Datové struktury

Obsah přednášky:

- Definice pojmů
  - datový typ,
  - abstraktní datový typ

- Abstraktní datové typy a jejich implementace
  - Fronta (Queue)
  - Zásobník (Stack)
  - Množina (Set)

Datové struktury

- Klasická kniha o programování
  N. Wirth: Algorithms + Data structures = Programs

- **Datová struktura (typ)** = množina dat + operace s těmito daty

- **Abstraktní datový typ** - formálně definuje data a operace s nimi, např.
  - Fronta (Queue)
  - Zásobník (Stack)
  - Pole (Array)
  - Tabulka (Table)
  - Seznam (List)
  - Strom (Tree)
  - Množina (Set)

Abstraktní datový typ

- **Abstraktní datový typ** je množina *druhů dat* (hodnot) a příslušných *operací*, které jsou přesně specifikovány, a to *nezávisle na konkrétní implementaci*.

- Definovat lze
  - **Matematicky** – signatura a axiomy
  - Jako **rozhraní (interface)** s popisem operací

    Interface poskytuje
    - konstruktor, který vrací abstraktní odkaz a
    - operace, které akceptují odkaz jako argument a které mají přesně definovaný účinek na data

Příklad1: ADT - popis matematicky I

- **Datový typ boolean**
  - **Syntaxe** popisuje, jak správně vytvořit logický výraz:
    1. true, false jsou logické výrazy,
    2. if x,y jsou logické výrazy, pak
       i. ! (x) - negace
       ii. (x & y) - logický součin (and)
       iii. (x | y) - logický součet (or)
       iv. (x==y), (x!=y) - relační operátory

       jsou logické výrazy.

       Pokud nechceme u každé operace psát závorky, musíme definovat priority operátorů.
  - **Sémantika** popisuje význam jednotlivých operací.
    Lze definovat pomocí axiomů:

    1) !(true) = false
    2) !(false) = true
    3) x & false = false
    4) x & true = x
    5) x & y = y & x
    6) x | true = true
    7) x | false = x
    8) x | y = y | x

Příklad1: ADT - popis matematicky II

- **Datový typ boolean**
  - **Sémantika**, pokračování

    9) true == true = true 10) true == false = false

    11) false == false = true 12) false == true = false

Příklad1: ADT - popis matematicky II

- **Datový typ boolean**
  - **Sémantika**, pokračování

    9) true == true = true 10) true == false = false

    11) false == false = true 12) false == true = false

    nebo lépe(vhodnější pro úpravy):

    9) true == x = x 10) false == x = !x

    11) x==y = y==x

    … dále by následovala sémantika pro !=

Příklad2: ADT - programově

```
public interface Citac {
   public int getHodnota();
   public void zvetsi();
   public void zmensi();
   public void reset();
}
```

Abstraktní datový typ, pouze rozhraní

```
public class MujCitac implements Citac {
   private int hodnota = 0;
   public int getHodnota(){return hodnota;}
   public void zvetsi(){hodnota++;}
   public void zmensi(){hodnota--;}
   public void reset(){hodnota = 0;}
}
```

Implementace datového typu

Pro uživatele je implementace skryta, používá jen veřejné metody objektu.

Dělení (abstraktních) datových typů

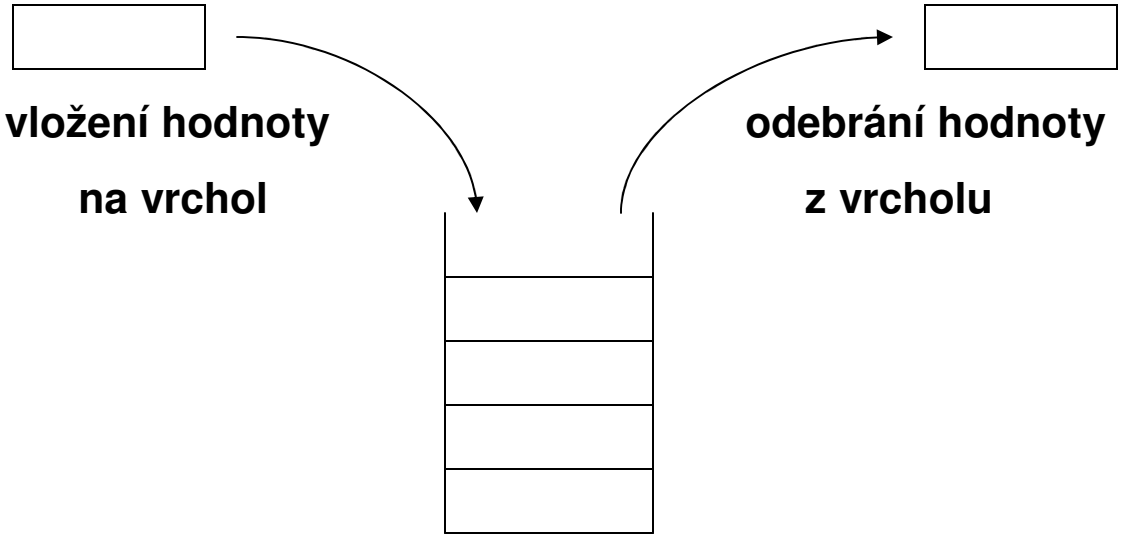
- **Počet položek**:
  - **neměnný** = statický datový typ, počet položek je konst. (pole, řetězec, třída)
  - **proměnný** = dynamický datový typ, počet složek je proměnný, mezi operace patří vložení, odebrání určitého prvku

- **Typ položek**, dat:
  - **homogenní** = všechny položky stejného typu
  - **nehomogenní** = položky mohou být různého typu

- **Existence bezprostředního následníka**
  - **lineární** = existuje (např. pole, fronta, seznam,…)
  - **nelineární** = neexistuje (strom, tabulka,…)

Zásobník (Stack)

- Je to **dynamická datová struktura**, umožňující vkládání a odebírání hodnot, přičemž naposledy vložená hodnota se odebere jako první.
- Je to paměť typu **LIFO** (zkratka z angl. Last-In First-Out; poslední dovnitř, první ven)



- **Základní operace**:
  - **vložení hodnoty** na vrchol zásobníku
  - **odebrání hodnoty** z vrcholu zásobníku
  - **test na prázdnost zásobníku**

Zásobník

- Příklad třídy realizující zásobník znaků:

```
class ZasobnikZnaku {
    public ZasobnikZnaku() {...}
    public void vloz(char z) { ... }
    public char odeber() { ... }
    public boolean jePrazdny() { ... }
    ...
}
```

- Poznámky
  - v angličtině se operace nad zásobníkem obvykle jmenují *push*, *pop* a *isEmpty*
  - pro zásobník může být definována ještě operace čtení hodnoty z vrcholu zásobníku bez jejího odebrání (v angl. *top* či *peek*)
- Implementací zásobníku se prozatím nebudeme zabývat, ukážeme si nejprve jeho použití.

Příklad použití zásobníku

- **Kontrola párování závorek** - program, který přečte výraz obsahující tři druhy závorek a zkontroluje jejich správné párování
  - příklad správného párování: { [ ] ( ) }
  - příklad nesprávného párování: { [( ]) }

- Nástin řešení:
  1. Postupně projdeme všechny znaky tvořící výraz. Pro každý znak mohou nastat tři případy:
     - znakem je otevírací závorka: Uložíme ji do zásobníku.
     - znakem je zavírací závorka: Ze zásobníku (musí být neprázdný) odebereme naposledy uloženou otevírací závorku a zjistíme, zda odpovídá zavírací závorce. Pokud neodpovídá, tak nastala chyba párování.
     - jiný znak: Žádná operace.
  2. Po zpracování všech znaků výrazu musí být zásobník prázdný (pokud není, pak chybí zavírací závorky).

Párování závorek

- **Pomocné funkce:**

```
static boolean jeOteviraci(char z) {
   return z=='(' || z=='[' || z=='{';
}
static boolean jeZaviraci(char z) {
   return z==')' || z==']' || z=='}';
}
static char zaviraciK(char z) {
   if (z=='(') return ')';
   if (z=='[') return ']';
   if (z=='{') return '}';
   return z;
}
static void chyba(String str) {
   Systém.out.println( " chyba: " + str);
   System.exit(0);
}
```

Párování závorek

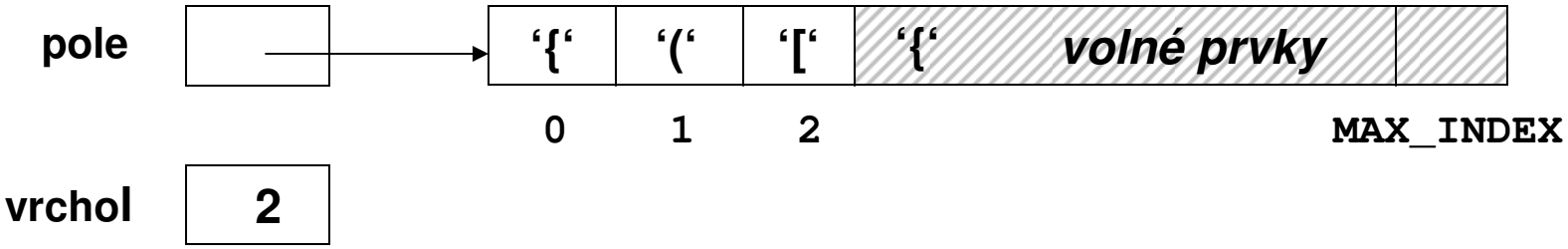
- **Hlavní metoda:**

```
public class Zavorky {
    public static void main(String[] args) {
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        ZasobnikZnaku zasobnik = new ZasobnikZnaku();
        Systém.out.println( "zadejte radek se zavorkami" );
        String str = sc.nextLine();
        int i;
        for (i=0; i<str.length(); i++) {
            char znak = str.charAt(i);
            System.out.print(znak);
            if (jeOteviraci(znak)) zasobnik.vloz(znak);
            else if (jeZaviraci(znak)) {
                if (zasobnik.jePrazdny())
                    chyba( "k zavorce chybi otevíraci" );
                char ocekavany = zaviraciK(zasobnik.odeber());
                if (znak!=ocekavany)
                    chyba( "ocekava se " + ocekavany);
            }
        }
```

Párování závorek

```
    if ( !zasobnik.jePrazdny() ) {
        String chybi = "" ;
        do {
            chybi = chybi + zasobnik.odeber();
        } while ( !zasobnik.jePrazdny() );
        chyba( "chybi zaviraci zavorky k " + chybi );
    }
    Systém.out.println();
}
```

Implementace zásobníku polem




```
class ZasobnikZnaku {
   static final int MAX_INDEX = 99;
   private char[] pole;
   private int vrchol;

   public ZasobnikZnaku() {    // konstruktor
      pole = new char[MAX_INDEX+1];
      vrchol = -1;
   }
```

Implementace zásobníku polem

```
    public void vloz(char z) {
        if ( vrchol==MAX_INDEX )
            throw new RuntimeException( "plný zásobník" );
        pole[++vrchol] = z;
    }

    public char odeber() {
        if ( vrchol<0 )
            throw new RuntimeException( "prázdný zásobník" );
        return pole[vrchol--];
    }

    public boolean jePrazdny() {
        return vrchol<0;
    }
}
```

Pozor na správnou posloupnost akcí!

- Poznámka: *RuntimeException* je třída výjimek, jejichž šíření z metody netřeba deklarovat v hlavičce metody.

Implementace zásobníku rozšiřitelným polem

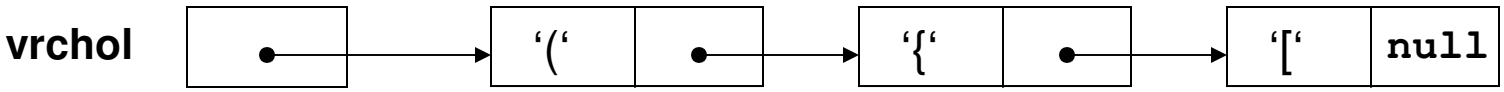
- Při vkládání do plného zásobníku lze vytvořit nové, větší pole a původní pole do něj zkopírovat.

```
public class ZasobnikZnaku2 {
   private char[] pole;
   private int vrchol;

   public ZasobnikZnaku2() {
      pole = new char[2];
      vrchol = -1;
   }

   public void vloz(char z) {
      if (vrchol==pole.length-1) {
         char[] nove = new char[2*pole.length];
         System.arraycopy(pole,0,nove,0,pole.length);
         pole = nove;
      }
      pole[++vrchol] = z;
   }
   ...
}
```

dvojnásobná velikost nového pole zaručuje průměrnou konstantní dobu vložení jednoho prvku

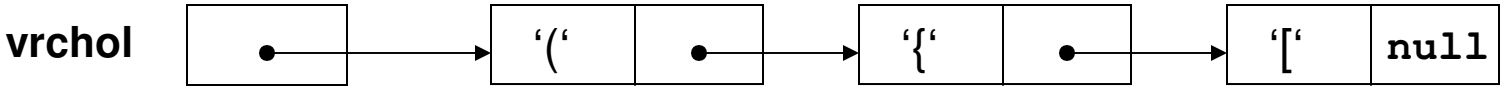
Implementace zásobníku spojovým seznamem

- **Spojový seznam** je datová struktura, jejíž prvky tvoří posloupnost a každý prvek obsahuje odkaz na další prvek seznamu.




```
class Prvek {
    char hodn;
    Prvek dalsi;
    public Prvek(char h, Prvek p) {
       hodn = h; dalsi = p;
    }
}
class ZasobnikZnaku {
    private Prvek vrchol;
    public ZasobnikZnaku() {
       vrchol = null;
    }
}
```

Implementace zásobníku spojovým seznamem

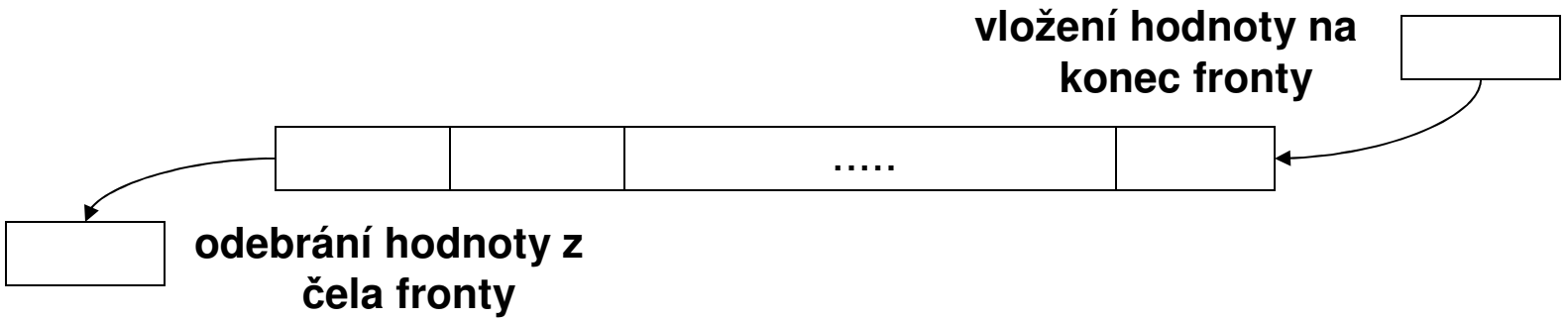



```
    public void vloz(char z) {
        vrchol = new Prvek(z, vrchol);
    }
    public char odeber() {
        if (vrchol==null)
            throw new RuntimeException( "prazdny zasobnik" );
        char vysl = vrchol.hodn;
        vrchol = vrchol.dalsi;
        return vysl;
    }
    public boolean jePrazdny() {
        return vrchol==null;
    }
}
```

Fronta (Queue)

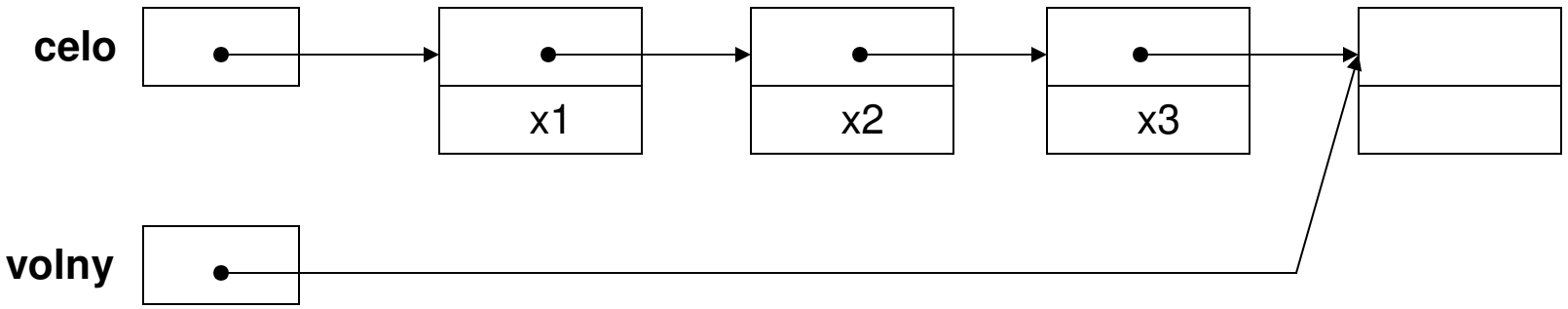
- **Fronta** je datová struktura v níž se hodnoty odebírají v tom pořadí, v jakém byly vloženy.

  Je to paměť typu **FIFO** (zkratka z angl. First-In First-Out; první dovnitř, první ven).



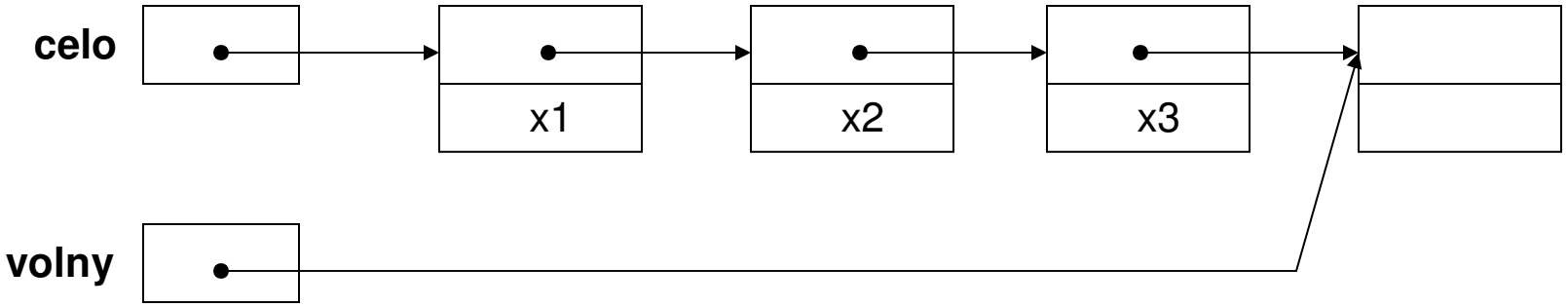
- **Implementace fronty**:
  - pomocí pole
  - pomocí spojového seznamu

Implementace fronty spojovým seznamem




```
class PrvekFronty {
   PrvekFronty dalsi;
   int hodn;
}
```

Implementace fronty spojovým seznamem



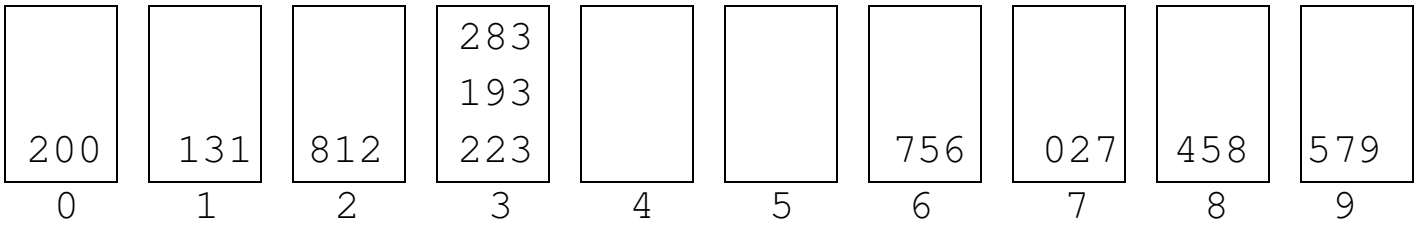

```
public class FrontaCisel {
   private PrvekFronty celo;
   private PrvekFronty volny;
   public FrontaCisel() {
      celo = new PrvekFronty();
      volny = celo;
   }
   public void vloz(int x) {
      volny.hodn = x;
      volny.dalsi = new PrvekFronty();
      volny = volny.dalsi;
   }
```

Implementace fronty spojovým seznamem

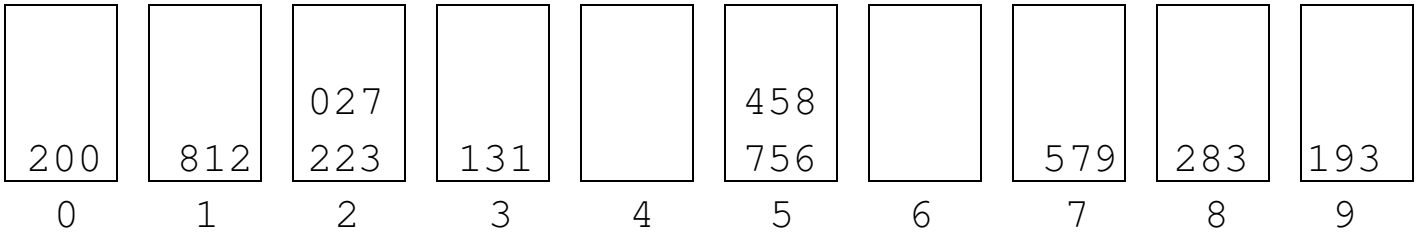
```
    public int odeber() {
        if (jePrazdna())
            throw new RuntimeException( " prazdna fronta" );
        int vysl = celo.hodn;
        celo = celo.dalsi;
        return vysl;
    }
    public boolean jePrazdna() {
        return celo == volny;
    }
}
```

Použití fronty: přihrádkové řazení

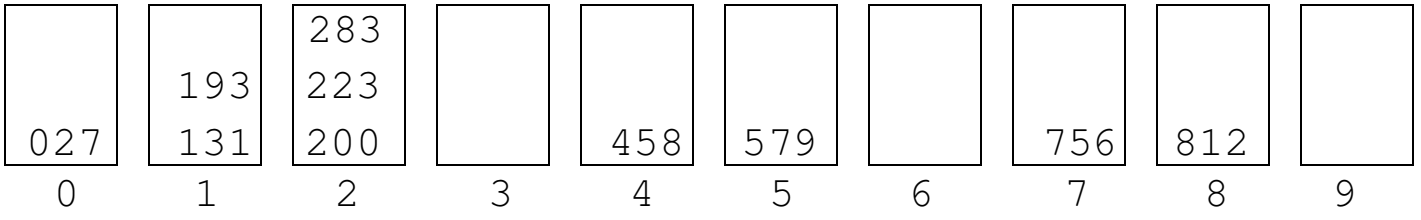
- **1. průchod** 223 131 458 193 756 812 027 579 283 200
  rozdělení podle poslední číslice



- **2. průchod** 200 131 812 223 193 283 756 027 458 579
  rozdělení podle druhé číslice



- **3. průchod** 200 812 223 027 131 756 458 579 283 193
  rozdělení podle první číslice



Výstup: **027 131 193 200 223 283 458 579 756 812**

Použití fronty: přihrádkové řazení

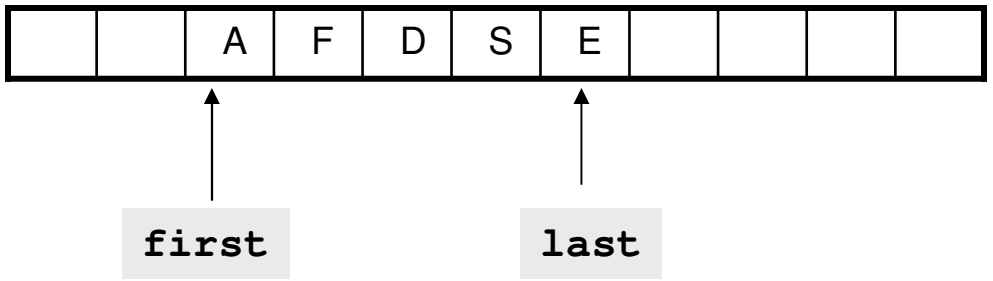
```
static int hexCislice(int x, int r) {// snazší manipulace v hexadec.
   return (x >> 4*r) & 0xF;
}
static void caseSort(int[] pole) {
   FrontaCisel[] prihradky = new FrontaCisel[16];//16 šuplíků
   int r, j, c;
   for ( c=0; c<prihradky.length; c++ )
      prihradky[c] = new FrontaCisel();// každý šuplík je fronta
   for ( r=0; r<8; r++ ) {
      // rozskatulkuj
      for ( j=0; j<pole.length; j++ )
         prihradky[hexCislice(pole[j],r)].vloz(pole[j]);
      // seraď
      j = 0;
      for ( c=0; c<prihradky.length; c++ )
         while ( !prihradky[c].jePrazdna() )
            pole[j++] = prihradky[c].odeber();
   }
}
```

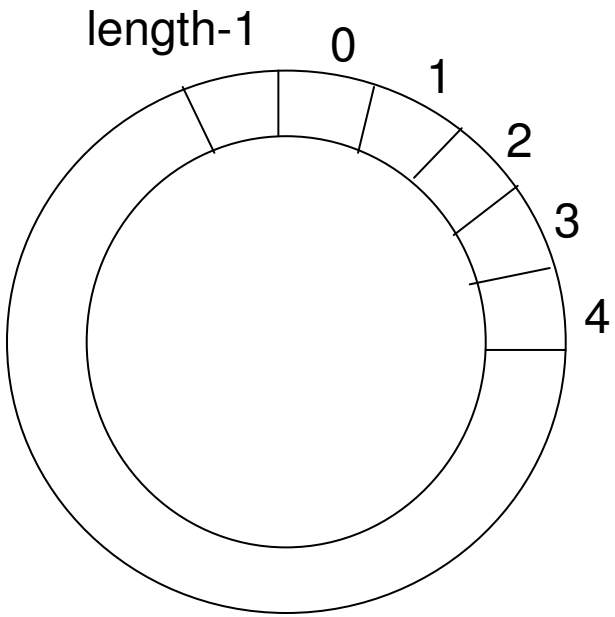
vlastní třídění

Implementace fronty - kruhový buffer

- **Implementace pomocí pole**.

  Dva ukazatele
  - **`first`**, ukazatel na první prvek fronty, bude první čten
  - **`last`**, ukazatel na poslední prvek, sem se přidává





Implementace fronty - kruhový buffer, příklad

- Fronta je prázdná, pokud

  `last == first`

- Po vložení (výběru) prvku se nová hodnota ukazatele vypočítá:

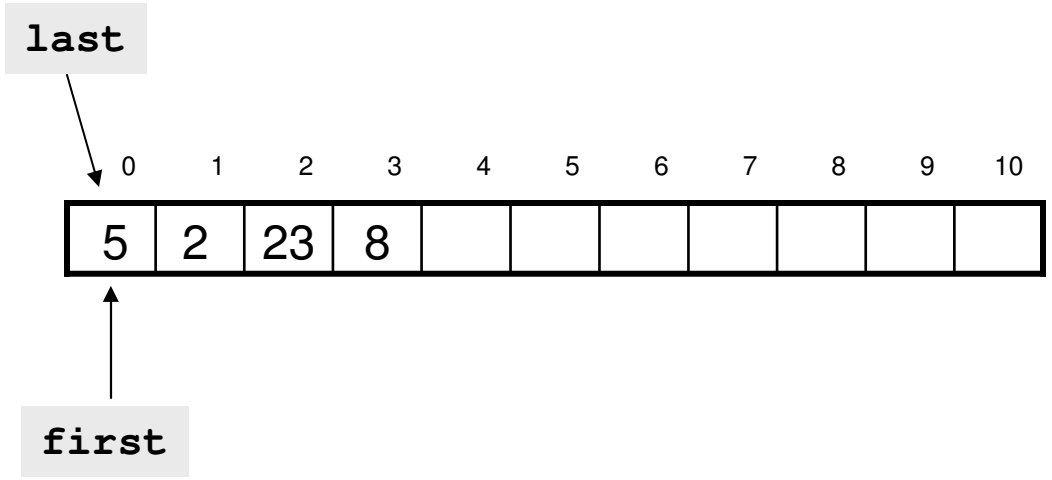
  `last = (last+1) % pole.length`

  resp.

  `first = (first+1) % pole.length`

- **Jak se pozná, že je fronta plná?**

```
vloz(5);
vloz(2);
vloz(23);
další = odeber();
vloz(8);
další = odeber();
další = odeber();
```



ADT množina

Operace

- **`add`**, vložení prvku (bez opakování)
- **`remove`**, smazání prvku
- **`contains`**, test, zda je prvek v množině obsažen
- **`isEmpty`**, test na prázdnost
- **`size`**, zjištění velikosti
- **`equals`**, test na shodu
- **`containsAll`**(množina), zjištění, zda je daná množina podmnožinou

x.add(45) … bez efektu
x.add(15)
x.remove(8)
x.contains(3) …. true
x.isEmpty … false
x.size() … 7