

Abstraktní datové typy

Programovací techniky

doc. Ing. Jiří Rybička, Dr.
Ústav informatiky
PEF MENDELU v Brně
rybicka@mendelu.cz

Pojem abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Pojem abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

- Datový typ = hodnoty, operace

Pojem abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

- Datový typ = hodnoty, operace
- Konkrétní datové typy jsou implementovány v daném programovacím jazyce

Pojem abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

- Datový typ = hodnoty, operace
- Konkrétní datové typy jsou implementovány v daném programovacím jazyce
- Model objektivní reality obvykle není konkrétním typem přímo implementovatelný

Pojem abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

- Datový typ = hodnoty, operace
- Konkrétní datové typy jsou implementovány v daném programovacím jazyce
- Model objektivní reality obvykle není konkrétním typem přímo implementovatelný
- Abstraktní datový typ – stanovení hodnot a operací modelujících potřebnou skutečnost

Pojem abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

- Datový typ = hodnoty, operace
- Konkrétní datové typy jsou implementovány v daném programovacím jazyce
- Model objektivní reality obvykle není konkrétním typem přímo implementovatelný
- Abstraktní datový typ – stanovení hodnot a operací modelujících potřebnou skutečnost
- N. Wirth: Algoritmy + Datové struktury = Programy

Pojem abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

- Datový typ = hodnoty, operace
- Konkrétní datové typy jsou implementovány v daném programovacím jazyce
- Model objektivní reality obvykle není konkrétním typem přímo implementovatelný
- Abstraktní datový typ – stanovení hodnot a operací modelujících potřebnou skutečnost
- N. Wirth: Algoritmy + Datové struktury = Programy
- prioritní jsou datové struktury, jsou modelem reality

Popis abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

Popis abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Popis hodnot (obecně, bez jakékoliv vazby na implementaci)

Popis abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Popis hodnot (obecně, bez jakékoliv vazby na implementaci)
- Popis syntaxe operací – diagram signatury

Popis abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Popis hodnot (obecně, bez jakékoliv vazby na implementaci)
- Popis syntaxe operací – diagram signatury
- Popis sémantiky operací – vyjádření algoritmu

Popis abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Popis hodnot (obecně, bez jakékoliv vazby na implementaci)
- Popis syntaxe operací – diagram signatury
- Popis sémantiky operací – vyjádření algoritmu
- Ve všech částech popisu je potřebné co nejpřesněji vyjádřit modelované vlastnosti

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Popis hodnot (obecně, bez jakékoliv vazby na implementaci)
- Popis syntaxe operací – diagram signatury
- Popis sémantiky operací – vyjádření algoritmu
- Ve všech částech popisu je potřebné co nejpřesněji vyjádřit modelované vlastnosti
- Každý prvek popisu by měl mít jednoznačný způsob převodu do zvoleného implementačního jazyka

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Popis hodnot (obecně, bez jakékoliv vazby na implementaci)
- Popis syntaxe operací – diagram signatury
- Popis sémantiky operací – vyjádření algoritmu
- Ve všech částech popisu je potřebné co nejpřesněji vyjádřit modelované vlastnosti
- Každý prvek popisu by měl mít jednoznačný způsob převodu do zvoleného implementačního jazyka
- Převod do programovacího jazyka může mít více variant podle zvolených jazykových nástrojů (neobjektová/objektová implementace, moduly, rekurze/iterace apod.)

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Obvykle jde o neskálární hodnoty

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Obvykle jde o neskálární hodnoty
- Lze zvolit grafické prostředky, schémata, matematický formalismus

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Obvykle jde o neskálární hodnoty
- Lze zvolit grafické prostředky, schémata, matematický formalismus
- Příklad: Abstraktní typ zásobník

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Obvykle jde o neskálární hodnoty
- Lze zvolit grafické prostředky, schémata, matematický formalismus
- Příklad: Abstraktní typ zásobník
- Hodnotou je posloupnost prvků, z nichž jeden je význačný = vrchol zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Obvykle jde o neskálární hodnoty
- Lze zvolit grafické prostředky, schémata, matematický formalismus
- Příklad: Abstraktní typ zásobník
- Hodnotou je posloupnost prvků, z nichž jeden je význačný = vrchol zásobníku
- Graficky lze vyjádřit jako sloupec pod sebe zapsaných prvků, prvek zcela nahoře je vrchol zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Obvykle jde o neskalární hodnoty
- Lze zvolit grafické prostředky, schémata, matematický formalismus
- Příklad: Abstraktní typ zásobník
- Hodnotou je posloupnost prvků, z nichž jeden je význačný = vrchol zásobníku
- Graficky lze vyjádřit jako sloupec pod sebe zapsaných prvků, prvek zcela nahoře je vrchol zásobníku
- Matematicky lze vyjádřit jako posloupnost označenou různými typy závorek, například:

$$\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$$

kde závorka $\langle$ představuje vrchol zásobníku, závorka $\rangle$ pak dno zásobníku.

Popis syntaxe operací

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Pro vyjádření syntaxe operací se s výhodou používá tzv. diagram signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Pro vyjádření syntaxe operací se s výhodou používá tzv. diagram signatury
- Jde o orientovaný graf

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Pro vyjádření syntaxe operací se s výhodou používá tzv. diagram signatury
- Jde o orientovaný graf
- Uzly jsou dvojího druhu:
 - 1 Datové typy – znázorněny oválky, hlavní datový typ je zvýrazněn (tučná čára, dvojitá čára)
 - 2 Operace – plná kolečka

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Pro vyjádření syntaxe operací se s výhodou používá tzv. diagram signatury
- Jde o orientovaný graf
- Uzly jsou dvojího druhu:
 - 1 Datové typy – znázorněny oválky, hlavní datový typ je zvýrazněn (tučná čára, dvojitá čára)
 - 2 Operace – plná kolečka
- Uzly jsou propojeny orientovanými hranami. Hrana spojuje vždy uzel typu s uzlem operace

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Pro vyjádření syntaxe operací se s výhodou používá tzv. diagram signatury
- Jde o orientovaný graf
- Uzly jsou dvojího druhu:
 - 1 Datové typy – znázorněny oválky, hlavní datový typ je zvýrazněn (tučná čára, dvojitá čára)
 - 2 Operace – plná kolečka
- Uzly jsou propojeny orientovanými hranami. Hrana spojuje vždy uzel typu s uzlem operace
- Hrana vedoucí směrem do uzlu operace = vstupní parametr

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Pro vyjádření syntaxe operací se s výhodou používá tzv. diagram signatury
- Jde o orientovaný graf
- Uzly jsou dvojího druhu:
 - 1 Datové typy – znázorněny oválky, hlavní datový typ je zvýrazněn (tučná čára, dvojitá čára)
 - 2 Operace – plná kolečka
- Uzly jsou propojeny orientovanými hranami. Hrana spojuje vždy uzel typu s uzlem operace
- Hrana vedoucí směrem do uzlu operace = vstupní parametr
- Hrana vedoucí směrem ven z uzlu operace = výstupní parametr

Příklad diagramu signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

Příklad diagramu signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

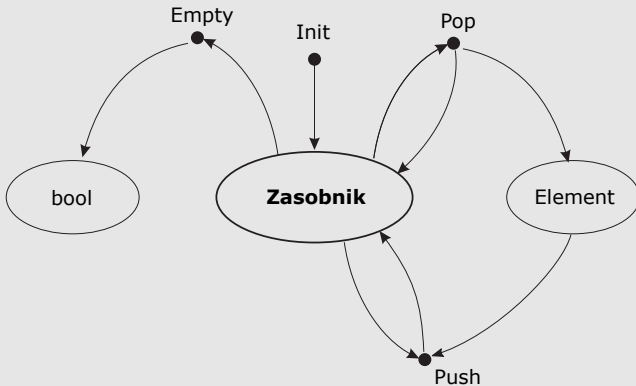
Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Abstraktní datový typ zásobník s operacemi Init, Pop, Push, Empty



Operace v diagramu signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

Operace v diagramu signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Význačné operace: konstruktor, predikáty

Operace v diagramu signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Význačné operace: konstruktor, predikáty
- Konstruktor (Init) – vytváří počáteční hodnotu hlavního typu

Operace v diagramu signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Význačné operace: konstruktor, predikáty
- Konstruktor (Init) – vytváří počáteční hodnotu hlavního typu
- V diagramu signatury jde o operaci s výstupem hlavního typu, nemusí mít žádné vstupy

Operace v diagramu signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Význačné operace: konstruktor, predikáty
- Konstruktor (Init) – vytváří počáteční hodnotu hlavního typu
- V diagramu signatury jde o operaci s výstupem hlavního typu, nemusí mít žádné vstupy
- Predikát – logická funkce, obvykle udává stav hlavního typu (Empty)

Operace v diagramu signatury

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Význačné operace: konstruktor, predikáty
- Konstruktor (Init) – vytváří počáteční hodnotu hlavního typu
- V diagramu signatury jde o operaci s výstupem hlavního typu, nemusí mít žádné vstupy
- Predikát – logická funkce, obvykle udává stav hlavního typu (Empty)
- V diagramu signatury je to operace se vstupem hlavního typu a s výstupem logického typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Vyjádření algoritmu, který je danou operací realizován

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Vyjádření algoritmu, který je danou operací realizován
- Většinou jde o přesný způsob zpracování vstupních hodnot na výstupní

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Vyjádření algoritmu, který je danou operací realizován
- Většinou jde o přesný způsob zpracování vstupních hodnot na výstupní
- Jednou z možností vyjádření je popis možných vstupů a jim odpovídajících výstupů

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Vyjádření algoritmu, který je danou operací realizován
- Většinou jde o přesný způsob zpracování vstupních hodnot na výstupní
- Jednou z možností vyjádření je popis možných vstupů a jim odpovídajících výstupů
- Hodnoty mohou být vyjádřeny stejným způsobem jako u popisu hodnot typu

Příklad sémantiky operací zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

Příklad sémantiky operací zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Operace Init:

$\Rightarrow \langle \rangle$

Příklad sémantiky operací zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Operace Init:

$$\Rightarrow \langle \rangle$$

- Operace Push:

$$x, \langle a_1, \dots, a_n \rangle \Rightarrow \langle x, a_1, \dots, a_n \rangle$$

Příklad sémantiky operací zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Operace Init:

$$\Rightarrow \langle \rangle$$

- Operace Push:

$$x, \langle a_1, \dots, a_n \rangle \Rightarrow \langle x, a_1, \dots, a_n \rangle$$

- Operace Pop:

$$\begin{aligned} \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle &\Rightarrow a_1, \langle a_2, \dots, a_n \rangle \\ \langle \rangle &\Rightarrow \text{error} \end{aligned}$$

Příklad sémantiky operací zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace
abstraktního typu

- Operace Init:

$$\Rightarrow \langle \rangle$$

- Operace Push:

$$x, \langle a_1, \dots, a_n \rangle \Rightarrow \langle x, a_1, \dots, a_n \rangle$$

- Operace Pop:

$$\begin{aligned} \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle &\Rightarrow a_1, \langle a_2, \dots, a_n \rangle \\ \langle \rangle &\Rightarrow \text{error} \end{aligned}$$

- Operace Empty:

$$\begin{aligned} \langle a_1, \dots, a_n \rangle &\Rightarrow \text{false} \\ \langle \rangle &\Rightarrow \text{true} \end{aligned}$$

Implementace abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

Implementace abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Volba implementačního jazyka

Implementace abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Volba implementačního jazyka
- Implementace hodnot – volba vhodné metody reprezentace pomocí konkrétních typů daného jazyka

Implementace abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Volba implementačního jazyka
- Implementace hodnot – volba vhodné metody reprezentace pomocí konkrétních typů daného jazyka
- Možnosti: strukturované datové typy, dynamické datové struktury, objekty

Implementace abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Volba implementačního jazyka
- Implementace hodnot – volba vhodné metody reprezentace pomocí konkrétních typů daného jazyka
- Možnosti: strukturované datové typy, dynamické datové struktury, objekty
- U operací se vychází z diagramu signatury

Implementace abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Volba implementačního jazyka
- Implementace hodnot – volba vhodné metody reprezentace pomocí konkrétních typů daného jazyka
- Možnosti: strukturované datové typy, dynamické datové struktury, objekty
- U operací se vychází z diagramu signatury
- Většinou realizováno podprogramy, návrh systému parametrů, logická struktura

Implementace abstraktního typu

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Volba implementačního jazyka
- Implementace hodnot – volba vhodné metody reprezentace pomocí konkrétních typů daného jazyka
- Možnosti: strukturované datové typy, dynamické datové struktury, objekty
- U operací se vychází z diagramu signatury
- Většinou realizováno podprogramy, návrh systému parametrů, logická struktura
- Volba implementačních nástrojů seskupujících podprogramy (moduly, objekty)

Implementace zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

Implementace zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Hodnoty implementovány jako dynamický lineární seznam

Implementace zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Hodnoty implementovány jako dynamický lineární seznam
- Datové složky jsou určitého typu reprezentovaného identifikátorem `Element`; pro příklad použití zvolíme `string`

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Hodnoty implementovány jako dynamický lineární seznam
- Datové složky jsou určitého typu reprezentovaného identifikátorem `Element`; pro příklad použijeme `string`
- Operace implementovány jako procedury a funkce

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Hodnoty implementovány jako dynamický lineární seznam
- Datové složky jsou určitého typu reprezentovaného identifikátorem `Element`; pro příklad použít zvolíme `string`
- Operace implementovány jako procedury a funkce
- Operace `Pop` nad prázdným zásobníkem vyvolá chybu, která je řešena procedurou `Error`

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

- Hodnoty implementovány jako dynamický lineární seznam
- Datové složky jsou určitého typu reprezentovaného identifikátorem `Element`; pro příklad použít zvolíme `string`
- Operace implementovány jako procedury a funkce
- Operace `Pop` nad prázdným zásobníkem vyvolá chybu, která je řešena procedurou `Error`
- Příklad použití: Na vstupu je řada řetězců, program má tuto řadu vypsát v obráceném pořadí

Implementace zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

```
typedef string Element; //příklad datové složky
typedef struct Clen {
    Element data;
    Clen *dalsi;
} Clen;
typedef Clen *UkClen;
typedef UkClen Zasobnik; //reprezentace hlavního typu

void Init(Zasobnik &S){
    S = NULL;
}
```

Implementace zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

```
bool Empty(Zasobnik S){  
    return S==NULL;  
}
```

```
void Push(Zasobnik &S, Element D){  
    UkClen Pom = new Clen;  
    Pom->data = D;  
    Pom->dalsi = S;  
    S = Pom;  
}
```

Implementace zásobníku

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

```
void Pop(Zasobnik &S, Element &D){
    UkClen Pom;
    if (not Empty(S)) {
        Pom = S;
        D = S->data;
        S = S->dalsi;
        delete Pom;
    } else Error(1);
}

void Error(int Cislo){
    switch (Cislo){
        //řešení podle implementace
    }
}
```

Pojem
abstraktního typu

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

Příklad implementace
zásobníku

```
int main(){
    Zasobnik Z; //použití
    string R;
    Init(Z);
    while (getline(cin, R)) //naplnění řetězci
        Push(Z, R);
    while (not Empty(Z)) {
        //výpis celého zásobníku
        Pop(Z, R);
        cout << R<< endl;
    }
    return 0;
}
```