



Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Informatikai Kar

## **Alkalmazott modul: Programozás**

---

### **9. fejezet**

## **Strukturált programozás: adatszerkezetek megvalósítása**

---

**Giachetta Roberto**

A jegyzet az ELTE Informatikai Karának 2015. évi  
Jegyzetpályázatának támogatásával készült

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Gyűjtemények

---

- *Adatszerkezetnek* nevezzük adatok tárolási célokat szolgáló strukturális, formai elrendezését
- A legáltalánosabb adatszerkezetek nevezzük *gyűjteményeknek* (*collection*), amelyek sok nyelven eleve adottak, pl.:
  - *tömb* (vektor): rögzített hosszú, egészekkel indexelt sorozat
  - *verem* (LIFO): bővíthető sorozat, ahol mindig csak az utolsó elem érhető el
  - *sor* (FIFO): bővíthető sorozat, ahol mindig csak az első elem érhető elem
  - *asszociatív tömb*: speciális értékekkel indexelt sorozat, amely bárhol bővíthető

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Adatszerkezetek megvalósítása

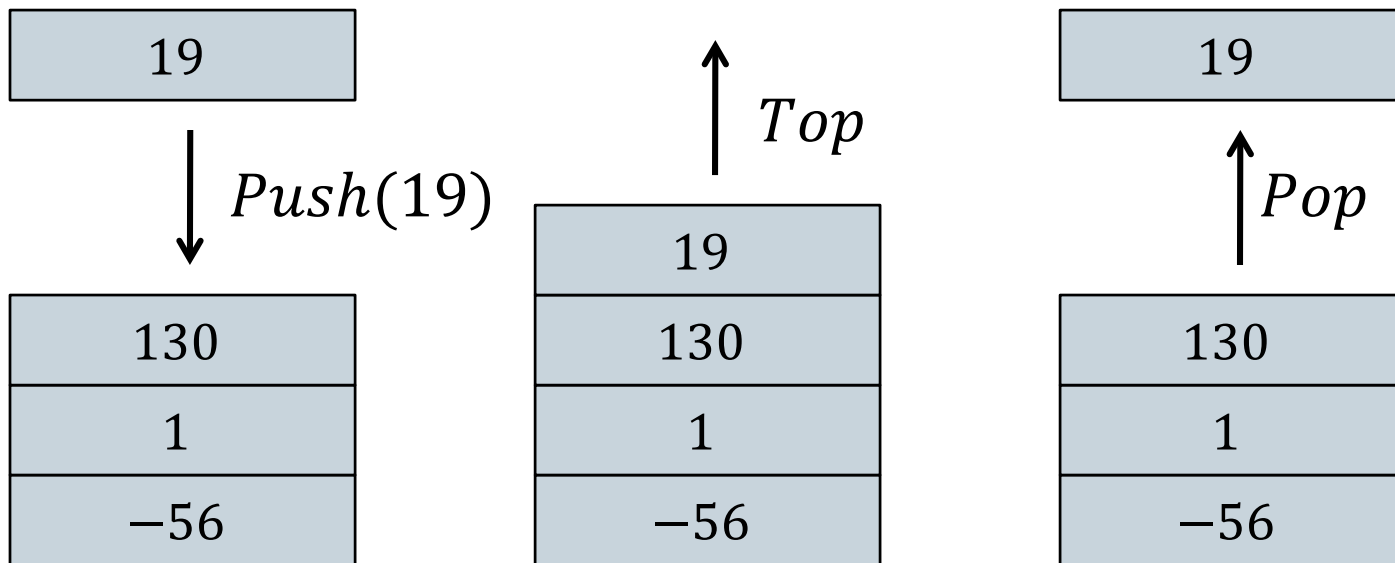
---

- Adatszerkezetek megvalósításának szintjei:
  - *absztrakt adattípus* (ADT): definiálja a típus értékhalmozát és művelethalmozát, valamint a viselkedés paramétereit (pl. specifikáció segítségével)
  - *absztrakt adatszerkezet* (ADS): megadja az alapvető struktúrát, azaz a rákövetkezési kapcsolatot (pl. irányított gráffal)
  - *reprezentáció*: megadja az ábrázolási modellt, azaz milyen primitív elemekből épül fel az adatszerkezet, és azokon miként hajtódnak végre a műveletek, két fő típusa:
    - *aritmetikai*: tömböt veszünk alapul
    - *láncolt*: dinamikus memóriakezelést használ

# Adatszerkezetek megvalósítása

## A verem

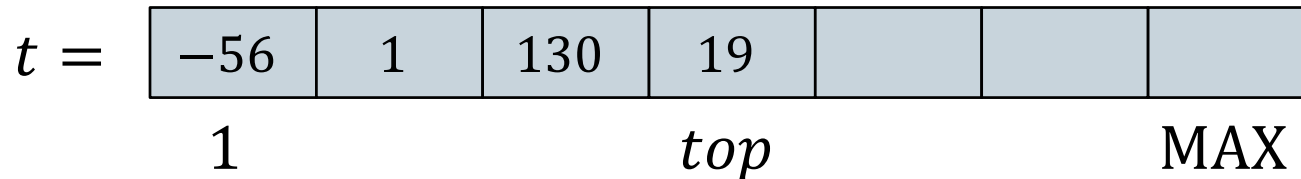
- A *verem (stack)*, más néven LIFO (Last-In-First-Out) egy olyan bővíthető adatszerkezet, amelyben
  - csak a tetejére (végére) tudunk helyezni új elemet (*Push*)
  - csak a tetelelemet kérdezhetjük el (*Top*), és vehetjük ki (*Pop*)



# Adatszerkezetek megvalósítása

## A verem

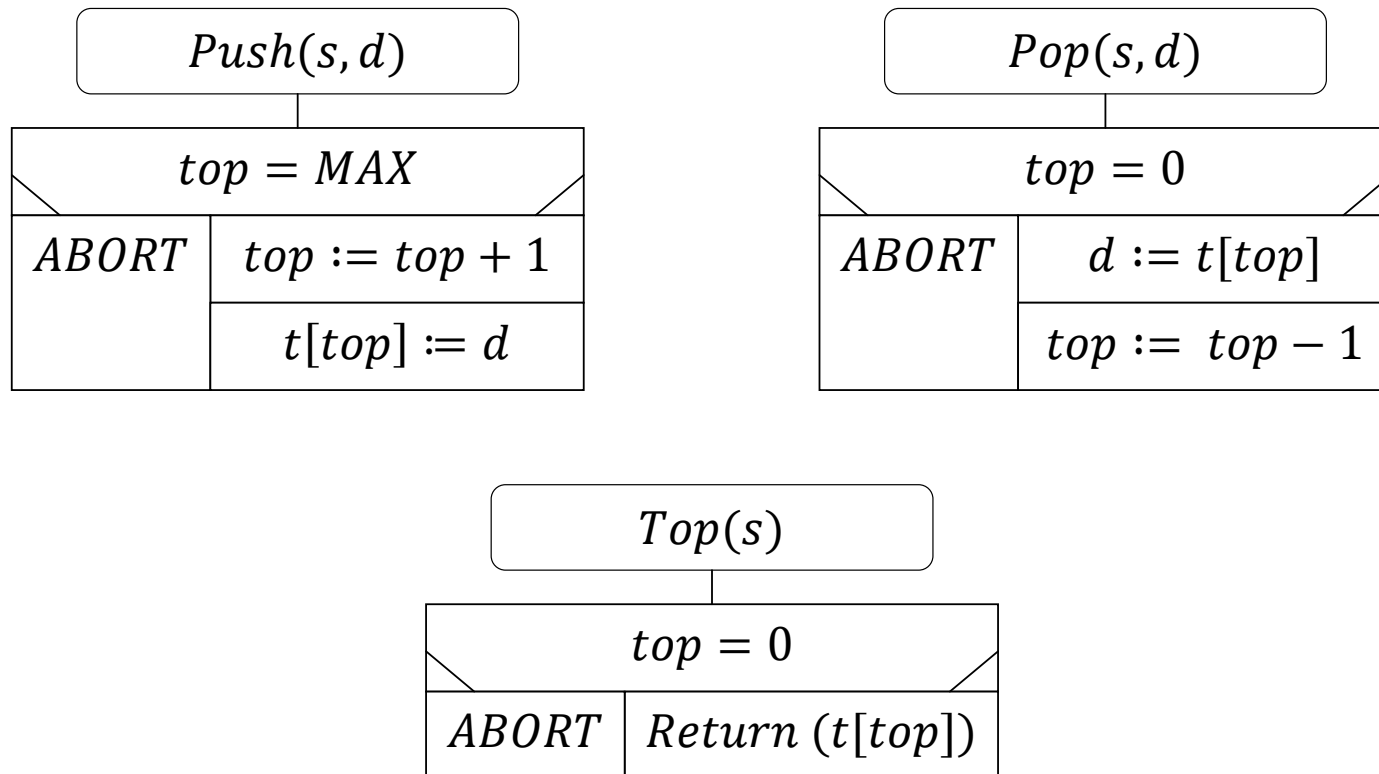
- A verem absztrakt adattípusa  
 $S = (D^n, \{Push, Pop, Top, IsEmpty\})$ , ahol
  - $Push: S \times D \rightarrow S$
  - $Pop: S \rightarrow S \times D$
  - $Top: S \rightarrow D$
  - $IsEmpty: S \rightarrow \mathbb{L}$
- A verem aritmetikai reprezentációja esetén az elemeket egy tömbbe helyezzük el, amely egy adott indexig ( $top$ ) tartalmazza a vermet:



# Adatszerkezetek megvalósítása

## A verem

- A verem műveletei aritmetikai reprezentációval:



# Adatszerkezetek megvalósítása

## Példa

*Feladat:* Valósítsuk meg az egész számokat tartalmazó verem (**Stack**) típusát aritmetikai reprezentáció mellett.

- lehessen elemet behelyezni (**push**), kivenni (**pop**), kitörölni a teljes vermet (**clear**), lekérdezni a tetőelemet (**top**), üres-e (**isEmpty**), illetve tele van-e a verem (**isFull**), valamint mi az aktuális mérete (**size**)
- használjuk fel a típust egy olyan programban, amelyben megfordítjuk a bemenetről kapott 20 szám sorrendjét
- valósítsuk meg a típust külön fordítási egységben, a megvalósítása legyen rejtett a külvilág előtt
- a reprezentációhoz használjunk egy 100 elemű tömböt (**\_values**), valamint egy **\_top** indexet

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Példa

*Megoldás (stack.hpp):*

```
class Stack { // egész számokat tároló verem típus
private:
    int _values[100]; // értékek tömbje
    int _top; // a tetőelem indexe
public:
    Stack(); // konstruktor
    bool isEmpty() const; // üres-e a verem
    bool isFull() const; // tele van-e a verem
    bool push(int value); // elem behelyezése
    int pop(); // elem kivétele
    int top() const; // tetőelem lekérdezése
    void clear(); // elemek törlése
    int size() const; // méret lekérdezése
};
```



# Adatszerkezetek megvalósítása

## Példa

*Megoldás (stack.cpp):*

```
#include "stack.hpp"
```

```
Stack::Stack() {
```

```
    _top = 0; // kezdetben 0 elem van a veremben
```

```
}
```

```
bool Stack::isEmpty() const {
```

```
    return _top == 0;
```

```
}
```

```
bool Stack::isFull() const {
```

```
    return _top == 100;
```

```
}
```

```
...
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Sablonok

---

- Sokszor előfordul, hogy egy adott osztályt, különösen adatszerkezetet több elemtípussal is meg akarunk valósítani (pl. számmal, szöveggel, vagy saját típussal)
  - ehhez több, művelethalmazában megegyező, de értékalmazában különböző típus szükséges
- A megoldás az, hogy felveszünk egy behelyettesíthető típust, egy úgynevezett *sablont* (*template*)
  - ezt a sablont tetszőleges helyen felhasználhatjuk a típusban
  - példányosításakor behelyettesítünk a használni kívánt konkrét típussal
  - használatát `template<class <név> >` jelöli a típusnál

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Sablonok

- Pl.:

```
template <class T> // T sablon használata
class MyType {
private:
    int _intValue; // rögzített típusú érték
    T _tValue;     // T típusú érték, ahol T sablon
public:
    void tMethod(T param) { // T paraméterű metódus
        _tValue = param;
    }
};

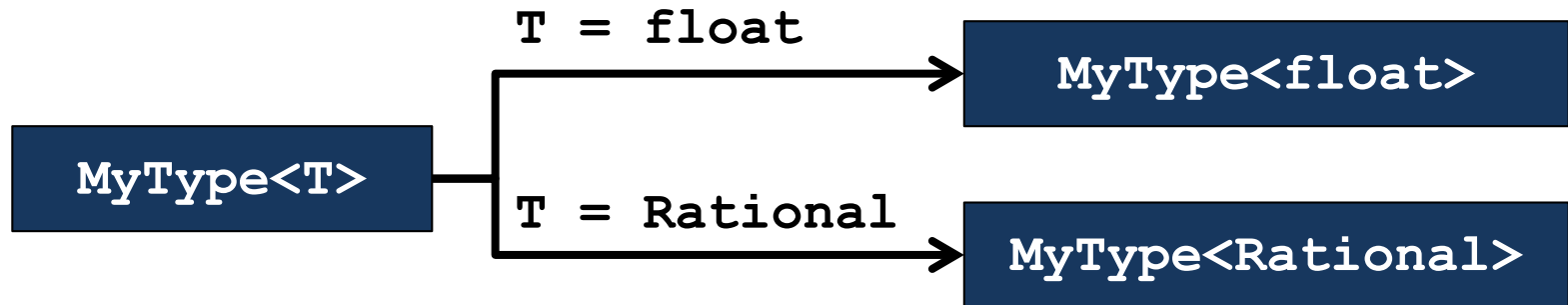
...

MyType<float> mtf; // T helyettesítése float-tal
mtf.tMethod(3.5); // a paraméter float típusú lesz
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Sablonok működése

- A sablonok biztosítják adatszerkezetek esetén a típusfüggetlenséget, hiszen így az elemtípus tetszőleges lehet, pl. `vector<float> fVector;`
- Sablonos típus létrehozásával igazából *típusmintát* hozunk létre, amely a sablon behelyettesítésével válik igazán típussá
  - azaz egy típusmintából több típus is létrejöhet
  - a behelyettesítésből fakadó hibák fordításkor kiderülnek



# Adatszerkezetek megvalósítása

## Sablonok alkalmazása

---

- Mivel a sablonos típus nem igazi típus, csak minta, a kódja nem helyezhető el forrásfájlban, csak fejlécfájlban (ezért a sablonos típusok egy fájlból állnak)
- Minden típusbeli hivatkozásnál a sablont is meg kell adnunk (vagy általános, vagy konkrét típussal)
- Amennyiben leválasztjuk a metódusok definícióját, a definícióban ismét kell jelölnünk a sablont, pl.:

```
template <class T> // T sablon használata  
class MyType { ... };
```

```
template <class T> // jelöljük a sablont  
void MyType<T>::tMethod(T param) { ... }
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Sablonok lehetőségei

---

- Egy típus több sablonnal is rendelkezhet, ekkor azokat vesszővel választjuk el, pl.:  

```
template <class T1, class T2> class MyType { ... };
```
- A sablonok számos további lehetőséget kínálnak
  - nem csak típusok, de alprogramok is megvalósíthatóak sablonosra
  - értékek is megadhatóak, amik lehetnek sablonosak is
  - a sablonos művelet specializálható konkrét típusokra
- Egy másik lehetséges sablonmegoldás a generikus típus (*generic*, pl. Java), ahol a sablon behelyettesítése futási időben történik

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Példa

*Feladat:* Módosítsuk úgy a verem típust, hogy tetszőleges elemtípussal használható legyen, azaz alakítsuk át sablonossá.

*Megoldás (stack.hpp):*

```
template <class T> // elemtípus sablonja
class Stack { // verem típus
private:
    T _values[100];
    int _top;
    ...
    bool push(T value); // elem behelyezése
    T pop(); // elem kivétele
    T top() const; // tetőelem lekérdezése
    ...
};
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Példa

*Megoldás (stack.hpp):*

```
...  
template <class T>  
Stack<T>::Stack() {  
    _top = 0; // kezdetben 0 elem van a veremben  
}  
...  
template <class T>  
bool Stack<T>::push(T value) {  
    ...  
}  
...
```



# Adatszerkezetek megvalósítása

## Hibák és kivételek

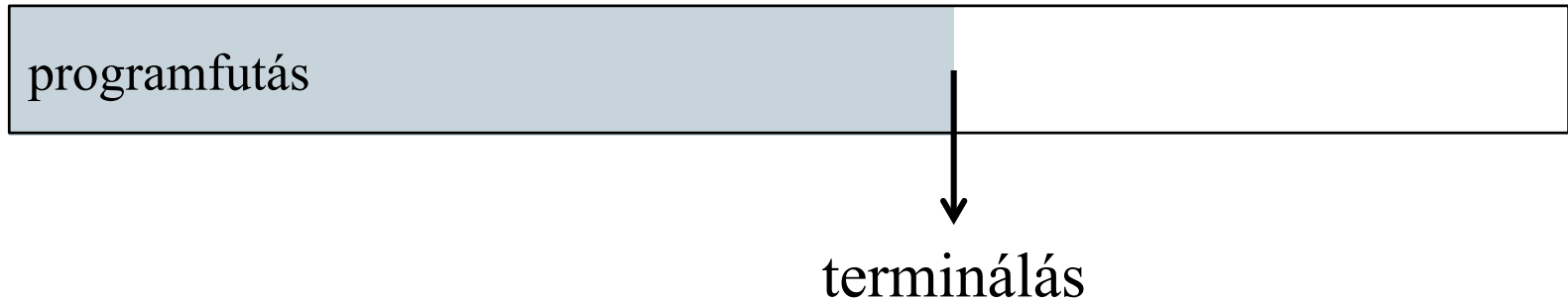
---

- A program futása során különböző, feladatnak megfelelő viselkedést megszakító jelenségek fordulhatnak elő, amelyek „abnormális” állapotba viszik a programfutást
- Ezeket a jelenségeket két kategóriába soroljuk:
  - *hibák (error)*: olyan jelenségek, amelyeket a program nem tud futás közben kijavítani, és a program az abnormális állapotban terminál
  - *kivételek (exception)*: olyan jelenségek, amelyek a program futása közben kijavíthatóak, ezért a program futása folytatódhat normál állapotban
    - általában megelőzik a tényleges hiba bekövetkeztét

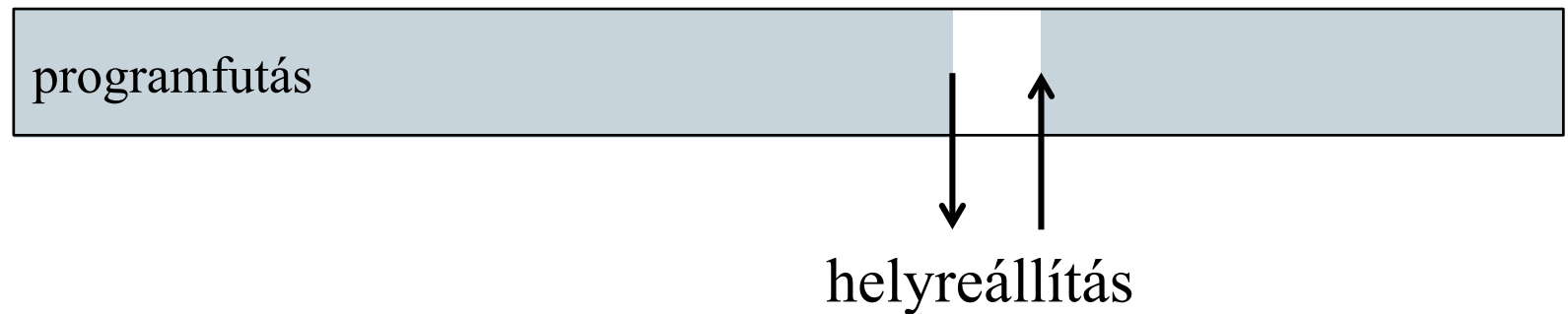
# Adatszerkezetek megvalósítása

## Hibák és kivételek

hiba keletkezése



kivétel keletkezése



# Adatszerkezetek megvalósítása

## Kivételkezelés

---

- A kivételek futás közben történő felismerését, feldolgozását, majd a programfutás megfelelő állapotba történő visszaállítását nevezzük *kivételkezelésnek* (*exception handling*)
  - a kivételek *kiváltódnak* (*throw*), és azokat lehetőségünk van a program valamely szintjén *lekezelni* (*catch*)
  - a kivételkezelés rendszerint külön *kivételkezelő blokkot* igényel a kódban
    - dedikáltan figyelni a kivételek előfordulását, és biztosítja a megfelelő reakció lefuttatását
  - a kivételkezelést a régebbi nyelvek (pl. C, Pascal) nem támogatják, itt egyéb eszközöket helyettesítik a hibajelzést
    - pl. logikai visszatérési érték, extrémális érték, hibakód

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Kivételkezelés

---

- A kivételek úgy keletkeznek a programban, hogy egy hibához vezető lépést megakadályozunk egy kivétel kiváltásával, pl.:
  - mielőtt túlindexelnénk a tömböt, jelezzük, hogy az index a megadott tartományon kívül van
  - mielőtt nullával osztanánk, jelezzük, hogy azt a számítógép nem tudja értelmezni
- Kivételt mi is kiválthatunk a programegységünkben, és azt feldolgozhatjuk, vagy továbbadhatjuk más programegységnek
- A le nem kezelt kivétel ugyanúgy megszakítja a program futását, mint a hiba, de általában nem hagyja inkonzisztens állapotban a mentett adatokat (pl. fájlban, vagy adatbázisban)

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Kivételkezelés

- Kivételt kiváltani a **throw** utasítással tudunk:  
**throw <kivétel>;**
  - hatására a kivételelfogó utasításra kerül a vezérlés
  - bármilyen konstans vagy változó kiváltható kivételként
- A kivételkezelő blokk két részből áll, a felügyelt blokkból (**try**), valamint a kezelő blokkból (**catch**):

```
try { // felügyelt blokk
    <kivételkezelt utasítások>
}
catch (<elfogott kivétel>){ // kezelő blokk
    <kivételkezelő utasítások>
}
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Kivételkezelés

```
int x, y; // nem kivételkezelt utasítások
...
try { // kivételkezelt utasítások
    cin >> x >> y;
    if (y == 0)
        throw 1; // az 1 kivétel dobása
    else
        cout << "Result: " << x / y << endl;
        // csak akkor fut le, ha y nem nulla
}
catch (int e) { // int típusú kivétel kezelése
    cout << "Exception occurred: " << e << endl;
    // eredménye: "Exception occurred: 1"
}
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Kivételkezelés

---

```
string sx, sy; int x, y;
stringstream sstr;
try {
    cin >> sx >> sy; // biztonságos beolvasás
    sstr << sx << sy; sstr >> x >> y; // konverzió
    // különböző hibára különböző kivételek:
    if (sstr.fail())
        throw "Not number input!"; // kivétel dobás
    if (y == 0)
        throw "Division by zero!";
    cout << "Result: " << x / y << endl;
} catch (string e) {
    // string típusú kivétel kezelése
    cout << "Exception occurred: " << e << endl;
}
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Többszintű kivételkezelés

---

- A kivételt a kiváltás feletti bármely szinten kezelhetjük
  - pl. ha egy alprogram (metódus) meghív egy másikat, akkor az általa dobott kivételt kezelhetjük a hívó alprogramban
  - így kiválasztható az állapot helyreállításának helye

• Pl.:

```
class Rational {  
public:  
    Rational(int nom, int denom) {  
        if (denom == 0) throw 1;  
        // a művelet kivételt dobhat  
        ...  
    }  
    ...  
}
```



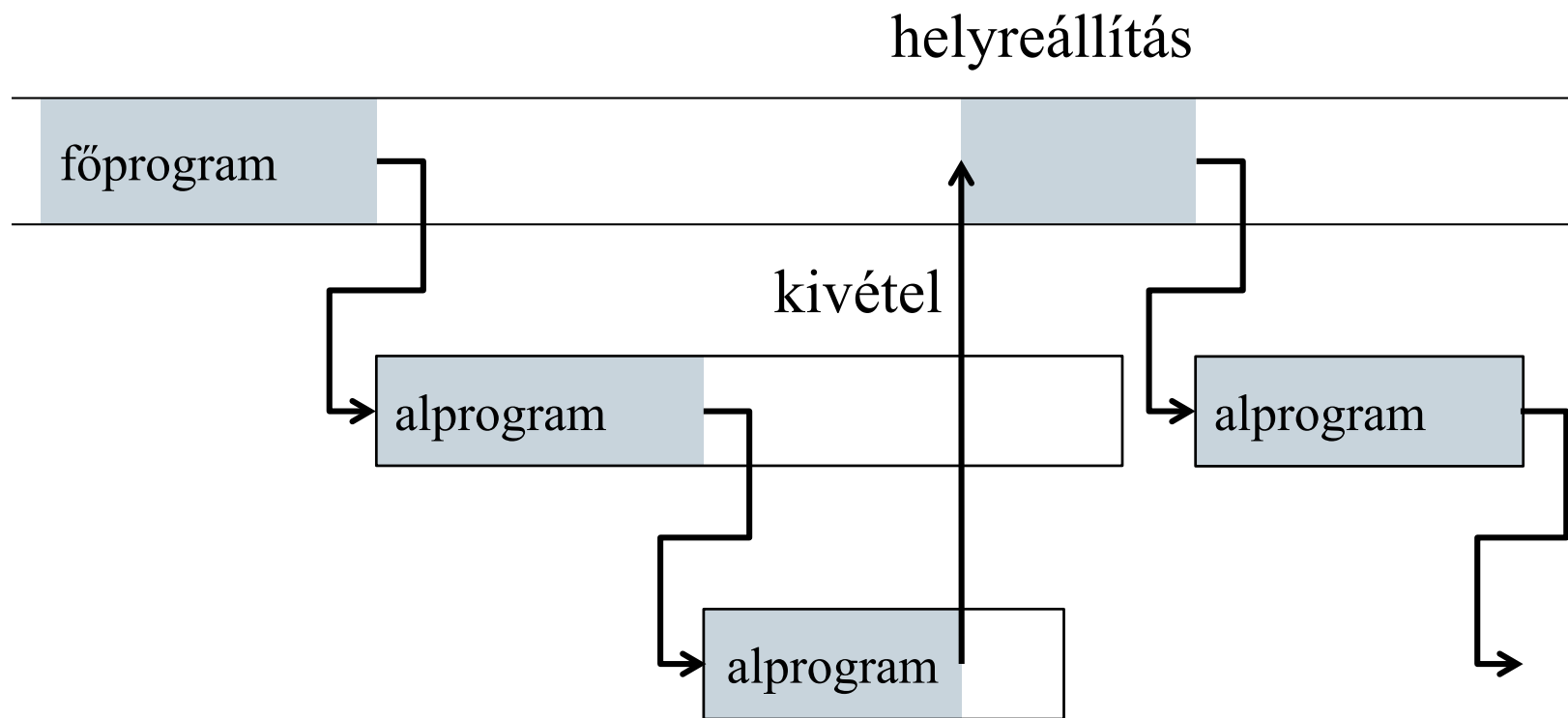
# Adatszerkezetek megvalósítása

## Többszintű kivételkezelés

```
bool continue = false;
do {
    try { // kivétel kezelő szakasz
        cin >> nom >> denom;
        Rational r(nom, denom);
        ... // ha nem dob kivételt, tovább mehetünk
        continue = true;
        // jelezzük, hogy mehetünk tovább
    } catch(int ex) {
        if (ex == 1) // jelezzük a hibát
            cout << "The denominator is 0!";
    }
} while (!continue);
// ismételjük, amíg hiba van
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Többszintű kivételkezelés



# Adatszerkezetek megvalósítása

## Többszintű kivételkezelés

---

- A kivételek általában nem billentik ki a programot a normális állapotból, mert azelőtt váltódnak ki, hogy ez megtörténne, így lehetőségünk van
  - a kivétel jelzésére a felhasználónak (pl. üzenetként)
  - a kivételt okozó utasítások újrafuttatására más értékekkel (pl. bemeneti adatok újra bekérése), helyettesítésére más utasításokkal, vagy kihagyására
  - a program terminálására (ha már nem javítható az állapot), amely során
    - garantáljuk a kimentett adatok helyességét
    - biztosítjuk a még el nem mentett adatok mentését

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Többszörös kivételkezelés

- Mivel több típusú kivételt is kiválthatunk, egy kivételkezelő blokk több `catch` blokkal is rendelkezhet, pl.:

```
try { <kivételkezelt utasítások> }  
catch (<1. típusú kivétel>) { <kivételkezelés> }  
catch (<2. típusú kivétel>) { <kivételkezelés> }  
...
```
- Lehetőségünk van a kivételkezelő utasításban továbbdobni a megadott kivételt, vagy helyette másikat kiváltani:

```
try { <kivételkezelt utasítások> }  
catch (<kivétel>) {  
    <kivételkezelés>;  
    throw <kivétel>; // újabb kivétel kiváltás  
}
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Felsorolási típusok

- A *felsorolási típusok* (*enumeration*) olyan speciális típusok, ahol az értékhalmoz egy rögzített, véges tartomány, amelynek értékeit felsoroljuk:

```
enum <név> { <érték 1>, <érték 2> };
```

- ez a típus csak értékhalmozból áll, és a belőle létrejött példányok csak a felsorolt értékeket vehetik fel
- pl.:

```
enum Nap { HETFO, KEDD, SZERDA, ... };  
Nap n = KEDD;
```
- általában segédtypusként hasznos (pl. többágú elágazásnál, kivételkezeléshez)
- az értékei megfeleltethetőek egész számoknak

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Típusok kivételei

- A legegyszerűbb megoldás kivételek definiálására saját típusokhoz felsorolási típus használata
  - a felsorolásban megadjuk a lehetséges kivételeket, pl.:
- a kivételeket a típuson belül hozzuk létre, és váltjuk ki, pl.:

```
class Rational {  
public:  
    enum Exceptions { ... }; // típus kivételei  
    ...  
    Rational(int nom, int denom) {  
        if (denom == 0) throw DENOM_ZERO;  
        if (denom < 0) throw DENOM_NEGATIVE;  
        ...  
    }  
};
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Típusok kivételei

- a kivételeket a külvilág kapja el és dolgozza fel, a típusból beazonosítva a felsorolási értékeket (a `::` operátorral), pl.:

```
try {
    Rational r(...);
}
catch (Rational::Exceptions ex) {
    switch (ex) {
        // pontosan be tudjuk azonosítani a hibát
        case Rational::DENOM_ZERO:
            cout << "The denominator is 0!";
        case Rational::DENOM_NEGATIVE:
            cout << "The denominator is negative!";
    }
}
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Példa

*Feladat:* Módosítsuk úgy a verem típust, hogy amennyiben nem megfelelő az állapot a művelet végrehajtására (pl. üres, vagy tele), akkor azt jelezzük kivétellel

- a kivételeket felsorolási típussal adjuk meg, két kivétel az üres, illetve tele verem (**STACK\_FULL**, **STACK\_EMPTY**)

*Megoldás (stack.hpp):*

```
template <class T> // elemtípus sablonja
class Stack { // verem típus
    ...
    enum Exceptions { STACK_FULL, STACK_EMPTY };
    // kivételek felsorolási típusa
    ...
};
```



# Adatszerkezetek megvalósítása

## Példa

*Megoldás (stack.hpp):*

```
...
template <class T>
bool Stack<T>::push(T value) {
    if (_top < 100) { // ha még van hely
        ...
    }
    else // különben kivételt dobunk
        throw STACK_FULL;
}
...
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Példa

*Megoldás* (main.hpp):

```
...  
try { // kivételkezelő blokk  
    int v;  
    do {  
        cout << "Következő szám: "; cin >> v;  
        myStack.push(v);  
        // kiválthatja a STACK_FULL kivételt  
    } while (v != 0);  
} catch (Stack<int>::Exceptions ex) {  
    // a veremből jövő kivételeket kapjuk el  
    if (ex == Stack<int>::STACK_FULL) ...  
}  
...
```

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Kivétel-biztonság

---

- A programot *kivétel-biztosnak* (*exception-safe*) nevezünk, amennyiben garantáltan nem kerül abnormális állapotba
  - ehhez invariánsokat garantálunk a program futása során
  - ettől függetlenül a program előállíthat hibás adatokat, illetve azokat el is mentheti
- A kivétel-biztonságnak a következő szintjeit tartjuk nyilván:
  1. *kivétel-biztonság mentes*: a program nem garantálja az invariánsok teljesülését, kivétel hatására terminálhat
  2. *minimális kivétel-biztonság*: a program menthet és előállíthat hibás adatokat, de nem kerülhet abnormális állapotba (pl. főprogramban történő kivételkezeléssel)

# Adatszerkezetek megvalósítása

## Kivétel-biztonság

---

3. *alap kivétel-biztonság*: a program nem menthet hibás adatokat, de a kivételt okozó műveletek részben lefuthatnak, és okozhatnak mellékhatásokat
  4. *erős kivétel-biztonság (változás-mentes garancia)*: a műveletek vezethetnek kivételhez, de azok megfelelő helyen kezelődnek, és az eredeti adatok helyreállnak
  5. *kiváltás-mentes garancia*: minden kivétel a kiváltás szintjén kezelve van, tehát minden művelet hibamentessége garantált
- Sokszor a kiváltás-mentes garancia nem biztosítható, de az erős kivétel-biztonság igen, azaz mellékhatások és hibás adatok nem keletkezhetnek a futás során