Dynamicky vázané metody

Pozdní vazba, virtuální metody

Motivace ...

```
class TBod
{
 protected:
   float x,y;
 public:
   int vrat_pocet_bodu() {return 1; }
};
```

- od třídy `TBod` odvodíme:

```
class TUsecka: public TBod
{
 protected:
   float x2,y2;
 public:
   int vrat_pocet_bodu() {return 2;}
};
```

- platí: objekt potomka je možné přiřadit do objektu předka, totéž platí i o ukazatelích

```
void main(void)
{
  TBod b1, *b;
  TUsecka u;

  b = &b1;
  b->vrat_pocet_bodu();
  b = &u;
  b->vrat_pocet_bodu();
}
```

Otázka:
Jaká se zde vyvolá metoda?
Od třídy TBod nebo TUsecka?

Odpověď:

- v obou případech se vyvolá metoda třídy `TBod`, protože `b` je ukazatel na `TBod`; rozhodnutí, jaká metoda se volá, se provádí *staticky* při překladu podle typu proměnné, resp. typu ukazatele
- určitě by bylo výhodné mít mechanismus, který rozhodne o volání metody *dynamicky,* za běhu programu, podle toho, na jakou instanci ukazatel právě ukazuje

- tento mechanismus objektové jazyky většinou poskytují
- nazývá se mechanismus tzv. *pozdní vazby (late binding)*; příslušné metody se označují jako *dynamicky vázané metody*
- implementace v C++ se provádí pomocí tzv. **virtuálních metod**
  - metody, které chceme vázat dynamicky, označíme klíčovým slovem `virtual`

- pravidlo:
  - **„jednou virtuální, vždy virtuální“**
  - chceme-li mít funkci virtuální, musíme ji označit jako virtuální ve všech třídách (základní i odvozených)
  - klíčové slovo **`virtual`** píšeme pouze při deklaraci třídy, ne při implementaci metod!
  - lze je naprogramovat jako inline, ale nemá to smysl (proč?)

```
class TBod {
 protected:
  float x,y;
 public:
  virtual int vrat_pocet_bodu();
};

class TUsecka: public TBod {
 protected:
  float x2,y2;
 public:
  virtual int vrat_pocet_bodu();
};
```

```
int TBod::vrat_pocet_bodu()
{
  return 1;
}
```

Při implementaci se již klíčové slovo `virtual` nepíše

```
int TUsecka:: vrat_pocet_bodu()
{
  return 2;
}
```

```
void main(void)
{
  TBod b1, *b;
  TUsecka u;

  b = &b1;
  b->vrat_pocet_bodu();
  b = &u;
  b->vrat_pocet_bodu();
}
```

Zde se vyvolá metoda ze třídy TBod

Zde se vyvolá metoda ze třídy TUsecka

- funguje to samozřejmě i u objektů vytvořených dynamicky

```
void main(void)
{
  TBod *b;

  b = new TBod;
  b->vrat_pocet_bodu();
  delete b;
  b = new TUsecka;
  b->vrat_pocet_bodu();
  delete b;
 }
```

- **POZOR:** volání virtuálních metod funguje "dynamicky" jen přes ukazatele

```
void main(void)
{
  TBod b1, b;
  TUsecka u;

  b = b1;
  b.vrat_pocet_bodu();
  b = u;
  b.vrat_pocet_bodu();
}
```

Vždy se vyvolá metoda ze třídy TBod

Jak je to implementováno uvnitř?

- adresy virtuálních metod jsou za běhu programu uloženy v *tabulce virtuálních metod* (VMT – virtual method table)
- při běhu programu se před voláním virtuální metody zjistí, na instanci které třídy ukazatel ukazuje a adresa metody se vyhledá v tabulce
- režie způsobí zpomalení běhu programu

Poznámka:

- příklad je pouze ilustrativní, ale ve skutečnosti by jej asi nikdo takto neřešil
- lepší řešení:
  - ve společném předkovi zavedeme atribut `pocet_rid_bodu`
    - jeho hodnotu nastavíme v konstruktoru každého potomka na správnou hodnotu
  - metoda `vrat_pocet_bodu()` nebude virtuální a bude implementována již v předkovi

Čisté virtuální metody
Abstraktní třídy

- velmi často se v OOP definuje jedna třída, která je obecným a společným předkem několika potomků
- některé virtuální metody v této třídě nemají žádný kód, protože jej **nemá smysl implementovat nebo se implementovat** ve společném předkovi ani nedá
  - kód se implementuje až v jednotlivých potomcích

- metody *bez kódu* ve společném předkovi se označují jako **čisté virtuální metody**; v hlavičce třídy se deklarují takto:

```
virtual int metoda()=0;
```

- třída, která má alespoň jednu čistou virtuální metodu, se nazývá **abstraktní třída**
  - abstraktní třída nemůže mít žádnou instanci
- v programu se proměnné od abstraktní třídy používají pouze jako *ukazatelé;* ukazují pak na instanci nějakého potomka; virtuální metody se volají dle toho, na jakou instanci ukazují

Příklad - konečný automat

- abstraktní třída TAutomat (předek)
  - čistá virtuální metoda:
  - `odezva(int *vst, int *vyst, int n)`
    - počítá výstupní posloupnost na vstupní posloupnost délky n
- potomci TMoore a TMealy
  - virtuální metody, které vypočítají pro každý typ automatu ze zadané vstupní posloupnosti výstupní posloupnost stejné délky
  - metodu odezva nelze napsat v předkovi, protože každý z automatů počítá posloupnost jinak

```
main ()
{
  TAutomat *a;
  int typ;
  cout << "Jaky automat (1=Moore, 2=Mealy)";
  cin >> typ;
  if (typ==1) a=new TMoore(); else a=new TMealy();
  a -> nastav_prechod(…);
  a -> nastav_vystup(…);
  a -> odezva(…);

  delete a;
}
```

Kdybychom neměli dynamicky vázané metody …

```
main ()
{
  TAutomat *a;
  int typ;
  cout << "Jaky automat (1=Moore, 2=Mealy)";
  cin >> typ;
  if (typ==1) a=new TMoore(); else a=new TMealy();
  if (typ==1) (Tmoore*)a->nastav_prechod(…);
  else (Tmealy*)a->nastav_prechod();
  atd.

  delete a;
}
```

Bez společného předka

```
main ()
{
  TMoore *a1, TMealy *a2;
  int typ;
  cout << "Jaky automat (1=Moore, 2=Mealy)";
  cin >> typ;
  if (typ==1) a1=new TMoore(); else a2=new TMealy();
  if (typ==1) a1->nastav_prechod(…);
  else a2->nastav_prechod();
  atd.

  if (typ==1) delete a1; else delete a2;
}
```

Další výhoda (společného) předka

- pravidlo z minulé přednášky:
  - do předka lze přiřadit potomka
- uplatnění:
  - pokud je formálním parametrem nějaké metody ukazatel na předka, můžeme jako skutečný parametr uvést libovolného potomka

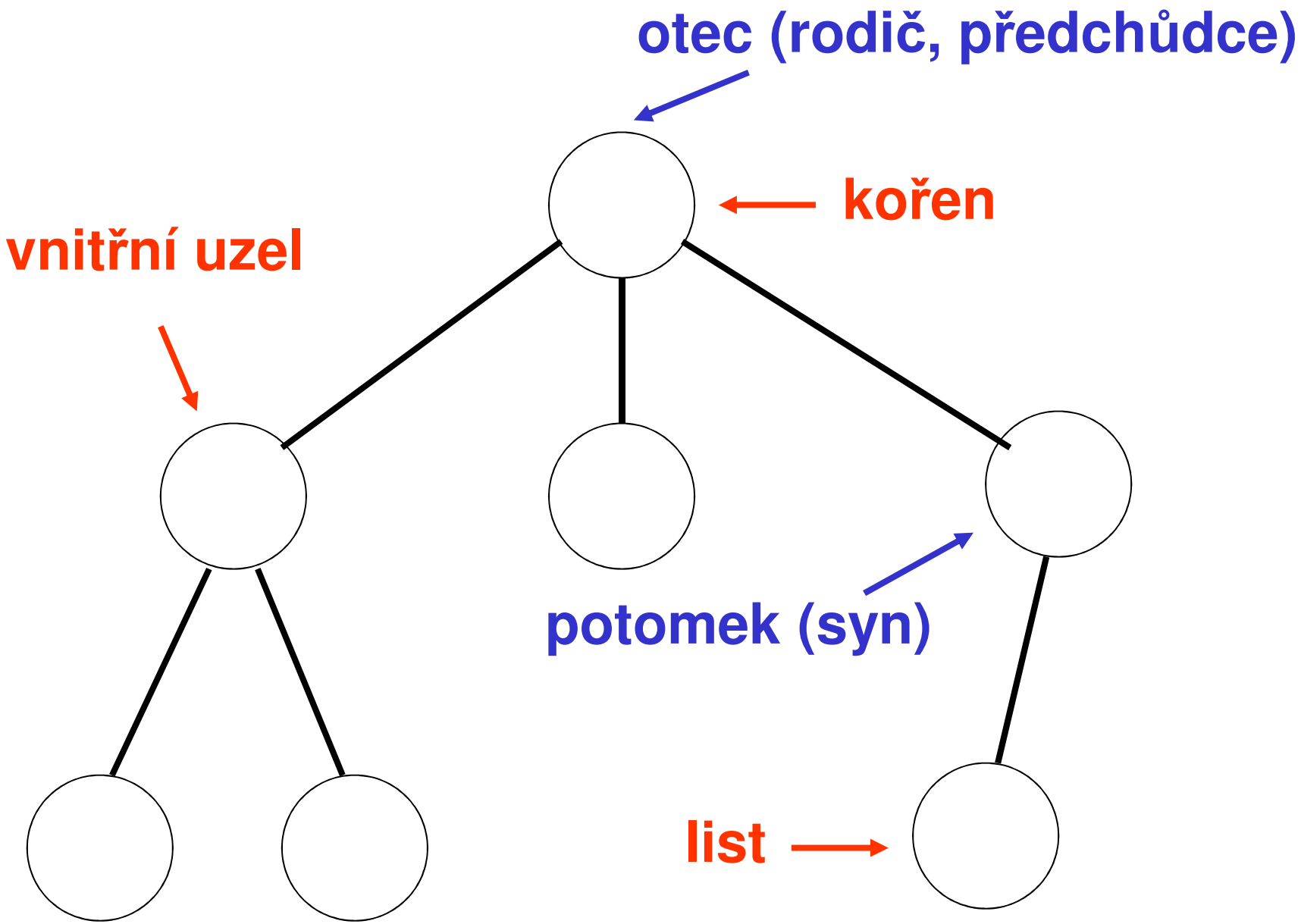
Úkol

- Implementujte abstraktní třídu TUtvar jako společného předka 2D-útvarům. Od třídy odvoďte 2 potomky - třídu TKruh a TObdelnik. Naimplementujte čistou virtuální metodu obsah, která vypočítá obsah útvaru. Uchovávejte počet řídicích bodů ve společném předkovi a název útvaru. Vyzkoušejte v hlavním programu ve stylu ukázky s konečným automatem.

Stromy

Strom:

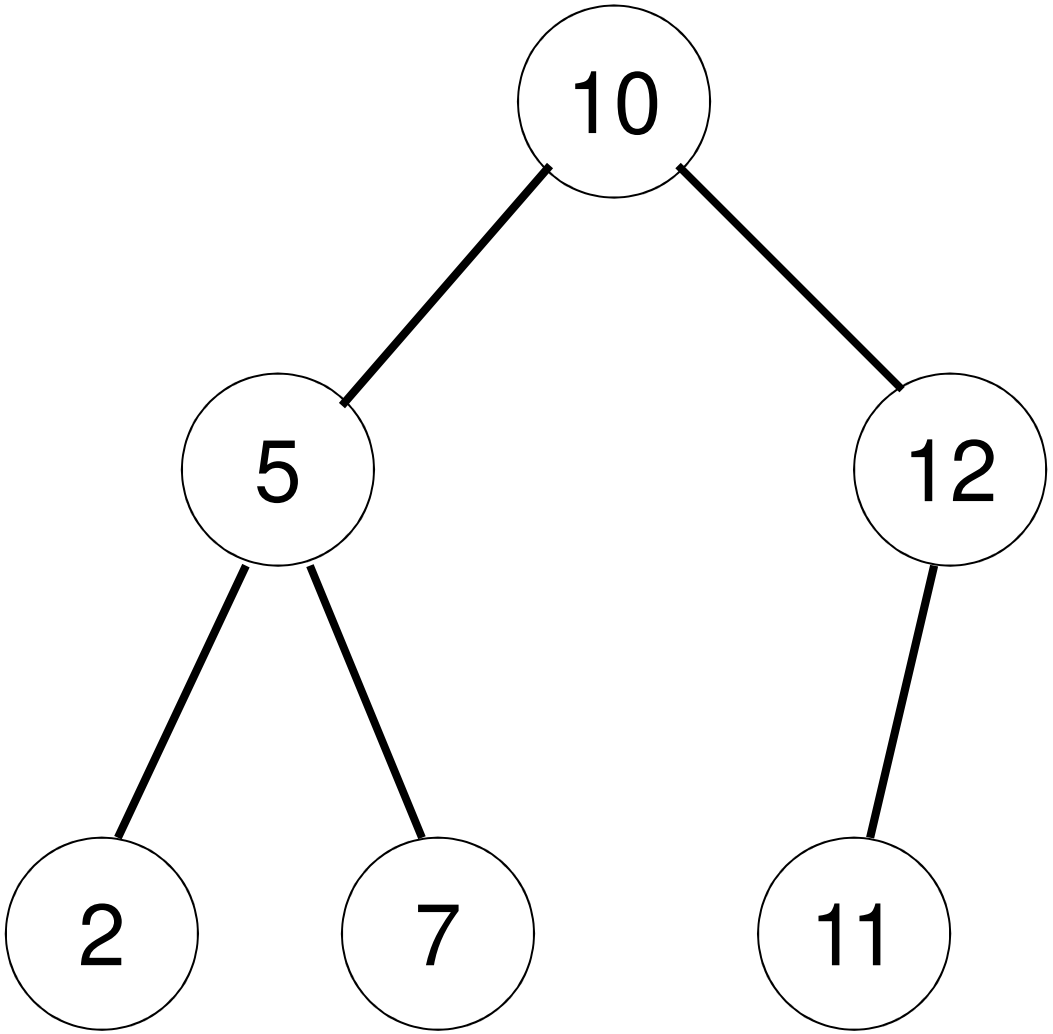
- souvislý graf bez kružnic
- využití:
  - počítačová grafika – seznam objektů
  - efektivní vyhledávání
  - výpočetní stromy (rozhodování,…)


otec (rodič, předchůdce)
kořen
vnitřní uzel
potomek (syn)
list

Binární strom

- každý uzel má maximálně dva potomky
- uspořádaný binární strom
  - uzly jsou ohodnoceny prvky (čísly,…)
  - potomek na levé straně má vždy menší hodnotu nebo rovnu než rodič
  - potomek na pravé straně má vždy větší hodnotu
  - uspořádané binární stromy se využívají zejména jako vyhledávací stromy; složitost hledání je v průměrném případě $log_2 n$

Uspořádaný binární strom



- binární strom je nejčastěji reprezentován ukazatelem na kořen (obecně na uzel)
- operace nad stromem jsou rekurzivní

```
class TStrom {
  class TUzel {
   public:
    int hodnota;
    TUzel *levy;
    TUzel *pravy;
    TUzel(int x, TUzel *l, TUzel *p);
  };
  TUzel *strom;
  int najdi(TUzel *u, int x);
  void pridej(TUzel **u, int x);
  void zrus(TUzel *u);
 public:
  void vloz_prvek(int prvek);
  int hledej(int prvek);
  TStrom();
  ~TStrom();
};
```

```
TStrom::TUzel::TUzel(int x, TUzel *l,
  TUzel *p)
{
  hodnota = x; levy = l; pravy = p;
}

int TStrom::najdi(TUzel *u, int x)
{
  if (u==NULL) return 0;
  if (u->hodnota==x) return 1;
  if (x < u->hodnota)
    return najdi(u->levy,x);
  else
    return najdi(u->pravy,x);
}
```

```
int TStrom::hledej(int prvek)
{
  return najdi(strom,prvek);
}

void TStrom::pridej(TUzel **u, int x)
{
 if (*u == NULL)
   *u = new TUzel(x,NULL,NULL);
 else
  if (x <= (*u)->hodnota)
    pridej(&((*u)->levy),x);
  else pridej(&((*u)->pravy),x);
}
```

```
void TStrom::vloz_prvek(int prvek)
{
  pridej(&strom,prvek);
}

void TStrom::zrus(TUzel *u)
{
  if (u==NULL) return;
  zrus(u->l); zrus(u->p);
  delete u;
}
```

```
TStrom::TStrom()
{
  strom = NULL;
}

TStrom::~TStrom()
{
  zrus(strom);
}
```

Metodu přidej lze napsat i lépe

```
TStrom::TUzel* TStrom::pridej(TUzel *u, int x)
{
 if (u == NULL)
   return new TUzel(x,NULL,NULL);
 else
  if (x <= u->hodnota)
    u->levy = pridej(u->levy,x);
  else
    u->pravy = pridej(u->pravy,x);
 return u;
}
```

Nová metoda vložení prvku do stromu

```
void TStrom::vloz_prvek(int prvek)
{
  strom = pridej(strom,prvek);
}
```

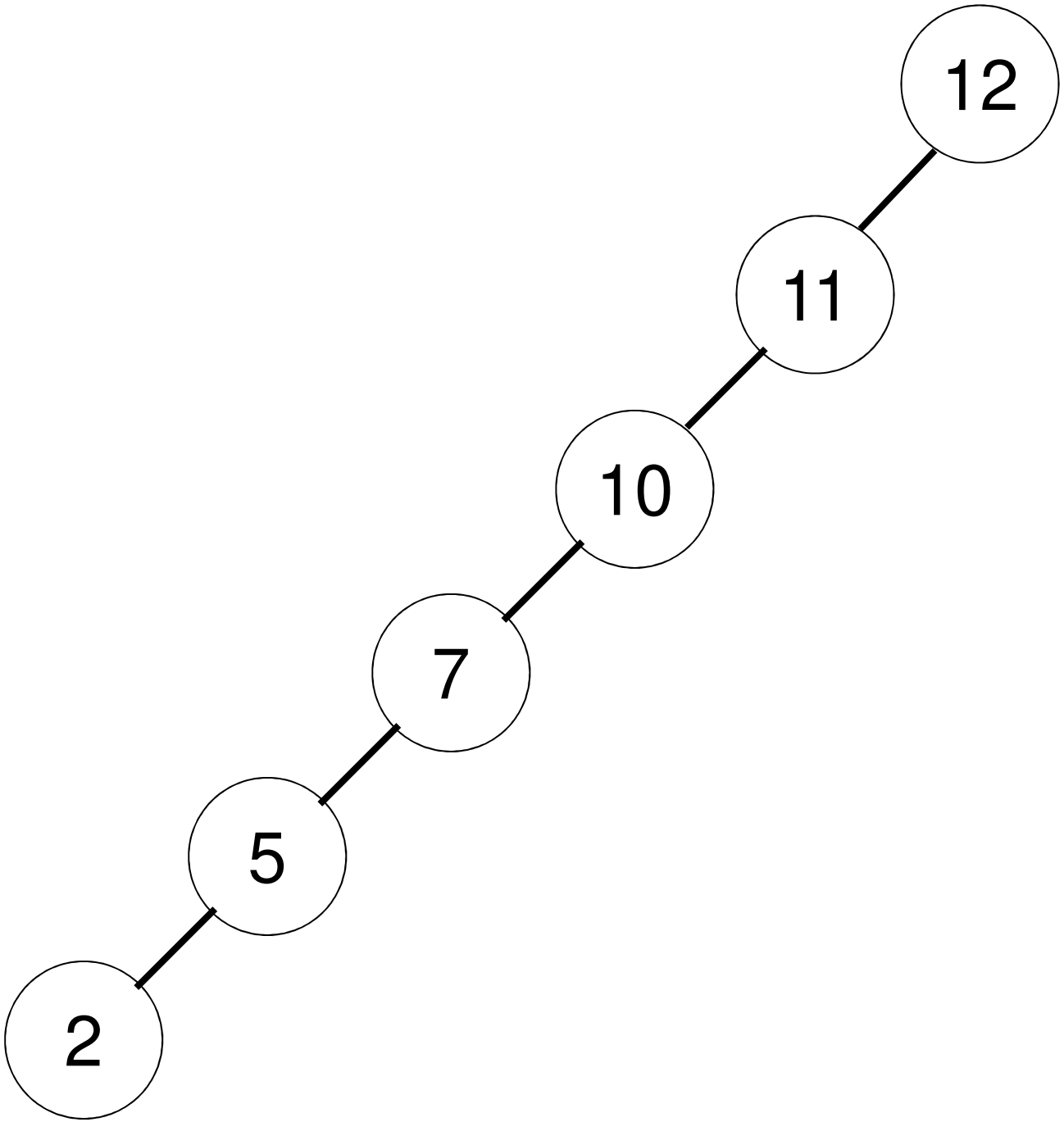
```
void main(void)
{
  TStrom s;
  s.vloz_prvek(10);
  s.vloz_prvek(5);
  s.vloz_prvek(7);
  s.vloz_prvek(2);
  s.vloz_prvek(12);
  s.vloz_prvek(11);

  s.hledej(5);
}
```

Jaký vznikne strom nyní?

```
void main(void)
{
  TStrom s;
  s.vloz_prvek(10);
  s.vloz_prvek(5);
  s.vloz_prvek(7);
  s.vloz_prvek(2);
  s.vloz_prvek(11);
  s.vloz_prvek(12);



}
```

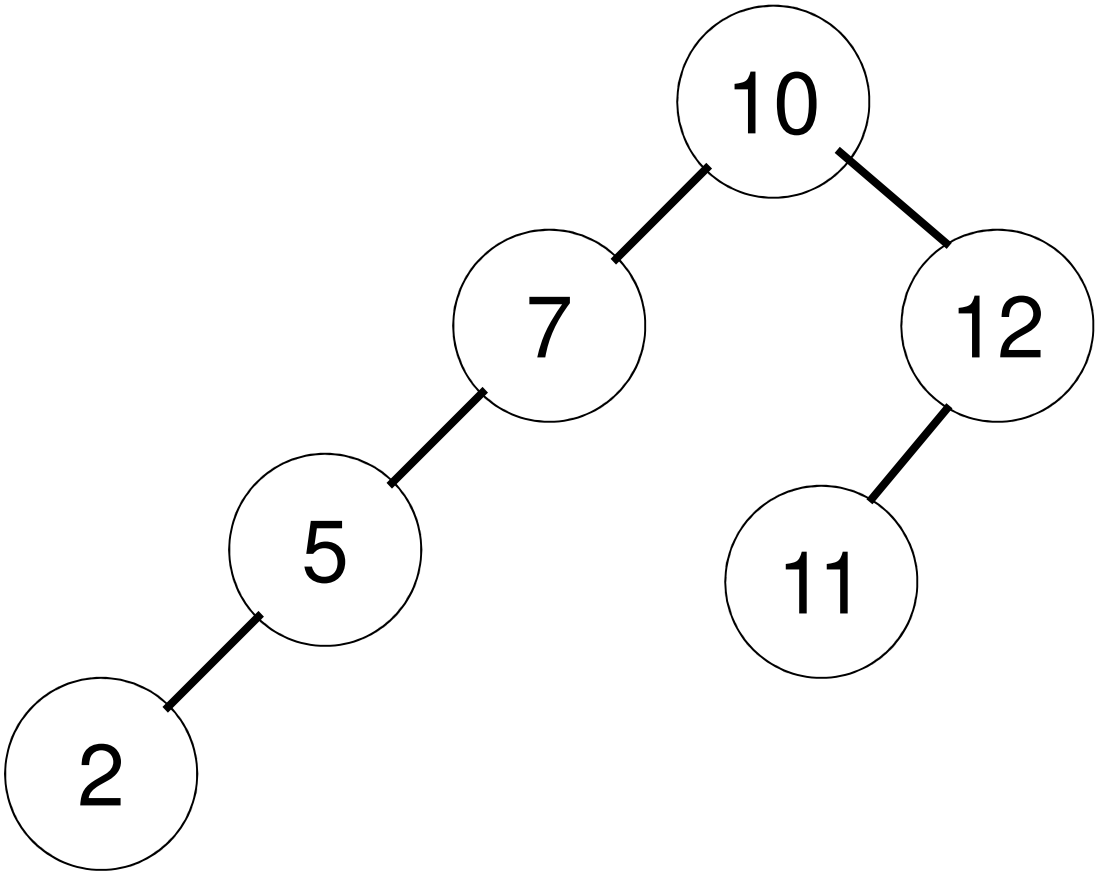
A nyní?

```
void main(void)
{
  TStrom s;
  s.vloz_prvek(12);
  s.vloz_prvek(11);
  s.vloz_prvek(10);
  s.vloz_prvek(7);
  s.vloz_prvek(5);
  s.vloz_prvek(2);

}
```

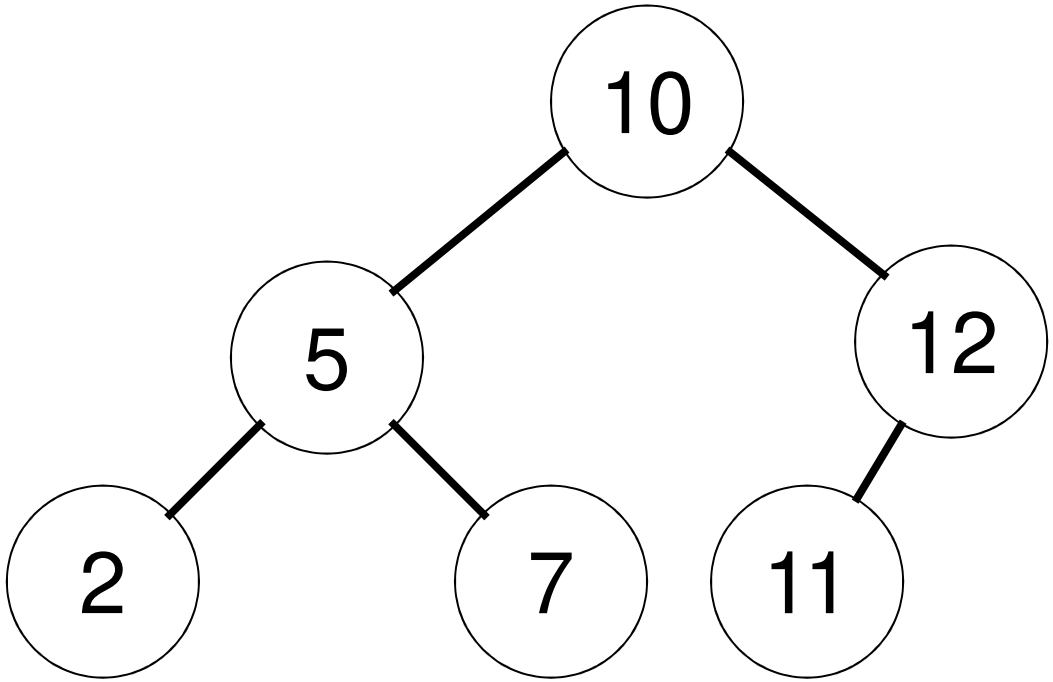

12
11
10
7
5
2

Snaha je vytvořit strom, kde výška levé a pravé větve se liší maximálně o 1. To musí platit pro libovolný podstrom. Pokud tomu tak není, strom se vyvažuje pomocí operace rotace uzlů.

Nevyvážený strom



Vyvážení



Jak využít dědičnost a virtuální metody u binárního stromu?

- binární strom má tři typy uzlů:
  - uzel se dvěma potomky
  - uzel s levým potomkem
  - uzel s pravým potomkem
  - list
- vytvoříme abstraktní třídu TUzel, od ní odvodíme čtyři třídy pro každý typ uzlu; metoda hledej pak bude virtuální

- takto implementovat jednoduchý binární strom je spíše přístup „s kanónem na vrabce“
- ale poměrně přehledně demonstruje abstraktní třídy a virtuální metody
- příklad: strom2
- náročnější je přidání prvků do stromu
  - zkuste přijít na to, jak to funguje