигурност по време на компилация?
- Свързването по време на компилация нариаме **СТАТИЧНО** или **ранно** (early binding)
- В C++ по подразбиране свързването е статично
 - има езици, в които по подразбиране свързването не е статично!

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

- Кой метод ще се извика при `pp->print()`
 - `Player::print` или `Hero::print`?
 - **подсказка:** кой отговор може да се определи със сигурност по време на компилация?
- Свързването по време на компилация нариаме **СТАТИЧНО** или **ранно** (early binding)
- В C++ по подразбиране свързването е статично
 - има езици, в които по подразбиране свързването не е статично!
 - Java, Python, Ruby

Защо само статично свързване не стига

- **Пример:** създаване на обект от клас, избран от потребителя

```
Player* pp = NULL; char c;  
cin >> c;  
if (c == 'b') pp = new Bot;  
if (c == 'h') pp = new Hero;  
...  
if (pp != NULL) pp->print();
```

Защо само статично свързване не стига

- **Пример:** създаване на обект от клас, избран от потребителя

```
Player* pp = NULL; char c;  
cin >> c;  
if (c == 'b') pp = new Bot;  
if (c == 'h') pp = new Hero;  
...  
if (pp != NULL) pp->print();
```

- Винаги се извиква `Player::print()`!

Защо само статично свързване не стига

- **Пример:** създаване на обект от клас, избран от потребителя

```
Player* pp = NULL; char c;  
cin >> c;  
if (c == 'b') pp = new Bot;  
if (c == 'h') pp = new Hero;  
...  
if (pp != NULL) pp->print();
```

- Винаги се извиква `Player::print()`!
- Няма как компилаторът да знае какво ще въведе потребителят, затова “залага на сигурното”

Защо само статично свързване не стига

- **Пример:** създаване на обект от клас, избран от потребителя

```
Player* pp = NULL; char c;  
cin >> c;  
if (c == 'b') pp = new Bot;  
if (c == 'h') pp = new Hero;  
...  
if (pp != NULL) pp->print();
```

- Винаги се извиква `Player::print()`!
- Няма как компилаторът да знае какво ще въведе потребителят, затова “залага на сигурното”
- Как да извикаме “правилния” метод?

Решение №1

Проверяваме входа от потребителя при всяка операция

```
Player* pp = NULL; char c;  
cin >> c;  
if (c == 'b') pp = new Bot;  
if (c == 'h') pp = new Hero;  
...  
if (pp != NULL) {  
    if (c == 'b') ((Bot*)pp)->print();  
    if (c == 'h') ((Hero*)pp)->print();  
    ...  
}
```

Решение №1

Проверяваме входа от потребителя при всяка операция

```
Player* pp = NULL; char c;  
cin >> c;  
if (c == 'b') pp = new Bot;  
if (c == 'h') pp = new Hero;  
...  
if (pp != NULL) {  
    if (c == 'b') ((Bot*)pp)->print();  
    if (c == 'h') ((Hero*)pp)->print();  
    ...  
}
```

Проблеми:

- Пазим “маркера” на всеки обект, за да го ползваме при всяка операция

Решение №1

Проверяваме входа от потребителя при всяка операция

```
Player* pp = NULL; char c;
cin >> c;
if (c == 'b') pp = new Bot;
if (c == 'h') pp = new Hero;
...
if (pp != NULL) {
    if (c == 'b') ((Bot*)pp)->print();
    if (c == 'h') ((Hero*)pp)->print();
    ...
}
```

Проблеми:

- Пазим “маркера” на всеки обект, за да го ползваме при всяка операция
- При добавяне на нов клас, трябва да се правят много промени по кода

Решение №1

Проверяваме входа от потребителя при всяка операция

```

Player* pp = NULL; char c;
cin >> c;
if (c == 'b') pp = new Bot;
if (c == 'h') pp = new Hero;
...
if (pp != NULL) {
    if (c == 'b') ((Bot*)pp)->print();
    if (c == 'h') ((Hero*)pp)->print();
    ...
}

```

Проблеми:

- Пазим “маркера” на всеки обект, за да го ползваме при всяка операция
- При добавяне на нов клас, трябва да се правят много промени по кода
- Много повторение на код

Решение №1

Проверяваме входа от потребителя при всяка операция

```

Player* pp = NULL; char c;
cin >> c;
if (c == 'b') pp = new Bot;
if (c == 'h') pp = new Hero;
...
if (pp != NULL) {
    if (c == 'b') ((Bot*)pp)->print();
    if (c == 'h') ((Hero*)pp)->print();
    ...
}

```

Проблеми:

- Пазим “маркера” на всеки обект, за да го ползваме при всяка операция
- При добавяне на нов клас, трябва да се правят много промени по кода
- Много повторение на код
- Грозно е

Решение №2

```
const int PLAYER = 0, HERO = 1, BOT = 2;
struct SmartPlayer {
    Player* player;
    int type;
    void print() const {
        if (type == PLAYER) player->print();
        if (type == HERO) ((Hero const*)player)->print();
        if (type == BOT) ((Bot const*)player)->print();
    }
};
SmartPlayer pp = { NULL, PLAYER }; char c;
cin >> c;
if (c == 'h') { pp.player = new Hero; pp.type = HERO; }
if (c == 'b') { pp.player = new Bot; pp.type = BOT; }
pp.print();
```

Решение №2

```

const int PLAYER = 0, HERO = 1, BOT = 2;
struct SmartPlayer {
    Player* player;
    int type;
    void print() const {
        if (type == PLAYER) player->print();
        if (type == HERO) ((Hero const*)player)->print();
        if (type == BOT) ((Bot const*)player)->print();
    }
};
SmartPlayer pp = { NULL, PLAYER }; char c;
cin >> c;
if (c == 'h') { pp.player = new Hero; pp.type = HERO; }
if (c == 'b') { pp.player = new Bot; pp.type = BOT; }
pp.print();

```

Проблеми:

- Копиране на код

Решение №2

```

const int PLAYER = 0, HERO = 1, BOT = 2;
struct SmartPlayer {
    Player* player;
    int type;
    void print() const {
        if (type == PLAYER) player->print();
        if (type == HERO) ((Hero const*)player)->print();
        if (type == BOT) ((Bot const*)player)->print();
    }
};
SmartPlayer pp = { NULL, PLAYER }; char c;
cin >> c;
if (c == 'h') { pp.player = new Hero; pp.type = HERO; }
if (c == 'b') { pp.player = new Bot; pp.type = BOT; }
pp.print();

```

Проблеми:

- Копиране на код
- SmartPlayer трябва да знае за всички наследници на Player

Какво всъщност ни трябва?

- И при двете решения:

Какво всъщност ни трябва?

- И при двете решения:
 - Програмата трябва да “помни” допълнителни неща

Какво всъщност ни трябва?

- И при двете решения:
 - Програмата трябва да “помни” допълнителни неща
 - Не можем да разширяваме лесно: промяна при всеки нов наследник на `Player`

Какво всъщност ни трябва?

- И при двете решения:
 - Програмата трябва да “помни” допълнителни неща
 - Не можем да разширяваме лесно: промяна при всеки нов наследник на Player
- Какво всъщност ни трябва?

Какво всъщност ни трябва?

- И при двете решения:
 - Програмата трябва да “помни” допълнителни неща
 - Не можем да разширяваме лесно: промяна при всеки нов наследник на Player
- Какво всъщност ни трябва?
- Всеки обект да има “етикет” от кой клас е

Какво всъщност ни трябва?

- И при двете решения:
 - Програмата трябва да “помни” допълнителни неща
 - Не можем да разширяваме лесно: промяна при всеки нов наследник на Player
- Какво всъщност ни трябва?
- Всеки обект да има “етикет” от кой клас е
- При извикване на операция, етикетът се използва, за да се определи коя предефинирана версия на метода да се използва

Динамично свързване

- Когато методът, който ще се извика, се определя **по време на изпълнение**, свързването се нарича **динамично** или **късно** (late binding)

Динамично свързване

- Когато методът, който ще се извика, се определя **по време на изпълнение**, свързването се нарича **динамично** или **късно** (late binding)
- Извиква се методът на този клас, от който е обектът, към който сочи указателя

Динамично свързване

- Когато методът, който ще се извика, се определя **по време на изпълнение**, свързването се нарича **динамично** или **късно** (late binding)
- Извиква се методът на този клас, от който е обектът, към който сочи указателя
- Обектът може да е от базовия клас или от клас-наследник

Виртуални член-функции

- C++ поддържа едновременно статично и динамично свързване

Виртуални член-функции

- C++ поддържа едновременно статично и динамично свързване
- Можем да указваме какво е свързването за всяка отделна член-функция

Виртуални член-функции

- C++ поддържа едновременно статично и динамично свързване
- Можем да указваме какво е свързването за всяка отделна член-функция
- Функция, за която свързването е динамично, се нарича **виртуална**

Виртуални член-функции

- C++ поддържа едновременно статично и динамично свързване
- Можем да указваме какво е свързването са всяка отделна член-функция
- Функция, за които свързването е динамично, се нарича **виртуална**
- **virtual** <сигнатура>;

Виртуални член-функции

- C++ поддържа едновременно статично и динамично свързване
- Можем да указваме какво е свързването са всяка отделна член-функция
- Функция, за които свързването е динамично, се нарича **виртуална**
- **virtual** <сигнатура>;
- Класове с виртуални функции се наричат **полиморфни**

Виртуални член-функции

- C++ поддържа едновременно статично и динамично свързване
- Можем да указваме какво е свързването са всяка отделна член-функция
- Функция, за която свързването е динамично, се нарича **виртуална**
- **virtual** <сигнатура>;
- Класове с виртуални функции се наричат **полиморфни**
- **Примери:**

```
class Player { ... virtual void print() const; ... };
Player p, *pp = &p;
pp->print(); // Player::print()
Hero h; pp = &h;
pp->print(); // Hero::print()
Bot b; pp = &b;
pp->print(); // Bot::print()
```


Особености на виртуалните функции

- Само член-функции могат да бъдат виртуални

Особености на виртуалните функции

- Само член-функции могат да бъдат виртуални
- Конструкторите не могат да са виртуални

Особености на виртуалните функции

- Само член-функции могат да бъдат виртуални
- Конструкторите не могат да са виртуални
 - те се извикват “преди” обектът да е създаден

Особености на виртуалните функции

- Само член-функции могат да бъдат виртуални
- Конструкторите не могат да са виртуални
 - те се извикват “преди” обектът да е създаден
- Наследяващата член-функция в производния клас **трябва** да е със същата сигнатура

Особености на виртуалните функции

- Само член-функции могат да бъдат виртуални
- Конструкторите не могат да са виртуални
 - те се извикват “преди” обектът да е създаден
- Наследяващата член-функция в производния клас **трябва** да е със същата сигнатура
 - ако сигнатурата е различна, за C++ това е друга функция

Особености на виртуалните функции

- Само член-функции могат да бъдат виртуални
- Конструкторите не могат да са виртуални
 - те се извикват “преди” обектът да е създаден
- Наследяващата член-функция в производния клас **трябва** да е със същата сигнатура
 - ако сигнатурата е различна, за C++ това е друга функция
- наследяващите функции са автоматично виртуални и **virtual** може да се пропусне

Особености на виртуалните функции

- Само член-функции могат да бъдат виртуални
- Конструкторите не могат да са виртуални
 - те се извикват “преди” обектът да е създаден
- Наследяващата член-функция в производния клас **трябва** да е със същата сигнатура
 - ако сигнатурата е различна, за C++ това е друга функция
- наследяващите функции са автоматично виртуални и **virtual** може да се пропусне
- **virtual** се пише само пред декларацията, не пред дефиницията

Видимост на виртуални функции

Общо правило: Видимостта на една виртуална функция се определя от видимостта ѝ в класа на указателя или псевдонима, през който се извиква.

Видимост на виртуални функции

Общо правило: Видимостта на една виртуална функция се определя от видимостта ѝ в класа на указателя или псевдонима, през който се извиква.

Въпроси:

- може ли `private` виртуална функция да се извика извън класа?

Видимост на виртуални функции

Общо правило: Видимостта на една виртуална функция се определя от видимостта ѝ в класа на указателя или псевдонима, през който се извиква.

Въпроси:

- може ли **private** виртуална функция да се извика извън класа?
- какъв трябва да е спецификаторът за достъп на виртуална функция в основния клас?

Видимост на виртуални функции

Общо правило: Видимостта на една виртуална функция се определя от видимостта ѝ в класа на указателя или псевдонима, през който се извиква.

Въпроси:

- може ли `private` виртуална функция да се извика извън класа?
- какъв трябва да е спецификаторът за достъп на виртуална функция в основния клас?
- какъв трябва да е спецификаторът за достъп при наследяването на основен клас с виртуална функция?

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Player* pp = &h; pp->print();`

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Player* pp = &h; pp->print();`
 - динамично свързване

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Player* pp = &h; pp->print();`
 - динамично свързване
- чрез псевдоним

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Player* pp = &h; pp->print();`
 - динамично свързване
- чрез псевдоним
 - `Player& ap = b; ap.print();`

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Player* pp = &h; pp->print();`
 - динамично свързване
- чрез псевдоним
 - `Player& ap = b; ap.print();`
 - еквивалентно на указател, динамично свързване

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Player* pp = &h; pp->print();`
 - динамично свързване
- чрез псевдоним
 - `Player& ap = b; ap.print();`
 - еквивалентно на указател, динамично свързване
- чрез указване на област

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Player* pp = &h; pp->print();`
 - динамично свързване
- чрез псевдоним
 - `Player& ap = b; ap.print();`
 - еквивалентно на указател, динамично свързване
- чрез указване на област
 - `Player::print();`

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
 - `Player p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Player* pp = &h; pp->print();`
 - динамично свързване
- чрез псевдоним
 - `Player& ap = b; ap.print();`
 - еквивалентно на указател, динамично свързване
- чрез указване на област
 - `Player::print();`
 - статично свързване, указали сме кой метод да се извика

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
 - `void Player::f() { ... print(); ... }`

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
 - `void Player::f() { ... print(); ... }`
 - еквивалентно на извикване през `this`, динамично свързване!

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
 - `void Player::f() { ... print(); ... }`
 - еквивалентно на извикване през `this`, динамично свързване!
- от конструктор на основен клас

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
 - `void Player::f() { ... print(); ... }`
 - еквивалентно на извикване през `this`, динамично свързване!
- от конструктор на основен клас
 - `Player::Player() { ... print(); ... }`

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
 - `void Player::f() { ... print(); ... }`
 - еквивалентно на извикване през `this`, динамично свързване!
- от конструктор на основен клас
 - `Player::Player() { ... print(); ... }`
 - статично свързване, обектът от производен клас още не е построен!

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
 - `void Player::f() { ... print(); ... }`
 - еквивалентно на извикване през `this`, динамично свързване!
- от конструктор на основен клас
 - `Player::Player() { ... print(); ... }`
 - статично свързване, обектът от производен клас още не е построен!
- от деструктор на основен клас

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
 - `void Player::f() { ... print(); ... }`
 - еквивалентно на извикване през `this`, динамично свързване!
- от конструктор на основен клас
 - `Player::Player() { ... print(); ... }`
 - статично свързване, обектът от производен клас още не е построен!
- от деструктор на основен клас
 - `Player::~~Player() { ... print(); ... }`

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
 - `void Player::f() { ... print(); ... }`
 - еквивалентно на извикване през `this`, динамично свързване!
- от конструктор на основен клас
 - `Player::Player() { ... print(); ... }`
 - статично свързване, обектът от производен клас още не е построен!
- от деструктор на основен клас
 - `Player::~~Player() { ... print(); ... }`
 - статично свързване, обектът от производния клас вече е разрушен!

Косвено динамично свързване

```
void Player::prettyPrint() const {  
    cout << „----- [ Player Info ] “-----;  
    print();  
    cout << „-----“-----;  
}
```

Косвено динамично свързване

```
void Player::prettyPrint() const {
    cout << „----- [ Player Info ] “-----;
    print();
    cout << „-----“-----;
}
```

Дадено е Hero h; какво ще изведат:

- `Player* pp = &h; pp->prettyPrint();`

Косвено динамично свързване

```
void Player::prettyPrint() const {
    cout << „----- [ Player Info ] “-----;
    print();
    cout << „-----“-----;
}
```

Дадено е Hero h; какво ще изведат:

- `Player* pp = &h; pp->prettyPrint();`
- `Player& ap = h; ap.prettyPrint();`

Косвено динамично свързване

```
void Player::prettyPrint() const {
    cout << „----- [ Player Info ] “-----;
    print();
    cout << „-----“;
}
```

Дадено е Hero h; какво ще изведат:

- `Player* pp = &h; pp->prettyPrint();`
- `Player& ap = h; ap.prettyPrint();`
- `Player p = h; p.prettyPrint();`

Косвено динамично свързване

```
void Player::prettyPrint() const {
    cout << „----- [ Player Info ] “-----;
    print();
    cout << „-----“;
}
```

Дадено е Hero h; какво ще изведат:

- `Player* pp = &h; pp->prettyPrint();`
- `Player& ap = h; ap.prettyPrint();`
- `Player p = h; p.prettyPrint();`
- **Извод:** “Виртуалността” **се разпростира автоматично** и сред член-функциите, които извикват член-функции

Определяне на “правилната” функция

- Не е задължително виртуална функция да има нова реализация във всеки производен клас

Определяне на “правилната” функция

- Не е задължително виртуална функция да има нова реализация във всеки производен клас
- Избира се виртуалната функция, която е “най-близко” до класа, от който е обекта

Определяне на “правилната” функция

- Не е задължително виртуална функция да има нова реализация във всеки производен клас
- Избира се виртуалната функция, която е “най-близко” до класа, от който е обекта
 - избраната функция се нарича **final override**

Определяне на “правилната” функция

- Не е задължително виртуална функция да има нова реализация във всеки производен клас
- Избира се виртуалната функция, която е “най-близко” до класа, от който е обекта
 - избраната функция се нарича **final override**
 - търсенето е отдолу-нагоре по йерархията

Определяне на “правилната” функция

- Не е задължително виртуална функция да има нова реализация във всеки производен клас
- Избира се виртуалната функция, която е “най-близко” до класа, от който е обекта
 - избраната функция се нарича **final overrider**
 - търсенето е отдолу-нагоре по йерархията
- При множествено наследяване могат да се получат нееднозначности:

Определяне на “правилната” функция

- Не е задължително виртуална функция да има нова реализация във всеки производен клас
- Избира се виртуалната функция, която е “най-близо” до класа, от който е обекта
 - избраната функция се нарича **final overrider**
 - търсенето е отдолу-нагоре по йерархията
- При множествено наследяване могат да се получат нееднозначности:
 - ако Boss не дефинираше `print()`, какво щеше да изведе следният код?
`Boss b; Player* pp = &b; pp->print();`

Определяне на “правилната” функция

- Не е задължително виртуална функция да има нова реализация във всеки производен клас
- Избира се виртуалната функция, която е “най-близко” до класа, от който е обекта
 - избраната функция се нарича **final overrider**
 - търсенето е отдолу-нагоре по йерархията
- При множествено наследяване могат да се получат нееднозначности:
 - ако Boss не дефинираше `print()`, какво щеше да изведе следният код?
`Boss b; Player* pp = &b; pp->print();`
 - нееднозначността се вижда още по време на компилация!

Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?

Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (**виртуална таблица**)

Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (**виртуална таблица**)
- В началото на всеки обект с виртуални функции се поставя указател **към виртуална таблица**

Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (**виртуална таблица**)
- В началото на всеки обект с виртуални функции се поставя указател **към виртуална таблица**
- При динамично свързване, се случва следното:

Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (**виртуална таблица**)
- В началото на всеки обект с виртуални функции се поставя указател **към виртуална таблица**
- При динамично свързване, се случва следното:
 - компилаторът изчислява номера i на извикваната виртуалната функция

Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (**виртуална таблица**)
- В началото на всеки обект с виртуални функции се поставя указател **към виртуална таблица**
- При динамично свързване, се случва следното:
 - компилаторът изчислява номера i на извикваната виртуалната функция
 - компилаторът генерира код, който

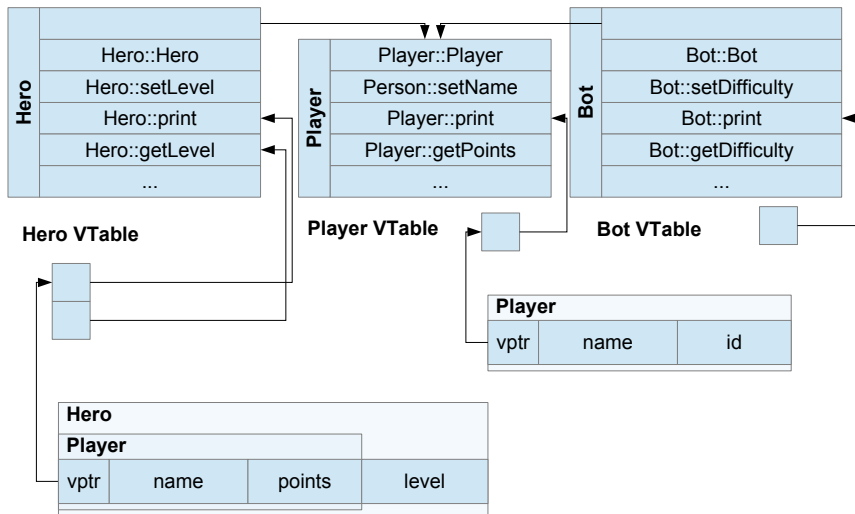
Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (**виртуална таблица**)
- В началото на всеки обект с виртуални функции се поставя указател **към виртуална таблица**
- При динамично свързване, се случва следното:
 - компилаторът изчислява номера i на извикваната виртуалната функция
 - компилаторът генерира код, който
 - намира i -тия указател във виртуалната таблица на обекта

Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (**виртуална таблица**)
- В началото на всеки обект с виртуални функции се поставя указател **към виртуална таблица**
- При динамично свързване, се случва следното:
 - компилаторът изчислява номера i на извикваната виртуалната функция
 - компилаторът генерира код, който
 - намира i -тия указател във виртуалната таблица на обекта
 - извиква функцията, която се сочи от този указател

Представяне в паметта



Виртуални таблици и множествено наследяване

- При множествено наследяване се създава по една виртуална таблица за всеки основен клас

Виртуални таблици и множествено наследяване

- При множествено наследяване се създава по една виртуална таблица за всеки основен клас
- Във всеки обект има по един указател към виртуална таблица за всеки основен клас

Виртуални таблици и множествено наследяване

- При множествено наследяване се създава по една виртуална таблица за всеки основен клас
- Във всеки обект има по един указател към виртуална таблица за всеки основен клас
- Ако имаме и виртуално наследяване, представянето става още по-сложно

Виртуални таблици и множествено наследяване

- При множествено наследяване се създава по една виртуална таблица за всеки основен клас
- Във всеки обект има по един указател към виртуална таблица за всеки основен клас
- Ако имаме и виртуално наследяване, представянето става още по-сложно
- За щастие, в рамките на този курс няма да пишем компилатор за C++

Типова информация по време на изпълнение (RTTI)

- В C++ има механизъм за намиране на типа на даден обект по време на изпълнение

Типова информация по време на изпълнение (RTTI)

- В C++ има механизъм за намиране на типа на даден обект по време на изпълнение
- `typeid(<израз>)`

Типова информация по време на изпълнение (RTTI)

- В C++ има механизъм за намиране на типа на даден обект по време на изпълнение
- `typeid(<израз>)`
- връща обект от тип `type_info`

Типова информация по време на изпълнение (RTTI)

- В C++ има механизъм за намиране на типа на даден обект по време на изпълнение
- `typeid(<израз>)`
- връща обект от тип `type_info`
 - ако <израз> е lvalue от полиморфен клас, връща динамичния тип на <израз>

Типова информация по време на изпълнение (RTTI)

- В C++ има механизъм за намиране на типа на даден обект по време на изпълнение
- `typeid(<израз>)`
- връща обект от тип `type_info`
 - ако <израз> е lvalue от полиморфен клас, връща динамичния тип на <израз>
 - иначе, връща статичния тип на <израз>

Типова информация по време на изпълнение (RTTI)

- В C++ има механизъм за намиране на типа на даден обект по време на изпълнение
- `typeid(<израз>)`
- връща обект от тип `type_info`
 - ако <израз> е lvalue от полиморфен клас, връща динамичния тип на <израз>
 - иначе, връща статичния тип на <израз>
- можем да получим името на даден тип:

```
cout << typeid(pp).name() << ' ' << typeid(*pp).name();
```

Типова информация по време на изпълнение (RTTI)

- В C++ има механизъм за намиране на типа на даден обект по време на изпълнение
- `typeid(<израз>)`
- връща обект от тип `type_info`
 - ако `<израз>` е lvalue от полиморфен клас, връща динамичния тип на `<израз>`
 - иначе, връща статичния тип на `<израз>`
- можем да получим името на даден тип:
`cout << typeid(pp).name() << ' ' << typeid(*pp).name();`
- два типа могат да се сравняват с `==` или `!=`
`typeid(p) != typeid(s), typeid(*pp) == typeid(Hero)`

Виртуални деструктори

- `Player* pp = new Bot; ... delete pp;`

Виртуални деструктори

- `Player* pp = new Bot; ... delete pp;`
- Кой деструктор ще се извика?

Виртуални деструктори

- `Player* pp = new Bot; ... delete pp;`
- Кой деструктор ще се извика?
 - статично свързване, `~Player()`

Виртуални деструктори

- `Player* pp = new Bot; ... delete pp;`
- **Кой деструктор ще се извика?**
 - статично свързване, `~Player()`
 - динамичната памет на `Bot` остава неосвободена, **изтича памет!**

Виртуални деструктори

- `Player* pp = new Bot; ... delete pp;`
- **Кой деструктор ще се извика?**
 - статично свързване, `~Player()`
 - динамичната памет на `Bot` остава неосвободена, **изтича памет!**
- Искаме да се вика правилният деструктор!

Виртуални деструктори

- `Player* pp = new Bot; ... delete pp;`
- **Кой деструктор ще се извика?**
 - статично свързване, `~Player()`
 - динамичната памет на `Bot` остава неосвободена, **изтича памет!**
- Искаме да се вика правилният деструктор!
- Можем да декларираме **деструктора като виртуален**

Виртуални деструктори

- `Player* pp = new Bot; ... delete pp;`
- **Кой деструктор ще се извика?**
 - статично свързване, `~Player()`
 - динамичната памет на `Bot` остава неосвободена, **изтича памет!**
- Искаме да се вика правилният деструктор!
- Можем да декларираме **деструктора като виртуален**
- Тогава свързването е динамично и ще се извика деструкторът на `Bot`