Programozás alapjai II.
(13. ea) **C++**

OO tervezési megfontolások

Goldschmidt Balázs

Szeberényi Imre

BME IIT

<balage@iit.bme.hu>

MŰEGYETEM 1782

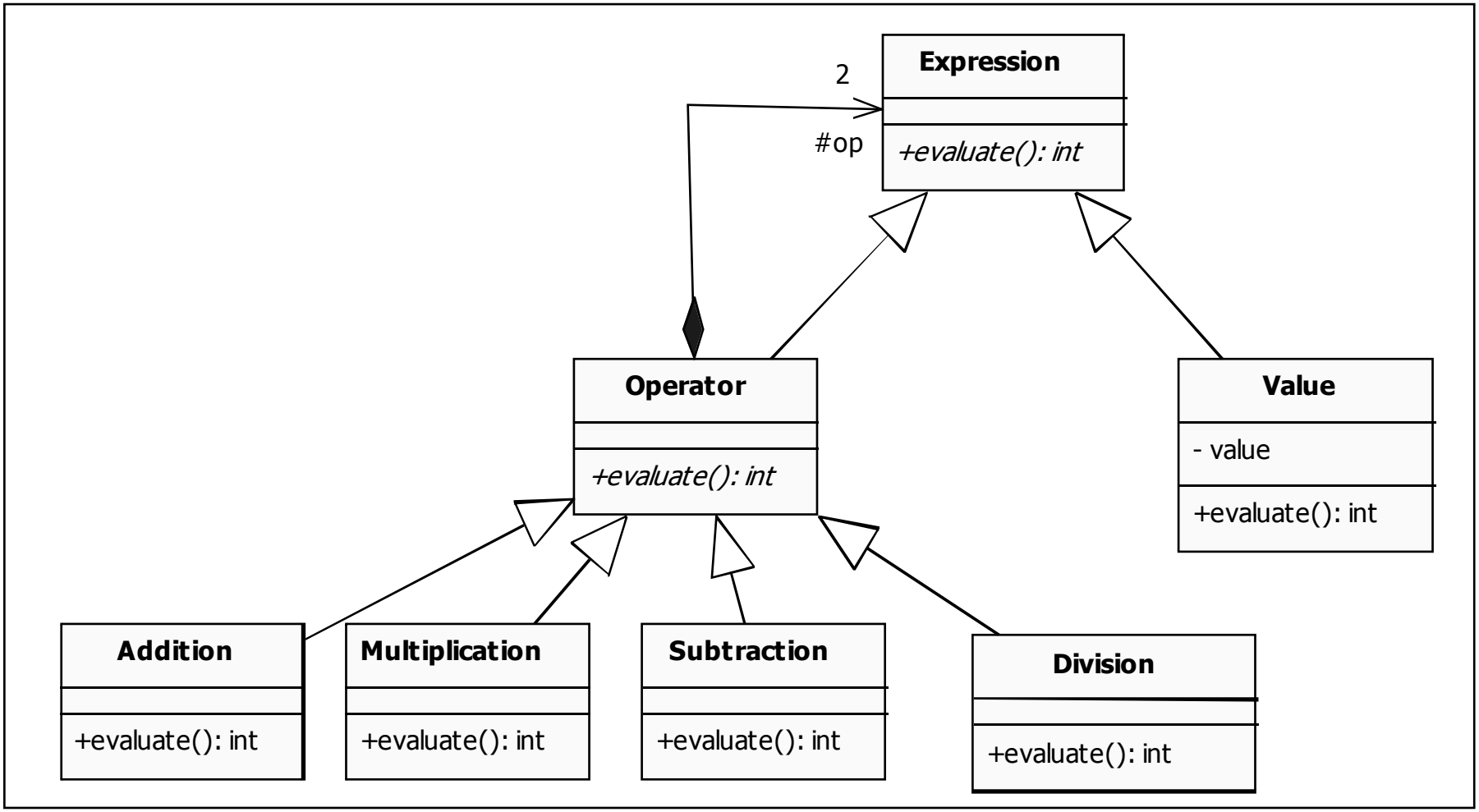
Tervezési feladat

- Készítsünk számológépet!
  - matematikai kifejezéseket kell modellezni
    - pl. 3+4*(5-2)
  - alapműveletek
    - + - * /
  - egész számok
    - pl 1, 2, 3, 13
  - a beolvasás most mellékes

Kifejezések modellezése

- Kifejezés: számok és műveletek
- Számok felelőssége
  - megmondja, mennyit tárol
- Műveletek felelőssége
  - van operandusa (bal, jobb)
  - kiszámolja a művelet eredményét
  - mi lehet operandus?
    - művelet *vagy* szám
      → heterogén kollekció → öröklés
  - hogyan kapunk eredményt? Metódussal!

Kifejezés osztály és leszármazottai



C++ megvalósítás

- Expression

```
class Expression {
public:
        virtual int evaluate() const = 0; // absztrakt metódus
        virtual ~Expression() { }
};
```

C++ megvalósítás

- Value

```
class Value : public Expression {
        int value;
public:
        Value(int v = 0) : value(v) { }
        int evaluate() const;
};

int Value::evaluate() const { return value; }
```

C++ megvalósítás

- Operator
  - hogyan hivatkozzunk az operandusokra?
    - referencia vs pointer
  - referencia
    - nem kell memóriakezeléssel foglalkozni
    - csak egyszer állítható (konstruktor)
  - pointer
    - memóriakezelés kérdéses
      - másolás, destruálás, stb…
    - konstruálás után is beállítható, módosítható

C++ megvalósítás

- Operator
  - használjunk pointert
    - memóriakezelést később

```
class Operator : public Expression {
protected:
        Expression * op[2];
public:
        Operator(Expression * e1, Expression * e2) {
                op[0] = e1;
                op[1] = e2;
        }
        void setOperand(Expression * e, int n) { op[n] = e; }
};
```

C++ megvalósítás

- Addition
  - *Operator* leszármazottja
    - operandusok, evaluate

```
class Addition : public Operator{
public:
        Addition(Expression * e1, Expression * e2) :
                Operator(e1,e2) { }
        int evaluate() const;
};

int Addition::evaluate() const  {
        return op[0]->evaluate() + op[1]->evaluate();
}
```

C++ megvalósítás

- Multiplication, Subtraction, Division
  - Mint *Addition*, csak *evaluate* más

```
….

int Multiplication::evaluate() const  {
        return op[0]->evaluate() * op[1]->evaluate();
}
int Subtraction::evaluate() const  {
        return op[0]->evaluate() - op[1]->evaluate();
}
int Division::evaluate()  const  {
        return op[0]->evaluate() / op[1]->evaluate();
}
```

C++ megvalósítás

- Egyszerű példa a használatra

  3 + 4

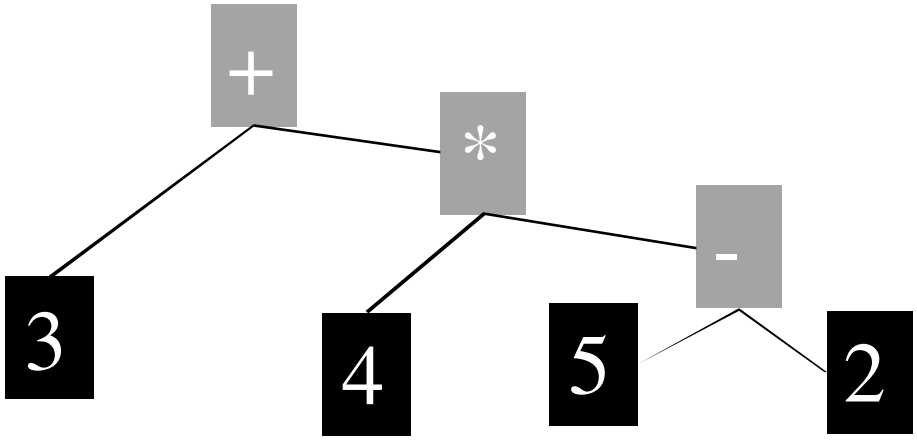
```
Value v3(3);
Value v4(4);

Addition a(&v3, &v4);

cout << a.evaluate() << endl;
```

C++ megvalósítás

- Összetett példa a használatra

  3+(4*(5-2)

  3+(4*(5-2))



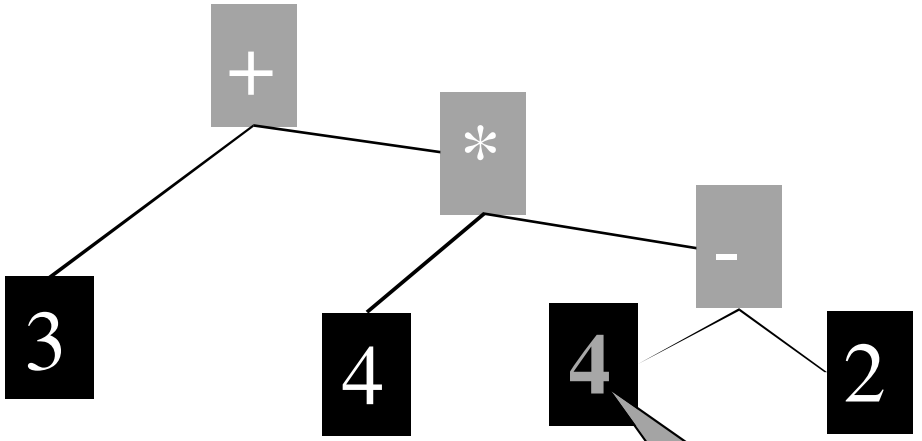

```
Value v2(2), v3(3), v4(4) , v5(5) ;
Subtraction s(&v5, &v2);
Multiplication m(&v4, &s);
Addition a(&v3, &m);

cout << a.evaluate() << endl; // 15
```

C++ megvalósítás

- Összetett példa a használatra

  3+(4*(**4**-2)

  3+(4*(4-2))




```
Value v2(2), v3(3), v4(4) , v5(4) ;
Subtraction s(&v5, &v2);
Multiplication m(&v4, &s);
Addition a(&v3, &m);

cout << a.evaluate() << endl; // 11
```

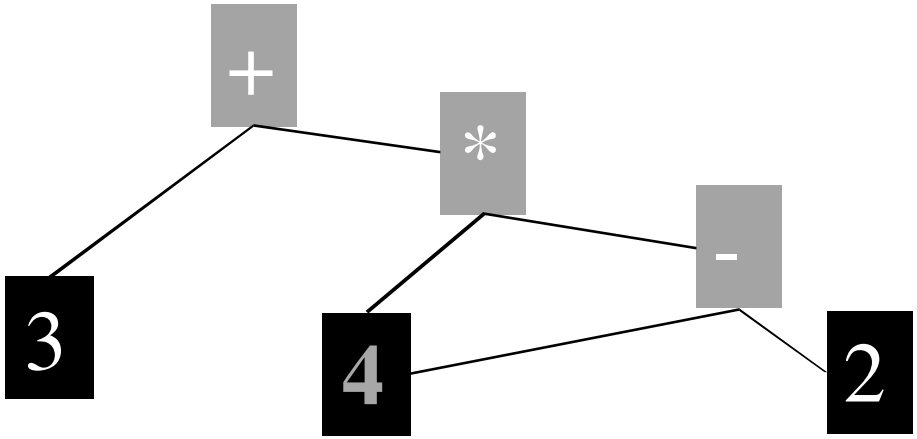
Ilyen már van!

C++ megvalósítás

- Összetett példa a használatra

  3+(4*(**4**-2)

  3+(4*(4-2))




```
Value v2(2), v3(3), v4(4) , v5(4) ;
Subtraction s(&v4, &v2);
Multiplication m(&v4, &s);
Addition a(&v3, &m);
cout << a.evaluate() << endl; // 11
```

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_13 → szamologep

Memóriakezelés

- Pointereket tárolunk
  - a példában lokális változók → automatikusan megszűnnek
  - mi van, ha dinamikus? Ki szabadítja fel?
- Felszabadítás beépítve (kompozíció)
  - mindig dinamikus a foglalás
  - egy példány csak egy operátornál
- Felszabadítás külön kezelve
  - ki csinálja?

Factory objektum

- Felelősség
  - új objektum létrehozása
  - munka végén rendet rak
- Műveletek
  - *add*(Expression* e1 = null, Expression* e2 = null)
  - *div*(…), *mult*(…), *sub*(…)
  - *val*(int value)
    - ha korábban már létrehoztuk, jó a régi
    - a többszörözést is el tudjuk kerülni

Factory megvalósítás

- Összetett példa a *factory* használatára

  3+(4*(**4**-2)

```
Factory f;
Subtraction *s = f.sub(f.val(4), f.val(2));
Multiplication *m = f.mult(f.val(4), s);
Addition *a = f.add(f.val(3), m);

cout << a->evaluate() << endl; // 11

// f destruktora felszabadít minden létrehozott objetumot
```

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_13 → szamologep

Factory megvalósítás

```
class Factory {
  list<Expression*> created;            // vector?
  map<int, Value*> values;
public:
  Value* val(int i) ;
  Addition* add(Expression * e1, Expression * e2);
  …
  ~Factory() {
        while (!created.empty()) {
              delete created.front();
              created.pop_front();
        }
  }
};
```

Factory megvalósítás

```
Value* Factory::val(int i) {
        if (values[i] == null) {
                values[i] = new Value(i);
                created.push_back(values[i]);
        }
        return values[i];
}
Addition* Factory::add(Expression * e1, Expression * e2) {
        Addition* a = new Addition(e1, e2);
        created.push_back(a);
        return a;
}
```

Változók

- Legyenek változóink!

  *x*3+z*y*

  – az értéküket lehessen központilag állítani

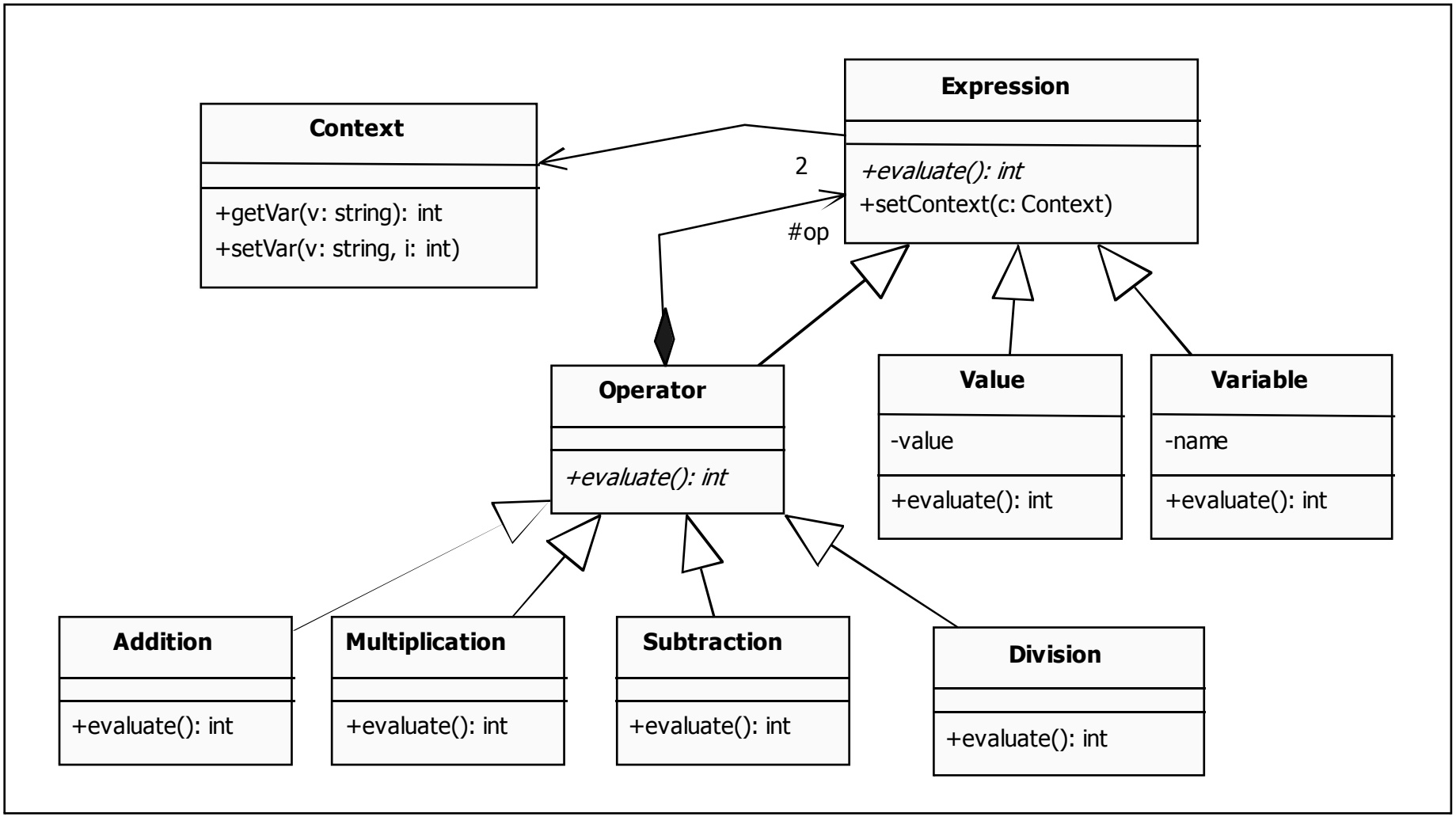
  – minden kiértékelésnél az aktuális értékkel számoljanak

```
Variable v1("x"), v2("y"), v3("z");
Value v(3);

Expression *e = f.add(f.mult(&v1, &v), f.mult(&v3, &v4));
e->evaluate(); // ??????????
```

Változók értéke hol?

- Be van drótozva *Variable*-be
  - akkor miért változó?
- Globális tárban tároljuk
  - hogyan tudjuk ugyanazt a kifejezést kiértékelni különböző számokra?
  - pl. v = s/t → div("s", "t");
- Kiértékelés előtt állítjuk be
  - *setContext(Context* c)*
  - nem kiértékelés, hanem objektum-specifikus ☹
- A kifejezésnek kiértékeléskor adjuk át
  - *int evaluate(Context* ctx)*
  - módosítani kell a kiértékelő függvényt ☹
  - ez a korrekt megoldás (lokális tudás)

Kontextus objektum szinten



Változók megvalósítása

```
class Context {
        map<string, int> values;
public:
        void setVar(string s, int i) { values[s] = i; }
        int getVar(string s) { return values[s]; }
};
class Variable : public Expression {
        string name;
public:
        Variable(string n = "x") : name(n) { }
        int evaluate() const {
                return ctx->getVar(name);
        }
};
```

Valahonnan ismerni kell.
Örököljük az expression-ből!

Meglevő osztályok bővítése

```
class Expression {
protected: Context* ctx;
public: virtual void setContext(Context* c) { ctx = c; }
        … // többi marad
};
class Operator {
public:
        void setContext(Context* c) { Expression::setContext(c);
                op[0]->setContext(c); op[1]->setContext(c);
        }
        … // többi marad
};
```

Változók kontextussal

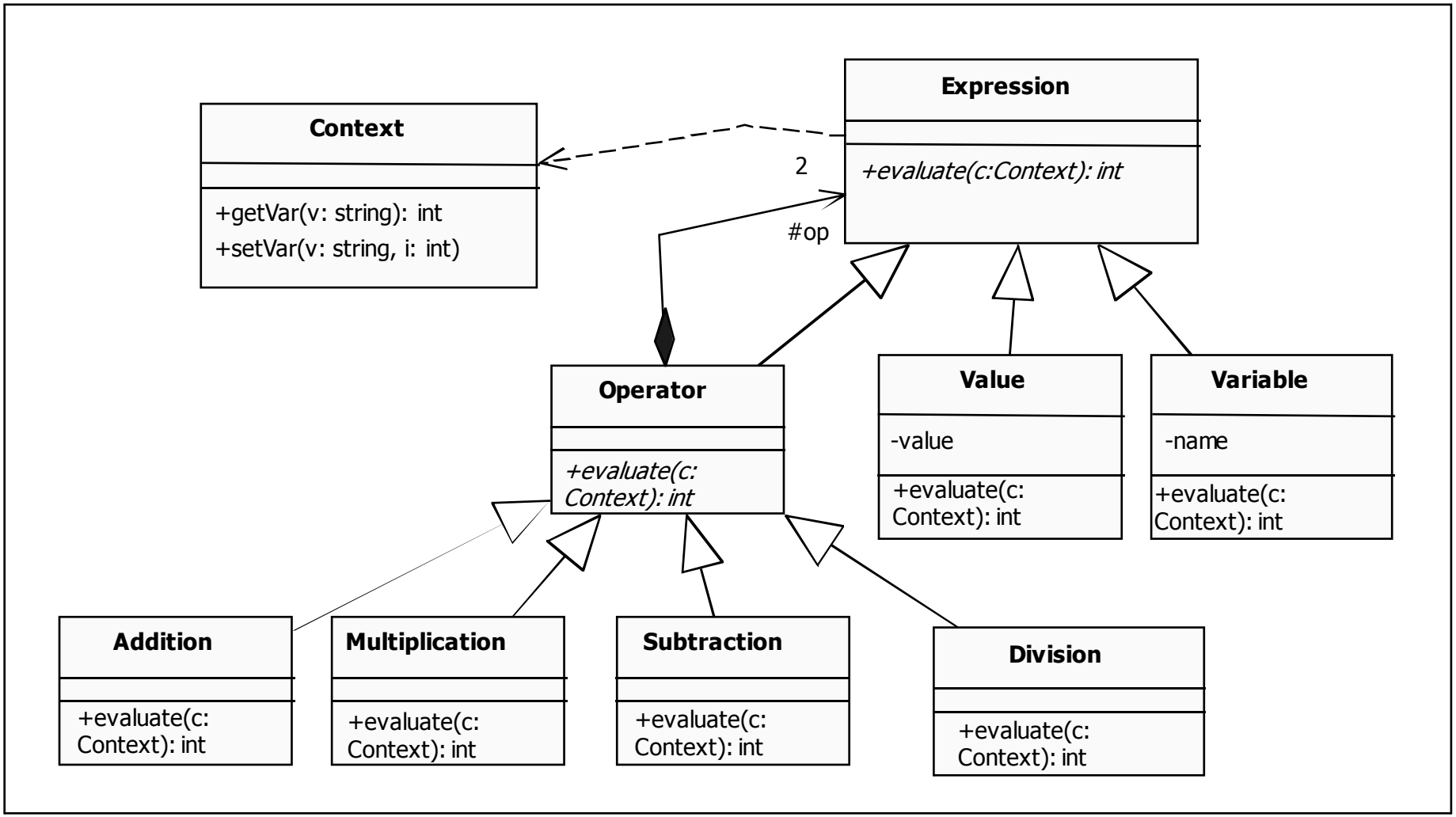
- Értékeljük ki: *x*3+z*y*

  x = 5, y = 6, z = 7

```
Variable vx("x"), vy("y"), vz("z");
Value v(3);

Expression *e = f.add(f.mult(&vx, &v), f.mult(&vz, &vy));

Context ctx;
ctx.setVar("x", 5); ctx.setVar("y", 6); ctx.setVar("z", 7);
e->setContext(&ctx);

cout << e->evaluate() << endl;
```

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_13 → szamologep2

Kontextus metódus szinten



Változók megvalósítása

```
class Context {
        map<string, int> values;
public:
        void setVar(string s, int i) { values[s] = i; }
        int getVar(string s) { return values[s]; }
};
class Variable : public Expression {
        string name;
public:
        Variable(string n = "x") : name(n) { }
        int evaluate(Context& ctx) const {
                return ctx.getVar(name);
        }
};
```

Metódus parméterekként kapjuk

Meglevő osztályok bővítése

```
class Expression {
public: virtual int evaluate(Context& c) const = 0;
        … // többi marad
};

// többi osztályban is módosul a metódus fejléce
```

Változók kontextussal

- Értékeljük ki: *x*3+z*y*

  x = 5, y = 6, z = 7

```
Variable vx("x"), vy("y"), vz("z");
Value v(3);

Expression *e = f.add(f.mult(&vx, &v), f.mult(&vz, &vy));

Context ctx;
ctx.setVar("x", 5); ctx.setVar("y", 6); ctx.setVar("z", 7);

cout << e->evaluate(ctx) << endl;
```

Változók Factoryban

- Factory gyártsa a változókat is
  - most mindegyik új, memóriakezelés nincs megoldva
  - lehetne itt is csak újat létrehozni, mint *Value*-nál.

```
// Factory osztályba új metódus deklarációja kerül
// alább pedig a definíció
Variable* Factory::var(string s) {
        Variable* v = new Variable(s);
        created.push_back(v);
        return v;
}
```

Változók Factoryban

- Értékeljük ki: *x*3+z*y*

  x = 5, y = 6, z = 7

```
Factory f;
Variable *vx = f.var("x"), *vy = f.var("y"), *vz = f.var("z");
Value* v =f.val(3);

Expression* e = f.add(f.mul(vx, v), f.mul(vz, vy));

Context ctx;
ctx.setVar("x", 5); ctx.setVar("y", 6); ctx.setVar("z", 7);

cout << e->evaluate(ctx) << endl;
```

Mi a kifejezések típusa?

- Most a megoldás *int*-tel dolgozik
- Lehessen bármi ☺

  → Sablon!
  - ehhez mindent ki kell bővíteni
    - template <class T>, Expression<T>, stb
    - minden .h + .cpp -> .hpp
  - öröklésnél vigyázni
    - *using* az örökölt tagváltozók elérése előtt

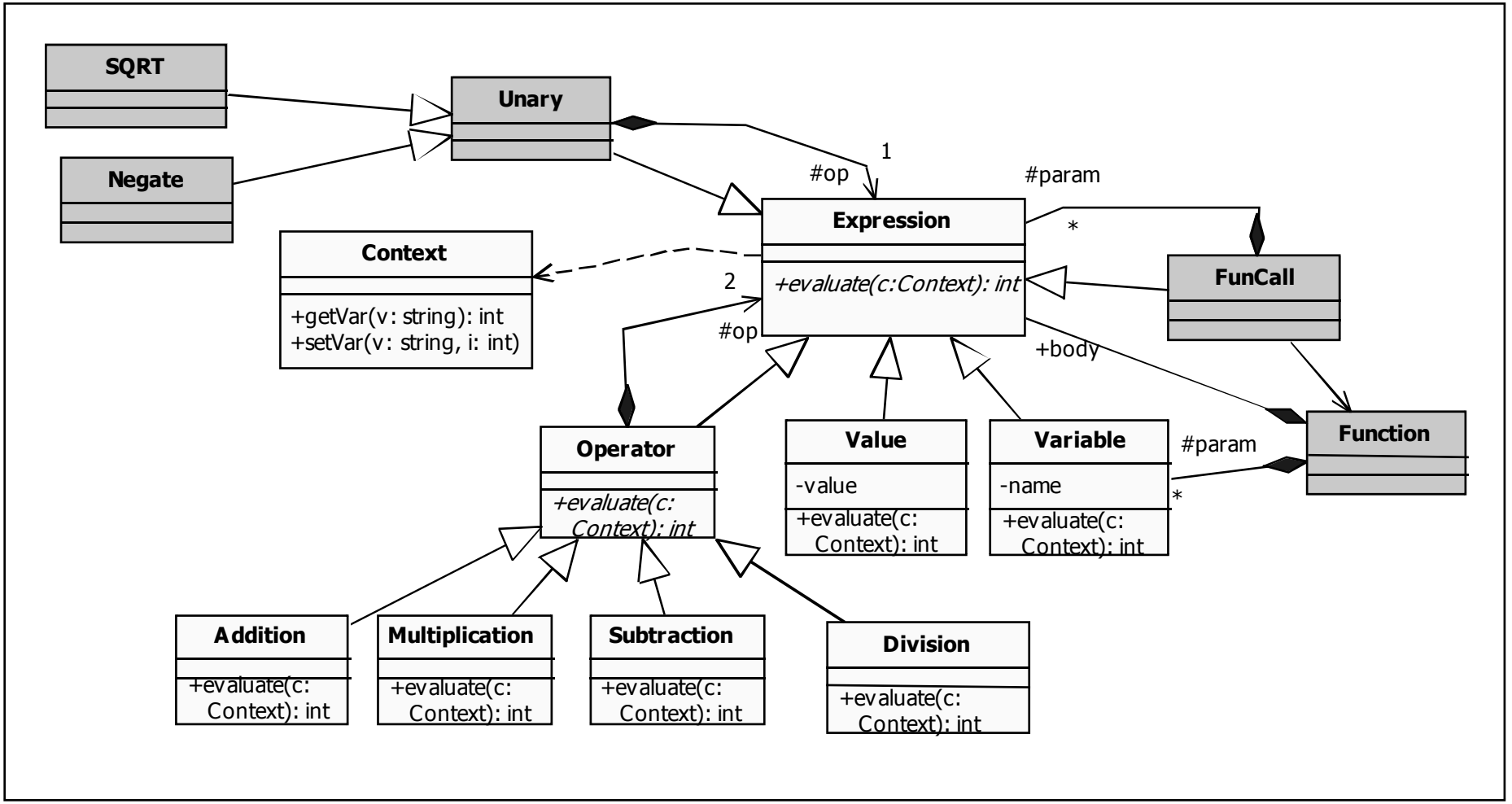
      pl. *using Expression<T>::ctx; // setContext változat*
  - innentől minden működik, ami kellhet
    - *int*, *double*, *Complex*, stb

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_13 → szamologep3

Merre tovább?

- Bővítések
  - egyoperandusú műveletek
    - negálás, gyökvonás, reciprokképzés, stb
  - függvények
    - bemenő paraméterek: változók (Variables)
    - törzs: kifejezés (Expression)
    - meghívás: proxy objektummal: bemeneti kifejezések kiértékelése, fv törzs lefuttatása
  - stb.

Bővített osztálydiagram



Egyváltozós függvény

- pl. $f(x) = x*x$

```
class Function {
    Expression* expr;
    Variable* param;
public:
  Function(Expression* e, Variable* p) : param(p), expr(e) { }
  int evaluate(Context& ctx, Expression* ap) {
      Context c2(ctx);
      c2.setVar(param->getName(), ap->evaluate(ctx));
      return expr->evaluate(c2);
  }
};
```

Egyváltozós függvény

- hivatkozás, pl. *4+f(5+3)*2+f(2)*

```
class FunCall : public Expression {
   Function * f; // meghívandó függvény
   Expression* p; // függvény paramétere ez a kifejezés
public:
   FunCall(Function * f, Expression* e) : f(f), p(e) { }

   int evaluate(Context& ctx) const {
      return f->evaluate(ctx, p);
   }
};
```

Egyváltozós függvény

- használat, pl.: *f(t)=t*t; f(a)+f(b), ha a=3, b=4*

```
Context ctx;
Variable t("t");
Multiplication m(&t, &t);
Function f(&m, &t);

Variable a("a"), b("b");
FunCall a2(&f, &a), b2(&f, &b);
Addition ad(&a2, &b2);

ctx.setVar("a", 3);  ctx.setVar("b", 4);
cout << ad.evaluate(ctx) << endl;
```

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_13 → szamologep3