Eötvös Loránd Tudományegyetem
Informatikai Kar

Alkalmazott modul: Programozás

1. fejezet

Szoftverfejlesztés, programozási paradigmák

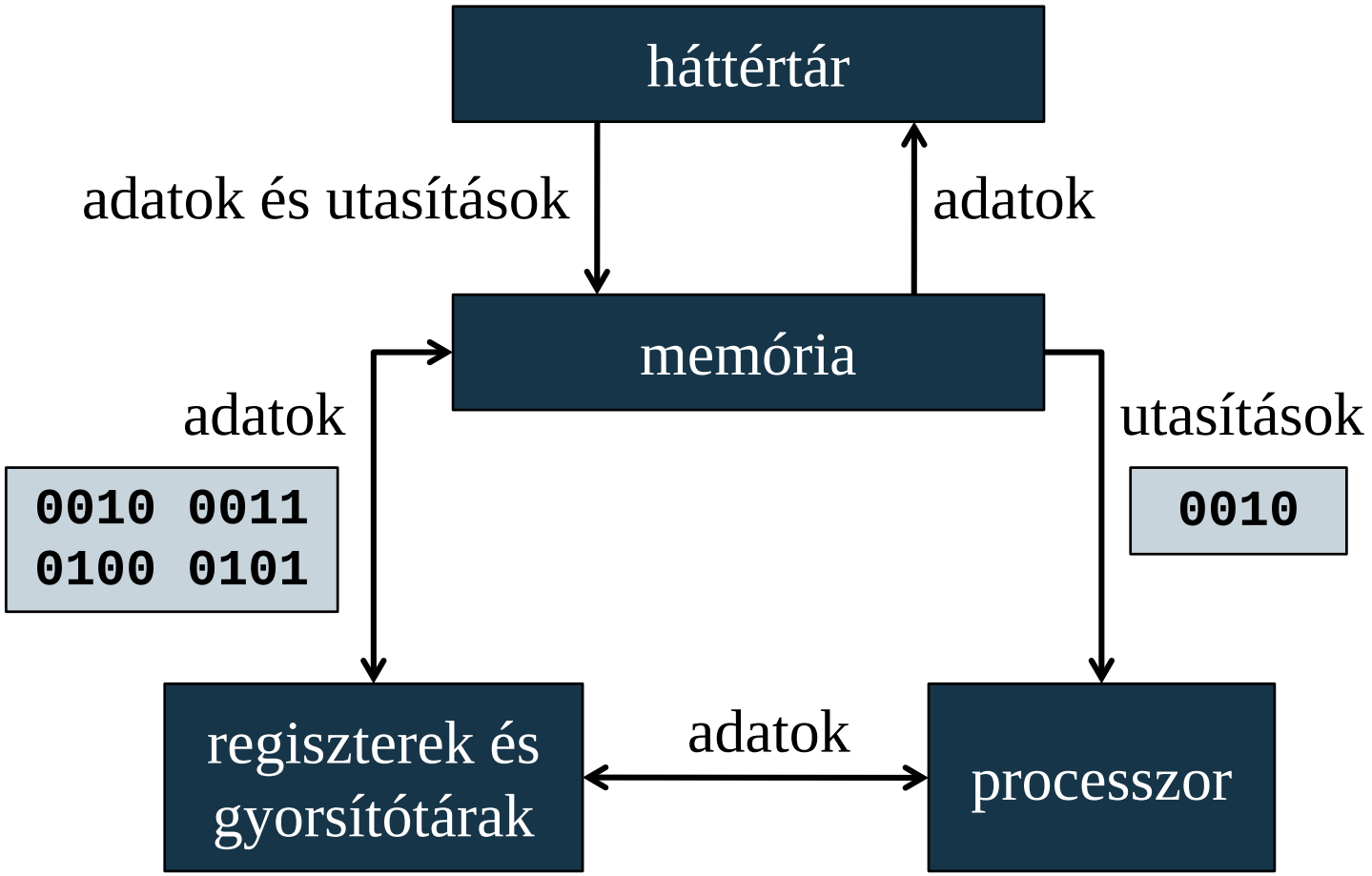
Giachetta Roberto

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

A program

- A *program*
  - *matematikailag*: állapotterek (értékek direktszorzata) felett értelmezett reláció
  - *informatikailag*: utasítások sorozata, amelyek műveleteket hajtanak végre a megadott értékekkel, az *adat*okkal
- A programban foglalt utasítássorozatot, vagy *programkód*ot a *processzor* (CPU, GPU, …) hajtja végre
  - a processzor korlátozott utasításkészlettel rendelkezik, ezért összetett utasításokat nem képes véghezvinni
  - a végrehajtáshoz segédtárakat (regiszterek, gyorsítótárak) használ, és kommunikál a *memória*val

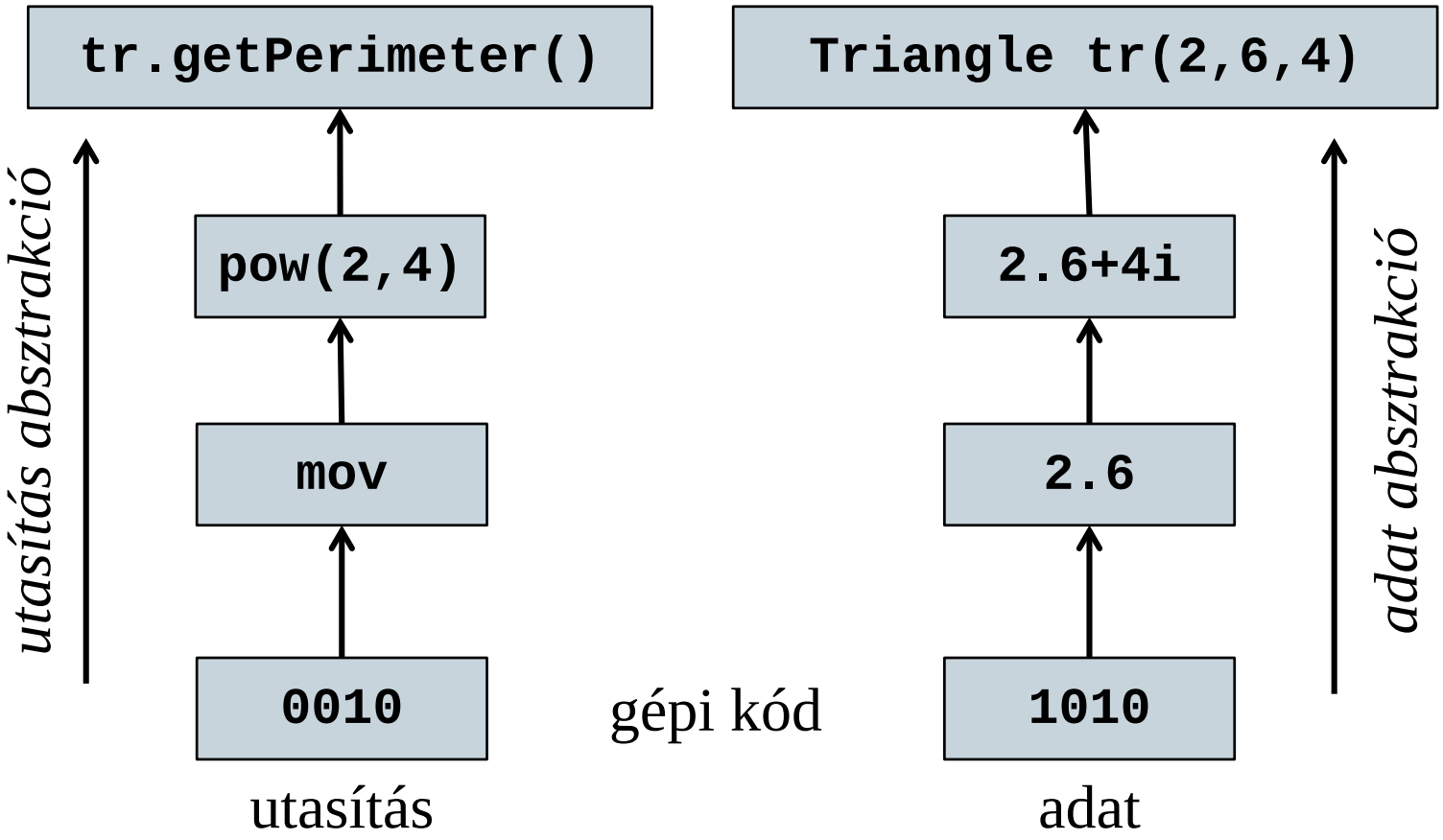
A program


háttértár
adatok és utasítások
adatok
memória
adatok
0010 0011
0100 0101
utasítások
0010
regiszterek és
gyorsítótárak
adatok
processzor

Absztrakció a szoftverfejlesztésben

- A processzor által értelmezhető utasításkészletet és adathalmazt nevezzük *gépi kód*nak (*object code*)
- A programokat ennél magasabb szinten kell elkészíteni, ezért szükségünk van a működés és az adatkezelés absztrakciójára:
  - az *utasításabsztrakció* (*control abstraction*) biztosítja, hogy a processzor egyszerű, egymást követő utasításai (összeadás, mozgatás, összehasonlítás) mellett összetett parancsokat és vezérlési módszert fogalmazzunk meg
  - az *adatabsztrakció* (*data abstraction*) lehetővé teszi, hogy különböző típusokba soroljuk adatainkat, amelyek meghatározzák az értéktartományt, és az elvégezhető műveleteket

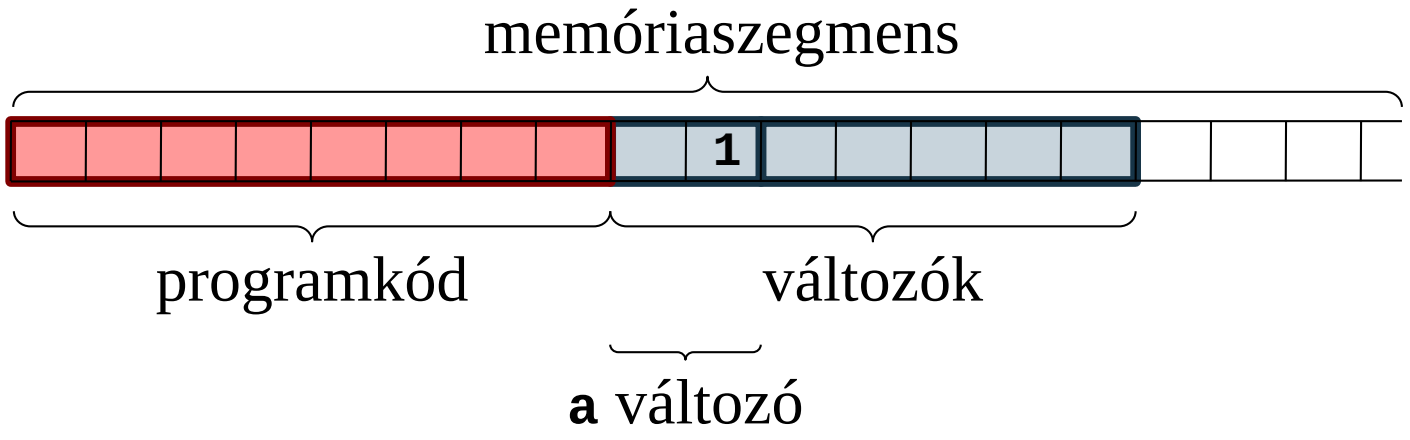
Absztrakció a szoftverfejlesztésben



- A adatok kétféle fajtáját tarjuk nyilván:
  - *változó* (*variable*): értéke (esetleg típusa is) változtatható a program futása során, mindig a memóriában tároljuk, és megfelelő azonosítóval (*változónév*) látjuk el
    - pl.: `a = 1` (az `a` változó értéke megváltozott 1-re)
    - a változókat *deklarálni* (nevét és egyéb tulajdonságait megadni), valamint *definiálni* kell (megadni a hozzájuk tartozó értéket)
  - *konstans* (*constant*): értéke és típusa rögzített, nem változhat a program futása során
    - a konstansokat is elláthatjuk azonosítóval (*nevesített konstansok*)

Adatok a memóriában

- A memória tekinthető egy byte-sorozatnak, ahol minden byte-nak sorszáma van, ez a *memóriacím*
  - ehhez rendeljük az azonosítót, amivel a program futása során hivatkozhatunk rá
  - minden futó program önálló memóriaterületet (*szegmens*t) kap, amelyen az ő kódja és az ő adatai helyezkednek el



Adatok típusa

- Az *adattípus* meghatározza a felvehető értékek halmazát (a megvalósításban a memóriában elfoglalt terület mértékét is), valamint az alkalmazható műveletek körét, vagyis

  `adattípus = értékhalmaz + műveletthalmaz`

- Minden adat rendelkezik típussal (deklarációkor adjuk meg)
- A gépi kódon értelmezhető, egyszerű típusokat nevezzük *elemi*, vagy *primitív típusok*nak:
  - *logikai* ($\mathbb{L}$)
  - *egész* ($\mathbb{Z}$), természetes ($\mathbb{N}$) és *valós* ($\mathbb{R}$) számok
  - *karakter* ($\mathbb{Ch}$)

Adatok típusa

- A programozó alkothat saját, *összetett típusok*at a *típuskonstrukciók* segítségével:
  - *iterált*, vagy *sorozat* ($\mathbb{D}^n$, vagy $\mathbb{D}^*$)
  - *direktszorzat* ($\mathbb{D}_1 \times \mathbb{D}_2$)
  - *unió* ($\mathbb{D}_1 \cup \mathbb{D}_2$)
- A primitív típusokból tetszőleges bonyolultságú típust hozhatunk létre, amelyek művelethalmazát is definiálhatjuk
  - a típuskonstrukciókat halmozottan is használhatjuk
- Pl.: szöveg ($\mathbb{S} = \mathbb{Ch}^*$), komplex szám ($\mathbb{C} = \mathbb{R} \times \mathbb{R}$), komplex számok vektora ($\mathbb{C}^n = (\mathbb{R} \times \mathbb{R})^n$)

Utasítások

- A programok építőkövei az egyszerű, processzor számára értelmezhető utasítások, az úgynevezett *elemi program*ok:
  - *üres program*: **`SKIP`**
  - *hibás program*: **`ABORT`**
  - *értékadás*: **`<változó> := <kifejezés>`**
- Az elemi programokból különböző *programkonstrukciók* segítségével hozunk létre összetett programokat:
  - *szekvencia*: utasítások egymásutánja

`utasítás`
`utasítás`

- *elágazás*: feltétel függvényében történő végrehajtás, amely lehet *kétágú*, vagy *többágú*

- *ciklus*: utasítások ismételt végrehajtása, két változata az *elöltesztelő* és a *hátultesztelő*

- mindkét esetben a feltétel egy logikai kifejezés

Állapottér, előfeltétel és utófeltétel

- *Állapottér*nek (A) nevezzük a programban előforduló változók összességét (típusukat és elnevezésüket)
- Egy adott futási ponton a változók aktuális értékeinek összességét nevezzük a program *állapotá*nak
  - a program *állapotot vált*, ha az állapottérben lévő változók közül bármelyik értéke megváltozik
  - a program a *kezdőállapot*ból indul, és a *végállapot*ban terminál, ezekre külön szabhatunk logikai feltételeket, *előfeltétel*t (Q), illetve *utófeltétel*t (R)

- Pl. adjuk össze egy pozitív számokat tartalmazó vektor elemeit:

$$A = (v : \mathbb{Z}^n, s : \mathbb{Z}, i : \mathbb{Z})$$

$$Q = \left(\forall j \in [1..n] : \left(v_j = v'_j \wedge v_j \geq 1\right)\right)$$

$$R = Q \wedge \left(s = \sum_{j=1}^{n} v'_j\right)$$

$s := 0, i := 1$	
$i \leq n$	
	$s := s + v_i$
	$i := i + 1$

- *Algoritmus*nak nevezzük azt a műveletsorozatot, amely a feladat megoldásához vezet
  - a program lényegi része, amely nem tartalmazza az adatok beolvasását és kiírását
  - egy programban több algoritmus is szerepelhet, amelyek valamilyen kombinációja oldja meg a feladatot
- A megoldandó feladatok sokszor hasonlítanak egymásra
  - ennek köszönhetően a megoldó algoritmusuk is hasonló, csupán néhány eltérést fedezhetünk fel közöttük
  - sokszor a megfelelő adatok és feltételek cseréjével megkapjuk az új feladat megoldását a korábbi alapján

- Az algoritmusokat ezért célszerű általánosan (absztraktan) megfogalmazni, hogy a változtatások (transzformációk) könnyen véghezvihetők legyenek
  - ha a feladathoz találunk megoldó algoritmust, akkor azt mondjuk, hogy a feladatot *visszavezettük az algoritmus*ra
- Az algoritmust általában két részre szeparáljuk:
  - *inicializálás*: felhasznált változók kezdőértékeinek megadása
  - *feldolgozás* (mag): műveletvégzés a bemenő adatokkal és az inicializált változókkal

- Létező algoritmusokat azért célszerű használni, mert jó, bizonyított megoldását adják a feladatnak
  - már több ezer algoritmus létezik, amelyek mind nevesítettek
- Az egyszerű, sorozatokra alkalmazható algoritmusokat nevezzük *programozási tételek*nek, ezek a következők:
  - összegzés, számlálás
  - lineáris keresés, bináris keresés
  - maximum keresés, feltételes maximumkeresés
  - elemenkénti feldolgozás
- Számos további feladatra adható algoritmus, pl. rendezés, mintaillesztés, adattömörítés, …

- Pl. a lineáris keresés (egy d adatsorozaton keressük az első olyan elemet, amely teljesíti a $\beta: \mathbb{D} \to \mathbb{L}$ feltételt, jelölje l, hogy sikerült-e megtalálni, és ind a helyét a sorozatban):

$$A = (d : \mathbb{D}^n, ind : \mathbb{Z}, l: \mathbb{L})$$

$$Q = \left(\forall j \in [1..n]: d_j = d'_j\right)$$

$$R = Q \wedge \begin{pmatrix} l = \exists j \in [1..n]: \beta(d_j) \wedge \\ l \to \left(ind \in [1..n] \wedge \beta(d_{ind}) \wedge \forall j \in [1..ind-1]: \neg\beta(d_j)\right) \end{pmatrix}$$

$l :=\downarrow, i := 1$
$\neg l \wedge i \leq n$
$l := \beta(d_i), ind := i$
$i := i + 1$

- Az adat-, illetve utasításabsztrakciót megvalósító eszközt nevezzük *programozási nyelv*nek
  - egy adott programozási nyelven megírt programkódot nevezünk a program *forráskód*jának (*source code*)
  - a programozási nyelv meghatározza az absztrakció szintjét, a használható típusok és utasítások halmazát
    - egy adott nyelvre rögzítettek, ám a legtöbb nyelvben a programozó által kiterjeszthetőek
  - a nyelvet meghatározza a célja, vagyis milyen feladatkörre alkalmazható, továbbá a nyelv rendelkezik egy *kifejezőerő*vel, azaz milyen összetett számításokat képes kifejezni

- A programozási nyelvek osztályozása:
  - *alacsony szintű* (assembly): a gépi kódot egyszerűsíti szövegszerűre, de nem biztosít absztrakciót, pl.:

```
data segment ; adatok
   number dw -5 ; változó létrehozása
data ends
code segment ; utasítások
   …
   mov ax, number ; regiszterbe helyezése
   cmp ax, 0 ; regiszterérték összehasonlítása
   jge label1 ; ugrás, amennyiben nem negatív
   mov cx, 0
   sub cx, ax ; pozitívvá alakítás kivonással
   …
```

- *magas szintű*: a gépi architektúrától független utasításkészlettel, nagyobb kifejező erővel rendelkezik
  - lehetőséget ad az utasítás- és adatabsztrakcióra
  - egy egyszerű reprezentációját adja az alacsony szintű kódnak
  - pl.:

```
int main(){
    int number = -5; // változó létrehozása
    if (number < 0) // ha negatív
        number = -number; // ellentettre váltás
    …
}
```

- A programozási nyelven megírt kódot át kell alakítani a processzor számára értelmezhetővé, ennek módszerei:
  - *fordítás, vagy szerkesztés* (*compilation*): a kódot előzetesen lefordítjuk gépi kódra, és ezt az állományt futtatjuk
    - a program gyorsan futtatható, de gépfüggő (pl. nem indul más operációs rendszeren)
    - a műveletet a *fordítóprogram* (*compiler*) végzi
    - pl.: C, C++, Ada, Pascal, Eiffel, Haskell, Visual Basic
  - *értelmezés* (*interpretation*): a programkódot a futtatás közben alakítjuk át gépi kóddá
    - a program gépfüggetlen, de lassú a futtatása

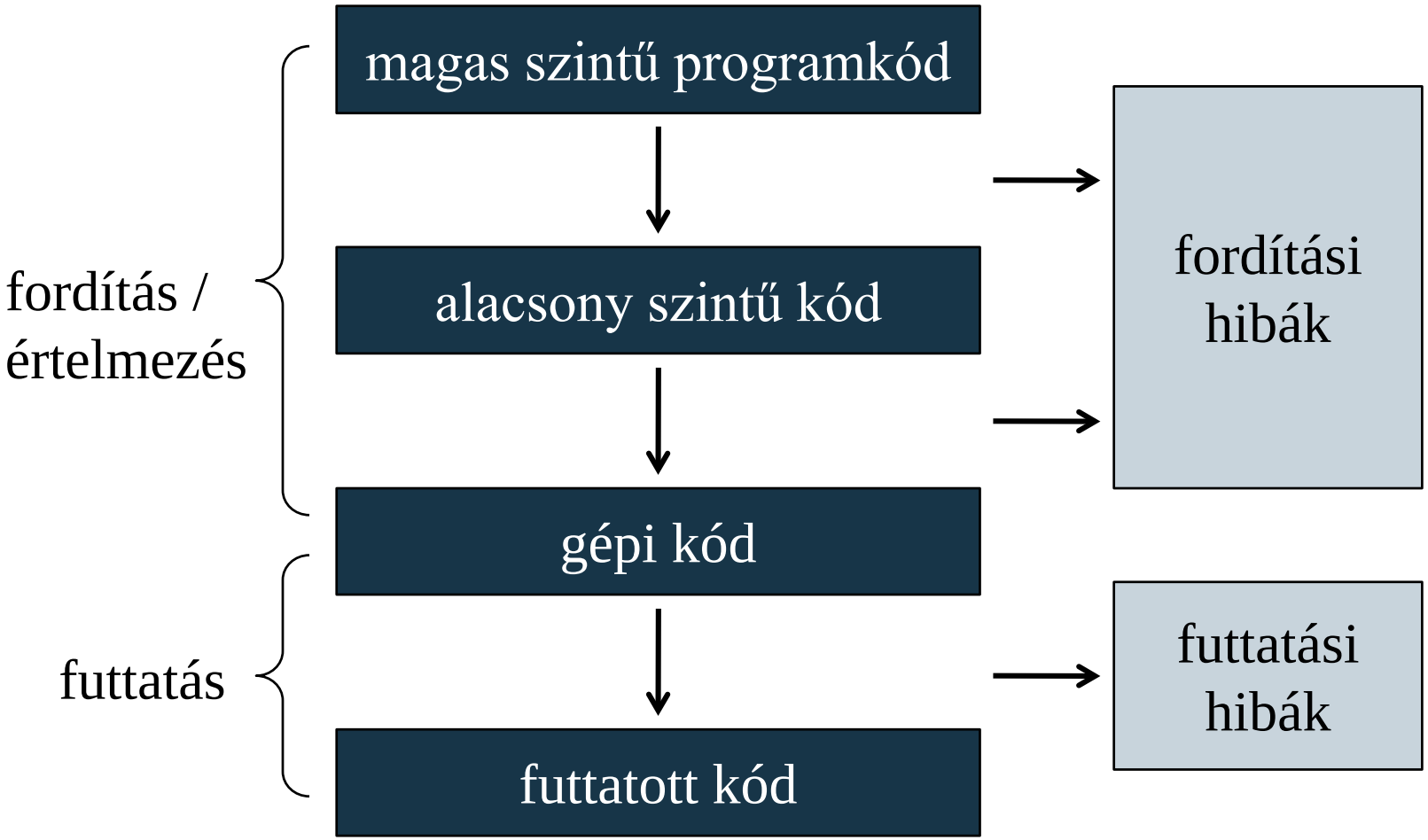
- ezt a műveletet az *értelmező* (*interpreter*) végzi, amelynek a futtatás helyén rendelkezésre kell állnia
- pl.: HTML, PHP, JavaScript, Perl, Lisp, MATLAB

- *futásidejű fordítás* (*just-in-time compilation*):
  - a fordítás egy része előre megtörténik egy gépfüggetlen, de alacsony szintű, köztes nyelvre (*intermediate language*)
  - a futtatásakor kerül értelmezésre a köztes nyelvű kód, ezt az úgynevezett virtuális gép végzi
  - pl.: Smalltalk, Java, .NET (C#, VB.NET, …)

- A programkód átalakítása rendszerint több lépésben történik, magasabb szintű nyelv esetén először alacsonyabb szintű kód, majd abból gépi kód készül
- A programkód tartalmazhat hibákat, amelyeket két kategóriába sorolunk:
  - *szintaktikai*, *vagy elemzési hibák* (*syntax error*): a programkód szerkezete helytelen, pl. hibás utasításnév, hivatkozás, zárójelezés, …
  - *szemantikai*, *vagy értelmezési hibák* (*semantic error*): az érték változásával, a műveletek végrehajtásával bekövetkező hibák, pl. 0-val történő osztás, hibás memóriacím hivatkozás, …

- A programhibákról az átalakítás során a lehető legpontosabb információt kapjuk (lehetséges ok és hely megadásával)
  - a fordítás során a szintaktikus hibák előre kiszűrhetőek, a szemantikus hibák nagy része azonban futtatáskor léphet fel
  - értelmezés esetén csak futtatáskor szembesülünk a hibákkal
- A további programhibák ellenőrzését *tesztelés*sel végezhetjük
  - a *statikus tesztelés* során a programkódot vizsgáljuk át
  - a *dinamikus tesztelés* során futás közben keressük a hibákat
- A programfejlesztői környezetek megadják a *nyomkövetés* (*debug*) lehetőségét is (futás közben végigkövethetjük a kódot)

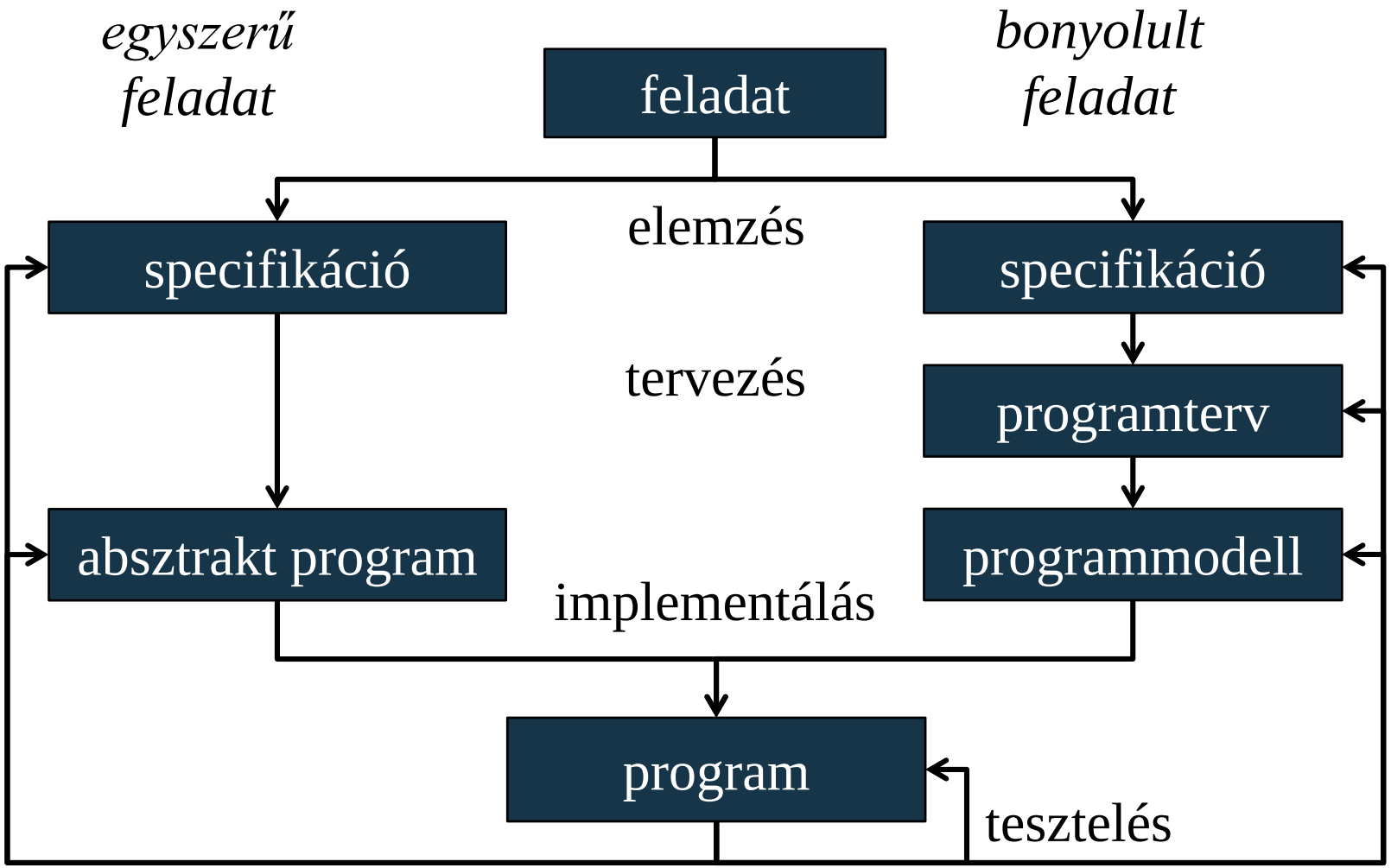
Programkód transzformáció



- A szoftverfejlesztés a kódoláson túl több lépésből áll, amely függ a feladat bonyolultságától is:
  1. A feladatot elemezni kell, és megadni a formális megfelelőjét, vagyis a *specifikáció*t
  2. A specifikációt alapján megtervezhető a program, amely egyszerű feladatnál az *absztrakt program*, míg bonyolult feladatnál a *programterv* elkészítésével jár, amelyből elállítható a *programmodell* (egyszerűsített célprogram)
  3. A tervet implementáljuk a megfelelő programozási nyelven
  4. Az implementált programot, illetve a programkódot *tesztelés*nek vetjük alá, ami módosításokat eredményezhet az implementációban (vagy a korábbi fázisokban)

Szoftverfejlesztés

A szoftverfejlesztés folyamata



- Önmagában a feladat elemzése is nagyban meghatározza a programfejlesztés folyamatát, ennek két formája:
  - *felülről lefelé* (*top-down*): a főfeladatot részfeladatokra, majd azokat további részfeladatokra bontjuk
  - *alulról felfelé* (*bottom-up*): a feladatban szereplő egységeket határozzuk meg, majd azokat kombináljuk
- A tervezés során egy nyelv-független vázát kell elkészítenünk a szoftvernek, amely megadja annak közeli működését
  - lehet formális, vagy informális modell
  - használhatunk modellező eszközt (pl. stuktogram), vagy nyelvet (pl. UML)

- A *tesztelés* annak ellenőrzése, hogy a program teljesíti-e az előírt funkcionalitást, illetve minőségi elvárásokat
  - célja elsősorban a futási idejű hibák, működési rendellenességek keresése
  - a tesztelés módja szerint lehet:
    - *fekete doboz tesztelés*: a tesztelendő programrész ismeretlen, csak a hiba voltát fedezzük fel
    - *fehér doboz tesztelés*: a programrész teljes mértékben ismert, tehát így a hiba helyét is megtalálhatjuk
  - a tesztelés módszere lehet *statikus* (kód kiértékelés és ellenőrzés), illetve *dinamikus* (futtatás adott tesztesetekkel)

Szoftverfejlesztés

A szoftverfejlesztés optimalizálása

- A szoftverfejlesztés során a legfőbb cél, hogy a kész program megfeleljen a *funkcionális* és *minőségi követelmények*nek
  - emellett, a fejlesztők számára fontos, hogy a kész szoftver fejlesztése a lehető legoptimálisabb legyen
- A szoftverek tervezésének és programozásának módszerét nevezzük *programozási paradigmá*nak
  - meghatározza a programozási stílust, az absztrakciós szintet
  - meghatározza az alkalmazható programozási nyelvek körét is, és fordítva
  - sok programozási nyelv több paradigmát is támogatnak, ezek a *multiparadigma* nyelvek

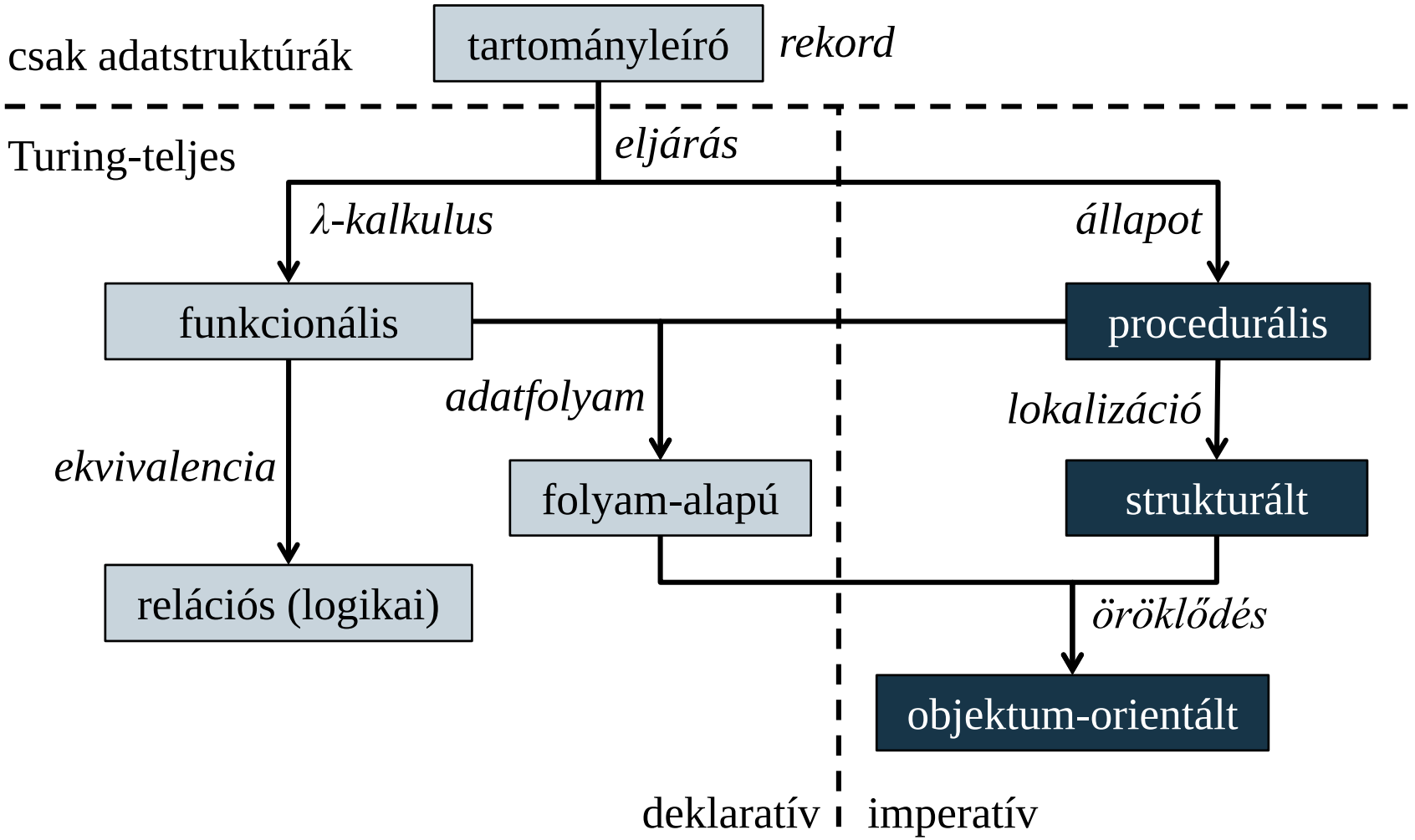
Programozási paradigmák

A paradigmák csoportosítása

- A programozási paradigmákat két csoportba soroljuk:
  - *imperatív*: a programot állapotváltozások sorozatával írja le
    - az utasításokat szekvenciálisan hajtja végre
    - megfelel a gépi szintű végrehajtásnak
  - *deklaratív*: a program a tartalmát, megjelenését írja le, nem pedig a funkció végrehajtásának módját
    - nem alkalmaz változókat, csak konstans értékeket
    - az utasításokat nem feltétlenül szekvenciálisan hajtja végre, automatikusan párhuzamosít
    - magasabb szintű kifejezőerővel rendelkezik

Programozási paradigmák

A jelentősebb paradigmák



Programozási paradigmák

Procedurális programozás

- *Procedurális* (*Procedural*):
  - a programot *alprogram*okra (*subroutine*) bontja, és minden alprogram meghatározott részfeladatot végez el
  - az alprogramoknak két típusa lehet:
    - *eljárás* (*procedure*): valamilyen utasítássorozatot futtat, végeredmény nélkül
    - *függvény* (*function*): valamilyen matematikai számítást végez el, és megadja annak eredményét
  - az alprogramok programkonstrukciókkal épülnek fel, meghívhatnak más alprogramokat, és kommunikálhatnak velük

Programozási paradigmák

Procedurális programozás

- a vezérlést a főprogram szolgáltatja, amely kezeli a teljes programban jelen lévő adatokat
- nyelvek: *Fortran*, *C*, *BASIC*, *Pascal*

- pl. (C++, vektor összegzése függvénnyel):

```
int Sum(vector<int> values){
   // a függvény paraméterben megkapja a vektort
   int sum = 0;
   for (int i = 0; i < value.size(); i++)
      sum = sum + values[i];
   // ciklussal hozzávesszük ez elemeket
   return sum; // visszatérési érték az összeg
}
```

Programozási paradigmák

Procedurális programozás

- pl. (Fortran, tömb átlaga):

```
implicit none
integer :: number_of_points real,
dimension(:), allocatable :: points
real :: average_points=0.

read (*,*) number_of_points
allocate (points(number_of_points))
read (*,*) points
if (number_of_points > 0)
   average_points = sum(points)/number_of_points
deallocate (points)
write (*,'(''Average = '', 1g12.4)')
   average_points
```

Programozási paradigmák

Procedurális programozás

- pl. (Maple, szám faktoriálisa):

```
myfac := proc(n::nonnegint)
    local out, i;
    out := 1;
    for i from 2 to n do
        out := out * i
    end do;
    out
end proc;
```

ugyanez lambda-kifejezés segítségével (funkcionálisan):

```
myfac := n -> product( i, i = 1..n );
```

Programozási paradigmák

Strukturált programozás

- *Strukturált* (*Structured*):
  - a program részegységekre (*csomag*okra, vagy *blokk*okra) tagolódik, minden egység rendelkezik belépési ponttal, és kilépési ponttal
  - a programegységeknek van egy kívülről látható része (*interfész*), és egy belső megvalósítása (*implementáció*)
  - a programban használt adatstruktúrák a programegységeknek megfelelően strukturálódnak
  - támogatja a kivételkezelést, tiltja a programkódban történő ugrást (goto)
  - nyelvek: *Pascal*, *C*, *ADA*

Programozási paradigmák

Strukturált programozás

- pl. (Ada, verem csomag):

```
package STACK_T is
   type Stack is limited private;
   procedure Push (v: in out Stack; e: Value);
   procedure Pop (v: in out Stack);
   function Top (v: Stack) return Value;
private
   type Node;
   type Pointer is access Node;
   type Node is record
      data: Value; next: Pointer := null;
   end record;
   …
end STACK_T;
```

Programozási paradigmák

Strukturált programozás

- pl. (C++, verem típus):

```
class Stack {
private: // rejtett rész, implementáció
   int* values; // attribútumok
   int top;
public: // látható rész, interfész
   Stack(){ values = new int[10]; top = 0; }
   // konstruktor
   ~Stack() { delete[] values; } // destruktor
   void Push(int v) { // metódus
      if (top < 10) { values[top] = v; top++; }
   }
   …
};
```

Programozási paradigmák

Objektum-orientált programozás

- *Objektum-orientált* (*Object-oriented*):
  - a feladat megoldásában az alulról-felfelé megközelítést alkalmazza, alapja az *egységbe zárás* és az *öröklődés*
  - a programot egymással kommunikáló objektumok alkotják, amelyek valamilyen relációban állnak egymással
  - manapság a legnépszerűbb programozási paradigma, a programozási nyelvek jelentős része támogatja
  - objektumorientált támogatással rendelkező nyelvek: *C++*, *Objective-C*, *Matlab*, *PHP*, *Python*, *Perl*, …
  - tisztán objektumorientált nyelvek: *Smalltalk*, *Java*, *C#*, *Eiffel*, *Ruby*, …

- pl. (C++, grafikus felületű ablak):

```
class DemoWindow : public QWidget {
    // ablak osztály
public:
   DemoWindow(QWidget* parent = 0) {
      // a konstruktor megkaphatja a szülőt
      setBaseSize(200, 120);
      setWindowTitle("Demo Window");
      qButton = new QPushButton("Quit", this);
      // gomb példányosítása
   }
private:
   QPushButton* qButton; // gomb az ablakon
};
```

- pl. (Java, mobil alkalmazás vezérlője):

```
public class HelloWorld extends MIDlet
        // a MIDlet osztály leszármazottja
        implements CommandListener {
    private Form form; // implementáció
    private Command exitCommand;

    public HelloWorld() { // konstruktor
        form = new Form("Welcome!", new Item[]
            { new StringItem("","Hello World!") });
        form.addCommand(exitCommand);
        form.setCommandListener(this);
    }
}
```