

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

Popis abstraktního
typu

Implementace
abstraktního typu

- Datový typ = hodnoty, operace

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

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

- 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

- 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

- 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

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

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

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 neskalární hodnoty

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

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

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

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

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 abstrakčního typu

Popis abstrakčního typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace abstrakčního typu

- Pro vyjádření syntaxe operací se s výhodou používá tzv. diagram signatury
- Jde o orientovaný graf
- Uzly jsou dvojího druhu:
 - ➊ Datové typy – znázorněny oválky, hlavní datový typ je zvýrazněn (tučná čára, dvojité čára)
 - ➋ 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, dvojité 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:
 - ➊ Datové typy – znázorněny oválky, hlavní datový typ je zvýrazněn (tučná čára, dvojité čára)
 - ➋ 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:
 - ➊ Datové typy – znázorněny oválky, hlavní datový typ je zvýrazněn (tučná čára, dvojité čára)
 - ➋ 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 abstrakčního typu

Popis abstrakčního typu

Popis hodnot

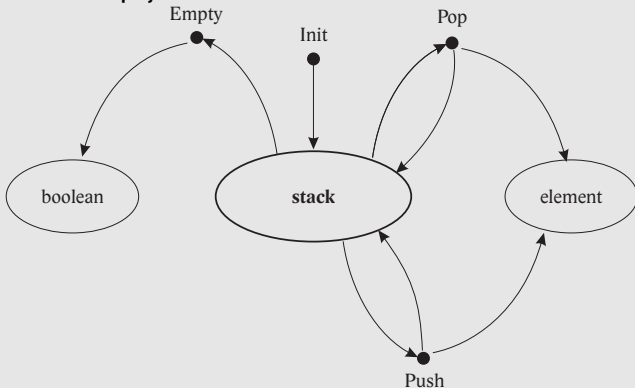
Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace abstrakčního 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 abstrakčního typu

Popis abstrakčního typu

Popis hodnot

Syntax operací

Diagram signatury

Sémantika operací

Implementace abstrakčního 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:

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

$$\langle \rangle \Rightarrow \text{error}$$

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

Pojem abstraktního typu

Popis abstraktního typu

Implementace abstraktního typu

Příklad implementace zásobníku

- Hodnoty implementovány jako dynamický lineární seznam

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 použití zvolíme `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 použití 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 použití 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 vypsat v obráceném pořadí

Implementace zásobníku

Pojem abstraktního typu

Popis abstraktního typu

Implementace abstraktního typu

Příklad implementace zásobníku

```
type
```

```
    Element = string;  
    {příklad datové složky}  
    PClen = ^Clen;  
    Clen = record  
        data: Element;  
        dalsi: PClen  
    end;  
    Stack = PClen;  
    {reprezentace hlavního typu}
```

```
procedure Init(var S: Stack);  
    begin S:=nil  
    end;
```

Implementace zásobníku

Pojem abstraktního typu

Popis abstraktního typu

Implementace abstraktního typu

Příklad implementace zásobníku

```
function Empty(S: Stack): boolean;
begin Empty:=S=nil;
end;

procedure Push(var S: Stack; D: Element);
var Pom: PClen;
begin new(Pom);
      Pom^.data:=D;
      Pom^.dalsi:=S;
      S:=Pom
end;
```

Implementace zásobníku

Pojem abstraktního typu

Popis abstraktního typu

Implementace abstraktního typu

Příklad implementace zásobníku

```
procedure Pop(var S: Stack; var D: Element);  
  var Pom: PClen;  
  begin if not Empty(S) then begin  
    Pom:=S;  
    D:=S^.data;  
    S:=S^.dalsi;  
    dispose(Pom)  
  end else Error;  
end;  
procedure Error;  
  begin {řešení podle implementace}  
  end;
```

Implementace zásobníku

Pojem abstraktního typu

Popis abstraktního typu

Implementace abstraktního typu

Příklad implementace zásobníku

```
var Z: Stack; {použití}
      R: string;
begin Init(Z);
      while not eof do begin
        {naplnění zásobníku řetězci}
        readln(R);
        Push(Z, R)
      end;
      while not Empty(Z) do begin
        {výpis celého zásobníku}
        Pop(Z, R);
        writeln(R)
      end
end.
```