Modellalapú szoftverfejlesztés

X. előadás

Modelltranszformáció, Gráfmintaillesztés

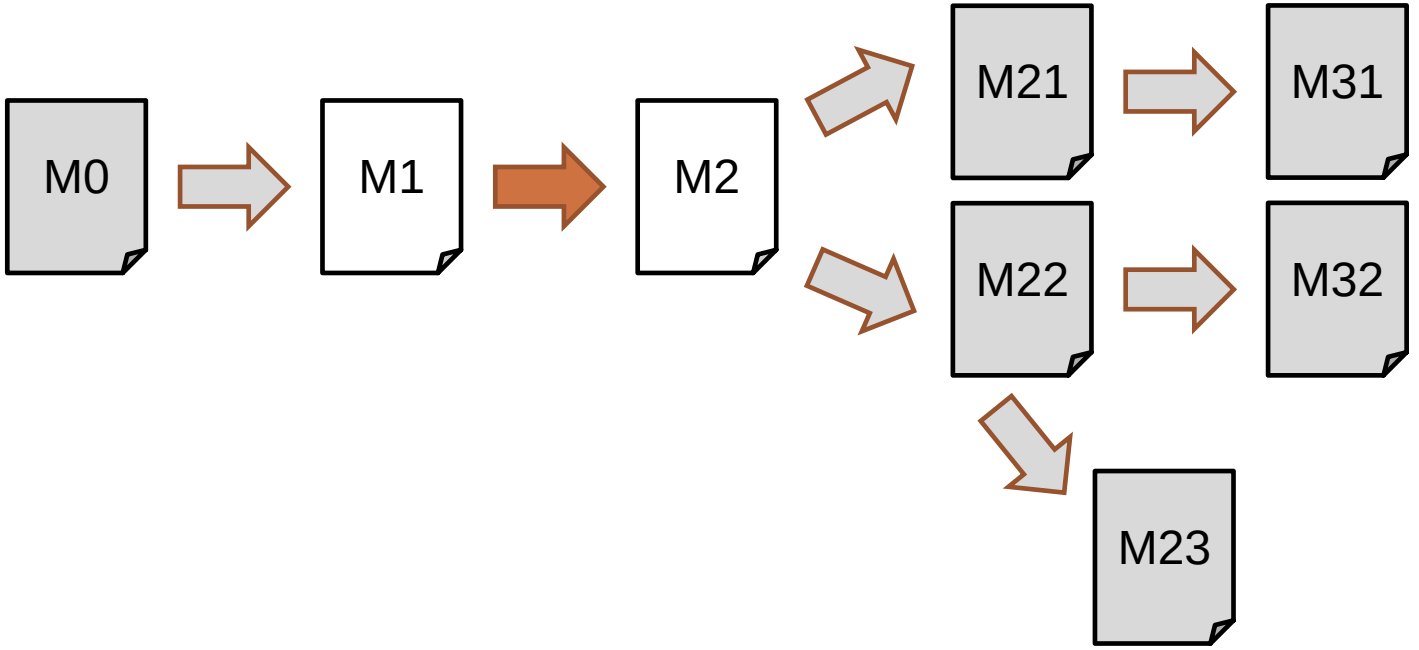
Dr. Semeráth Oszkár

Modelltranszformáció

- **Alapfogalmak**
- **Transzformációk láncolása**
- **Szabályalapú transzformációk**
- **Technológiák**

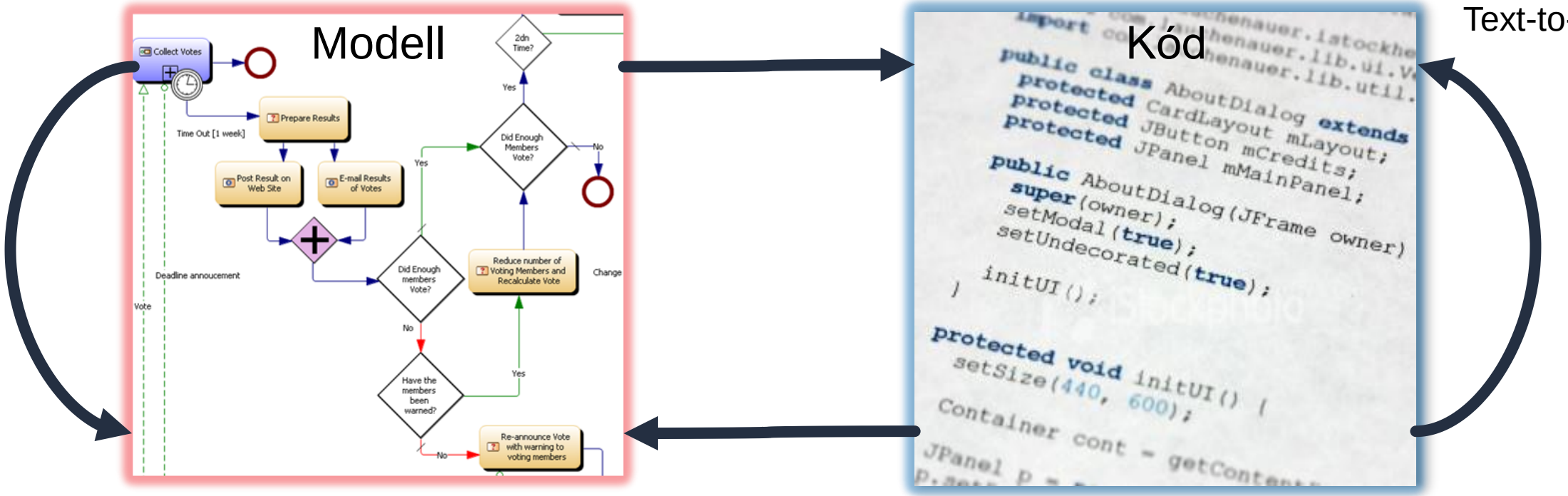
Motiváció: Modellek transzformációja

- **Modellalapú fejlesztés:** Modellek az elsődleges dokumentumok
- Modelleket fejlesztünk, automatizáljuk a modellfeldolgozást



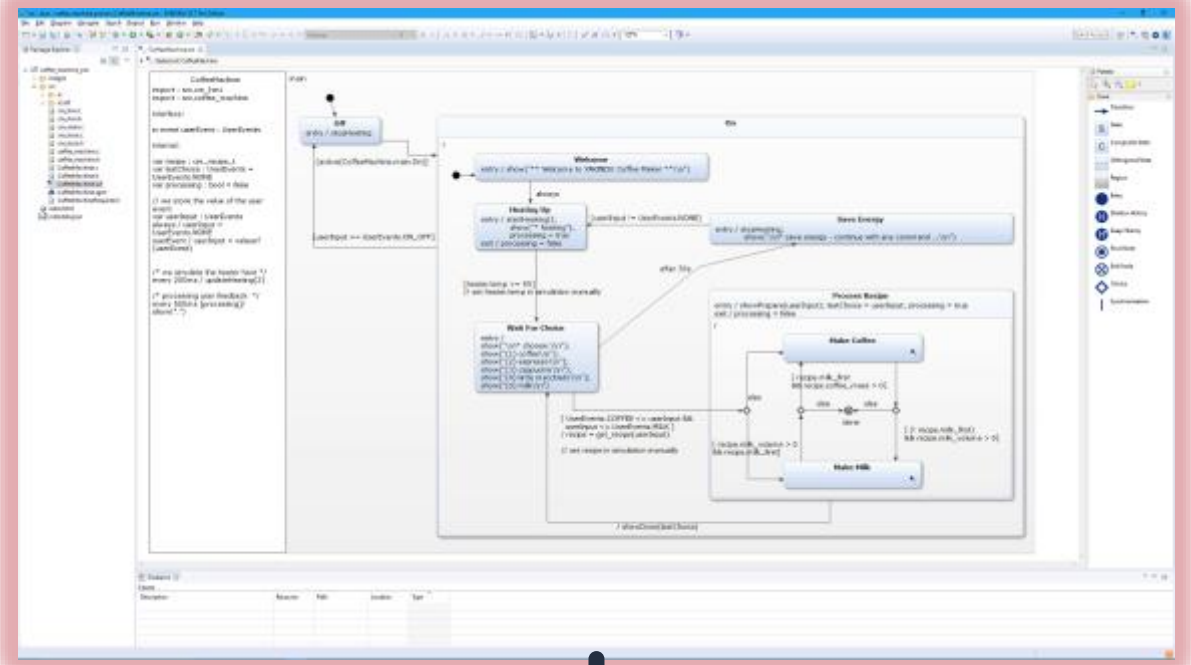
- **Cél:** modelltranszformációk hatékony megfogalmazása és végrehajtása

Transzformációk fajtái



M2T Példa

- Kód generálás



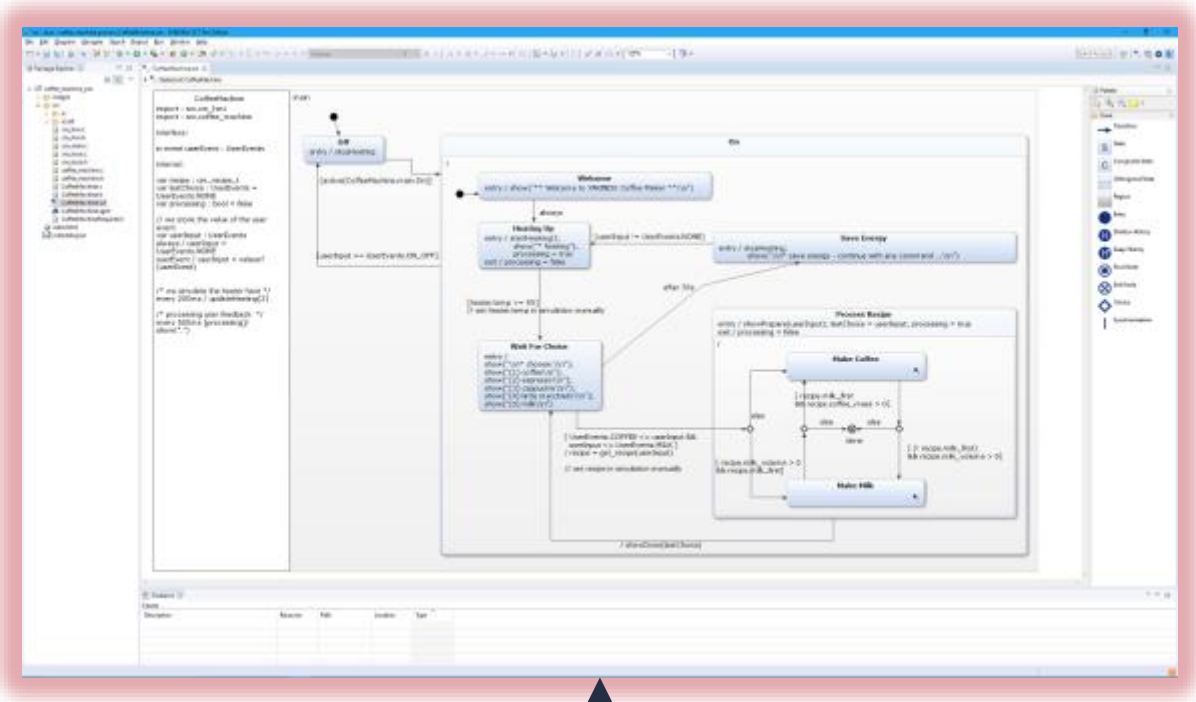
YAKINDU STATECHART TOOLS

```
#ifndef DEFAULTSM_H_
#define DEFAULTSM_H_
#include "sc_types.h"
#include "StatemachineInterface.h"

class DefaultSM : public StatemachineInterface
{
  public:
    DefaultSM();
    ~DefaultSM();
    /*! Enumeration of all states */
    typedef enum
    {
      main_region_MyState,
      DefaultSM_last_state
    } DefaultSMStates;
    //! Inner class for Sample interface scope.
    class SCI_Sample
    {
      public:
        /*! Gets the value of the variable 'a' that is defined in the interface scope 'Sample'. */
        sc_boolean get_a();
        /*! Sets the value of the variable 'a' that is defined in the interface scope 'Sample'. */
        void set_a(sc_boolean value);
        /*! Raises the in event 'evA' that is defined in the interface scope 'Sample'. */
        void raise_evA(sc_boolean value);
        /*! Checks if the out event 'evB' that is defined in the interface scope 'Sample' has been raised. */
        sc_boolean isRaised_evB();
        /*! Gets the value of the out event 'evB' that is defined in the interface scope 'Sample'. */
        sc_integer get_evB_value();
      private:
        friend class DefaultSM;
        sc_boolean a;
        sc_boolean evA_raised;
        sc_boolean evA_value;
        sc_boolean evB_raised;
        sc_integer evB_value;
    };
    /*! Returns an instance of the interface class 'SCI_Sample'. */
    SCI_Sample* getSCI_Sample();
    void init();
    void enter();
    void exit();
    void runCycle();
    sc_boolean isActive();
    sc_boolean isFinal();
    sc_boolean isStateActive(DefaultSMStates state);
  private:
    static const sc_integer maxOrthogonalStates = 1;
    DefaultSMStates stateConfVector[maxOrthogonalStates];
    sc_ushort stateConfVectorPosition;
```

T2M Példa

- Forráskóddal megfogalmazott kódrészletek importálása

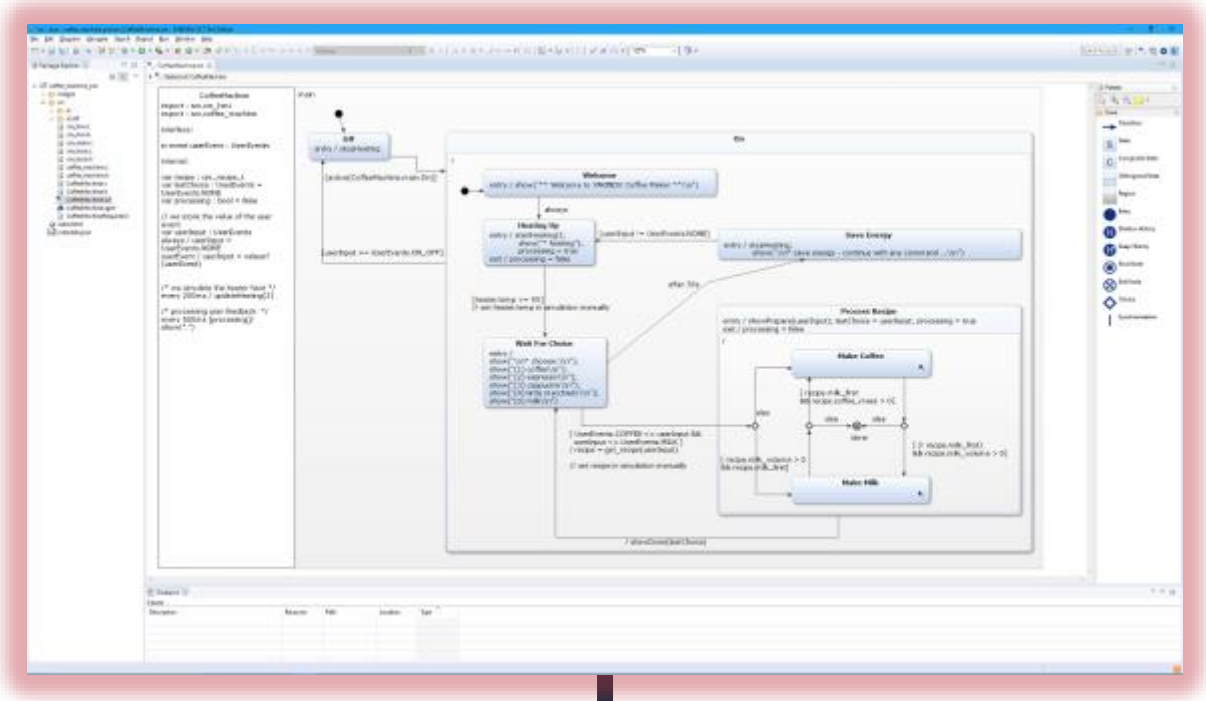


```
class Point
{
    public:
        int32_t get_x();
        void set_x(int32_t x);
        int32_t get_y();
        void set_y(int32_t y);
    private:
        int32_t x;
        int32_t y;
};
```

YAKINDU STATECHART TOOLS

1. M2M Példa

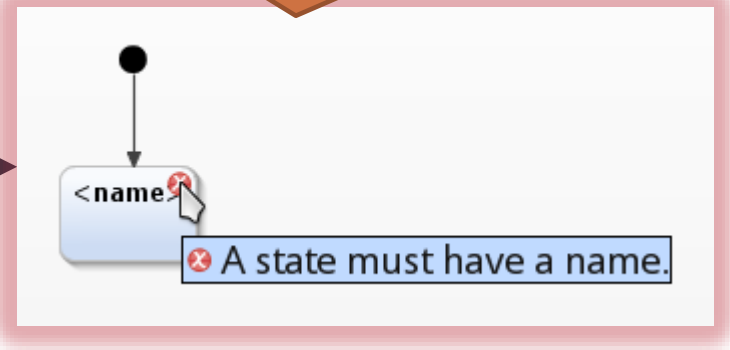
- M2M: Modell validálás: hibaminta → hibaüzenet



YAKINDU STATECHART TOOLS

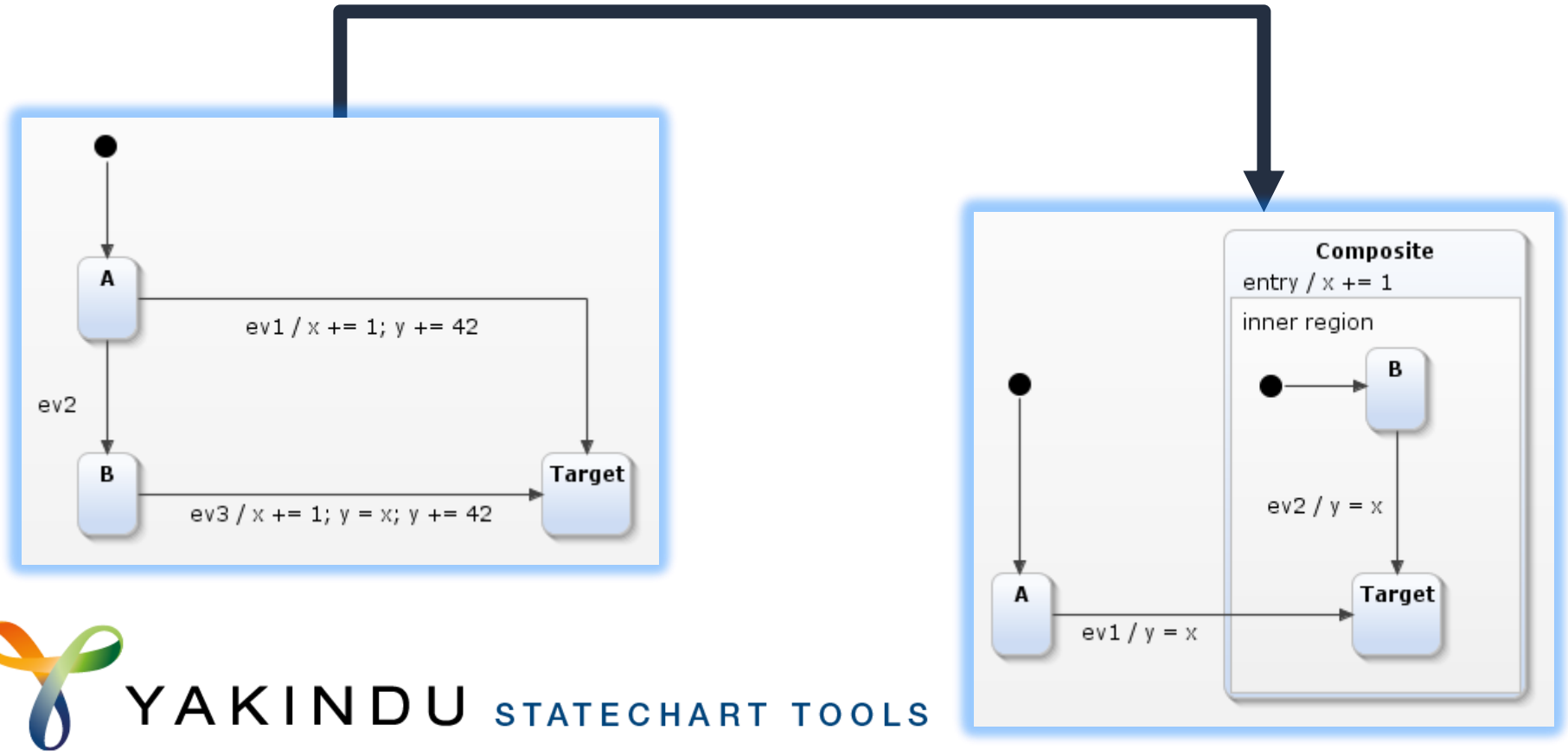
Vessük össze az OCL-lel:

- Nincs hibaüzenet
- Egyetlen objektumhoz van kötve
- Pozitívan van megfogalmazva (mikor helyes vs mikor hibás)
- Mikor kell futtatni
- Precíz szemantika
- Teljesítmény



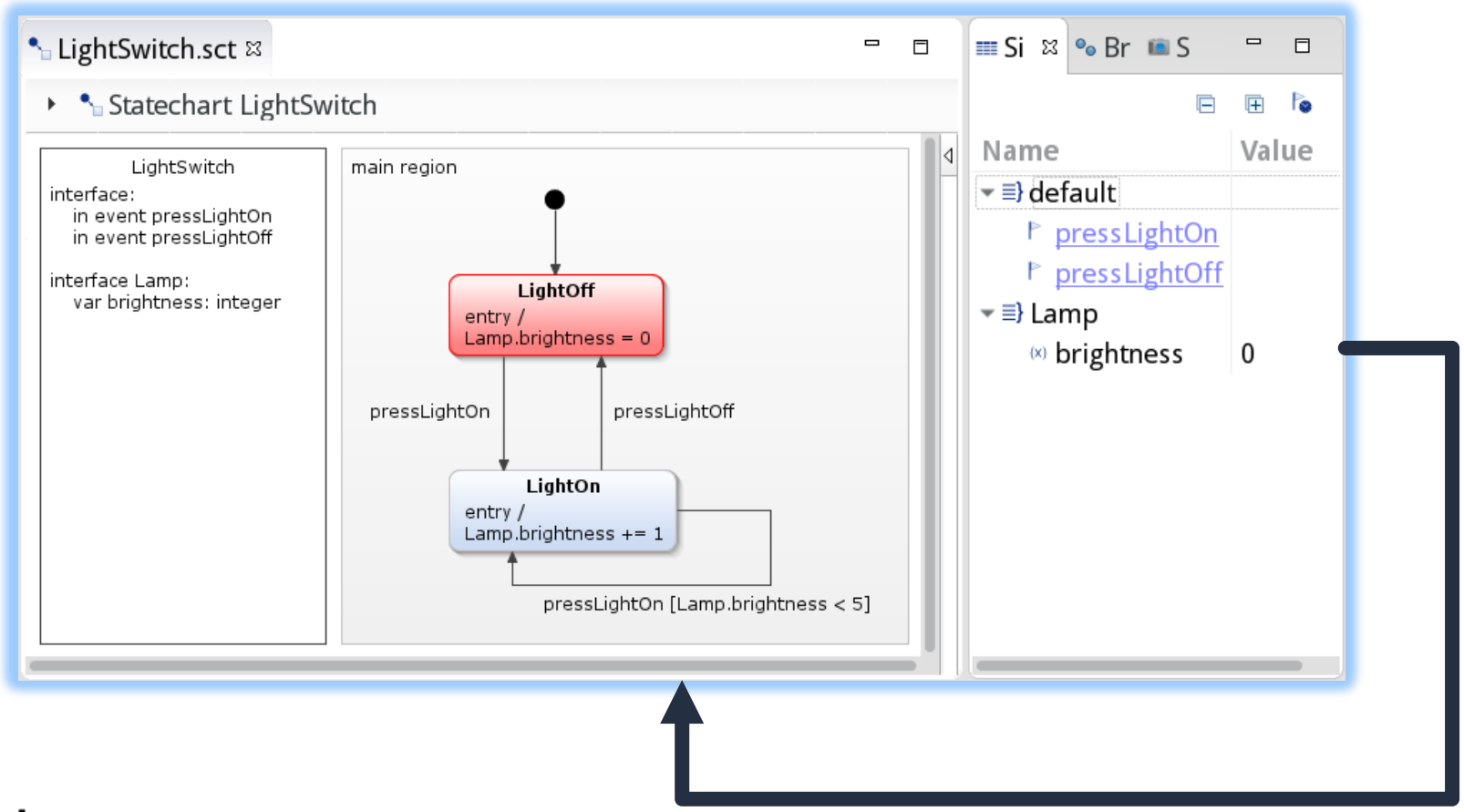
2. M2M Példa

- Modellek refaktorálása



3. M2M Példa

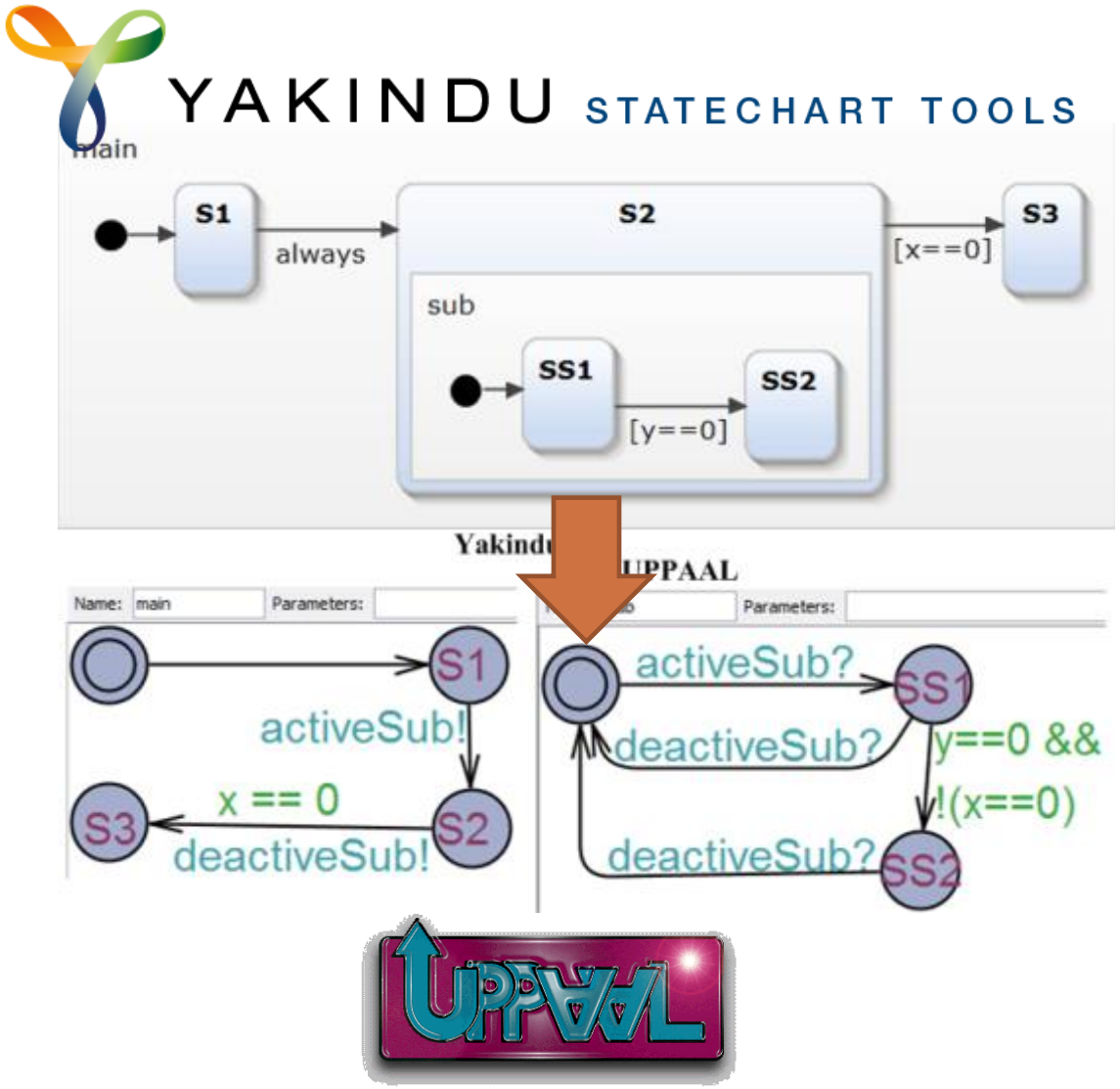
- Szimuláció
- Szemantika



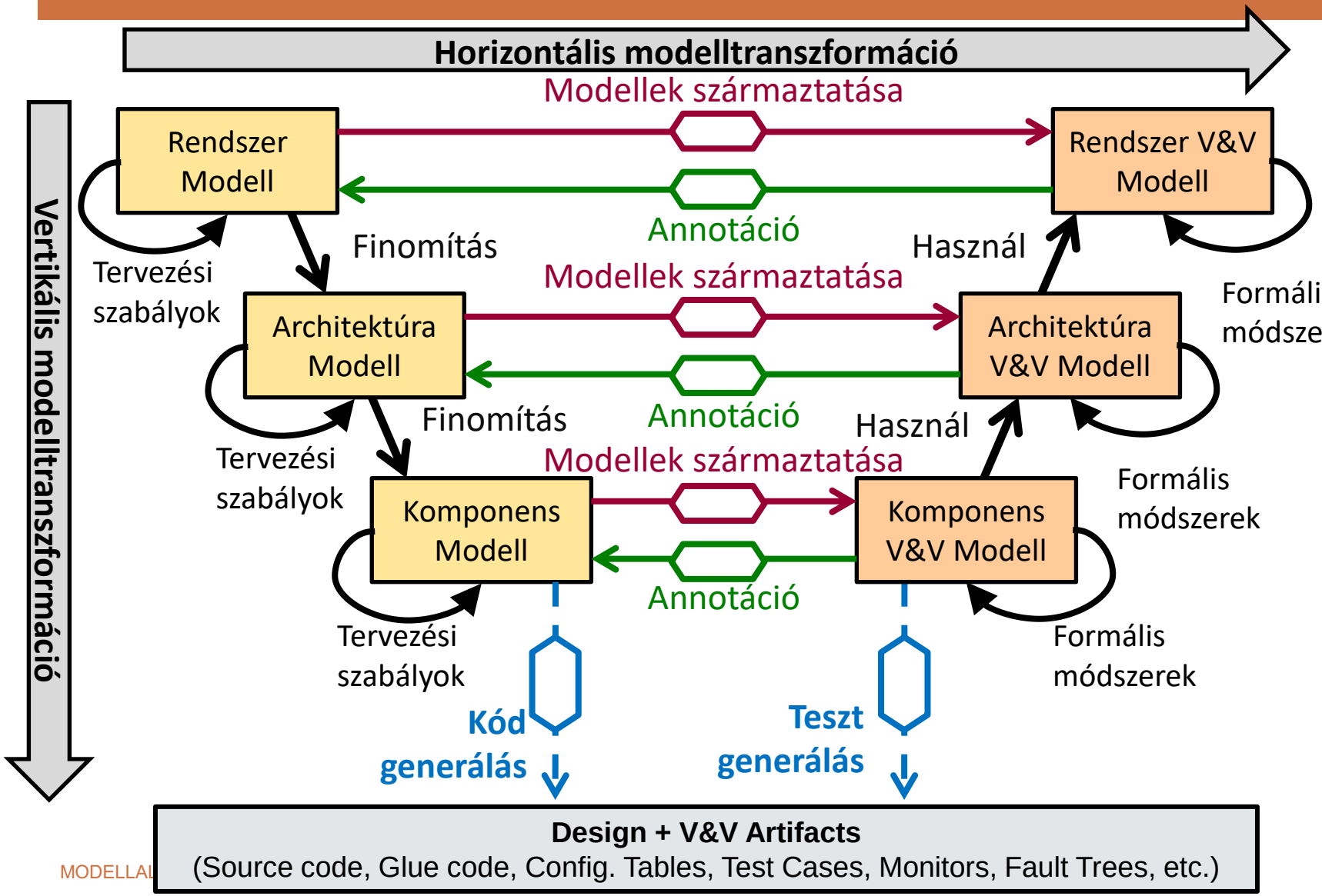
YAKINDU STATECHART TOOLS

4. M2M Példa

- Formális módszerek alkalmazása
- Rejtett formális módszerek: Speciális szakértelem nélkül alkalmazható algoritmusok
  - > Eszköztámogatás
  - > Eredmények visszavetítése



Modellek és Transzformációk kritikus rendszerek fejlesztésében



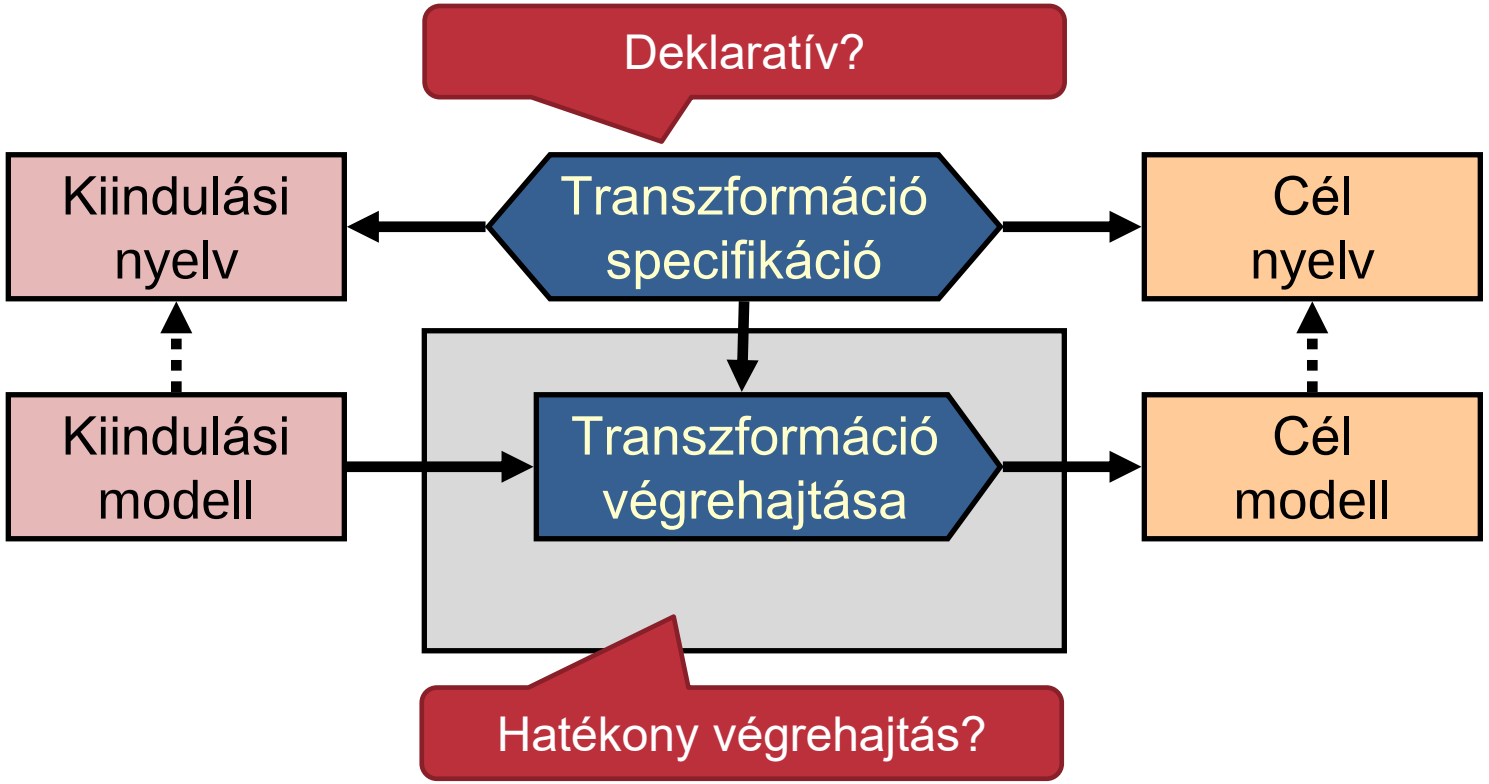
Modelltranszformációk:

- Szakértelem reprezentációjának alapja:

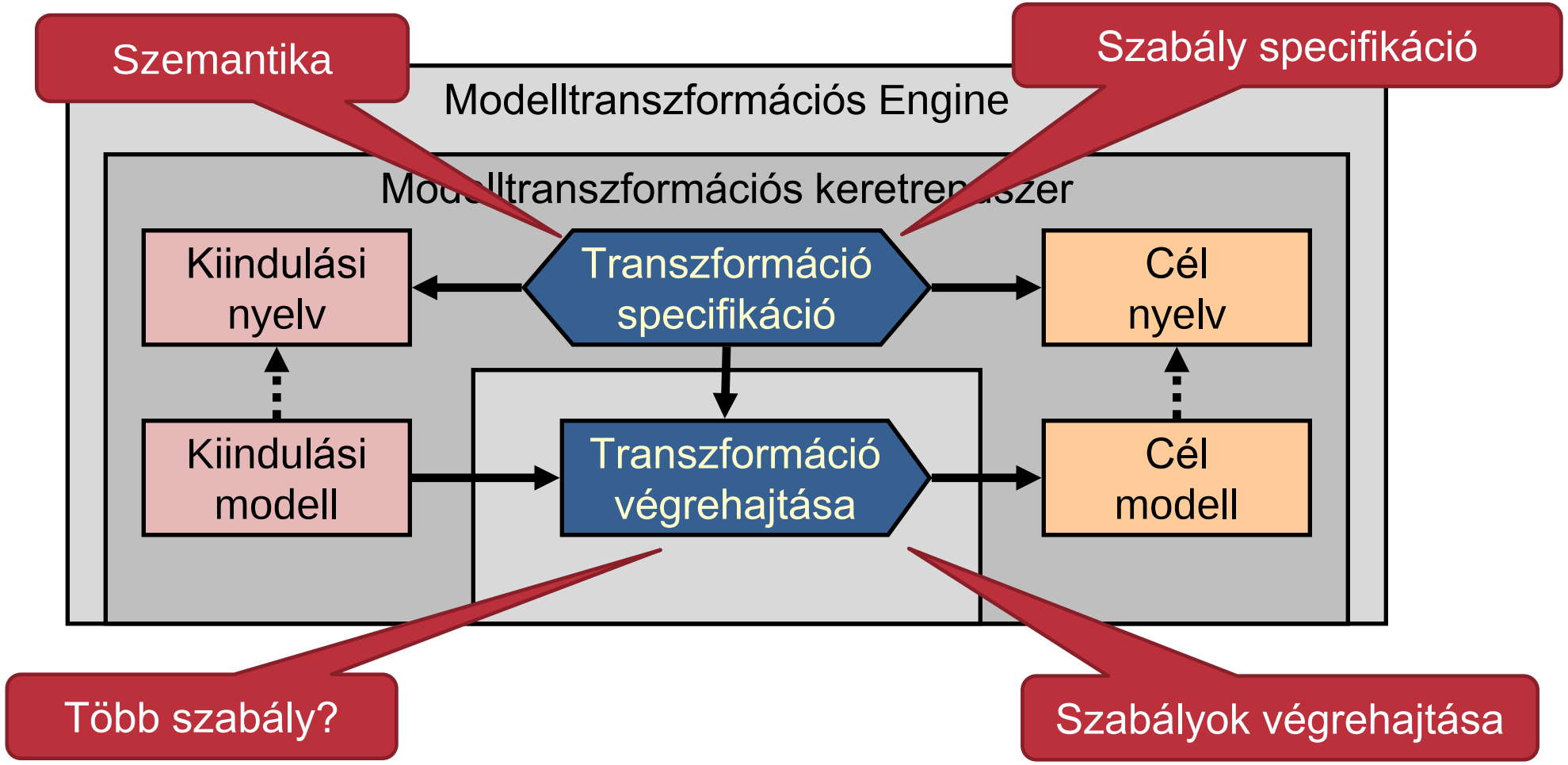
Elméleti eredmények → Eszközök

- Modellezési nyelvek és eszközök összekötése

Definíciók

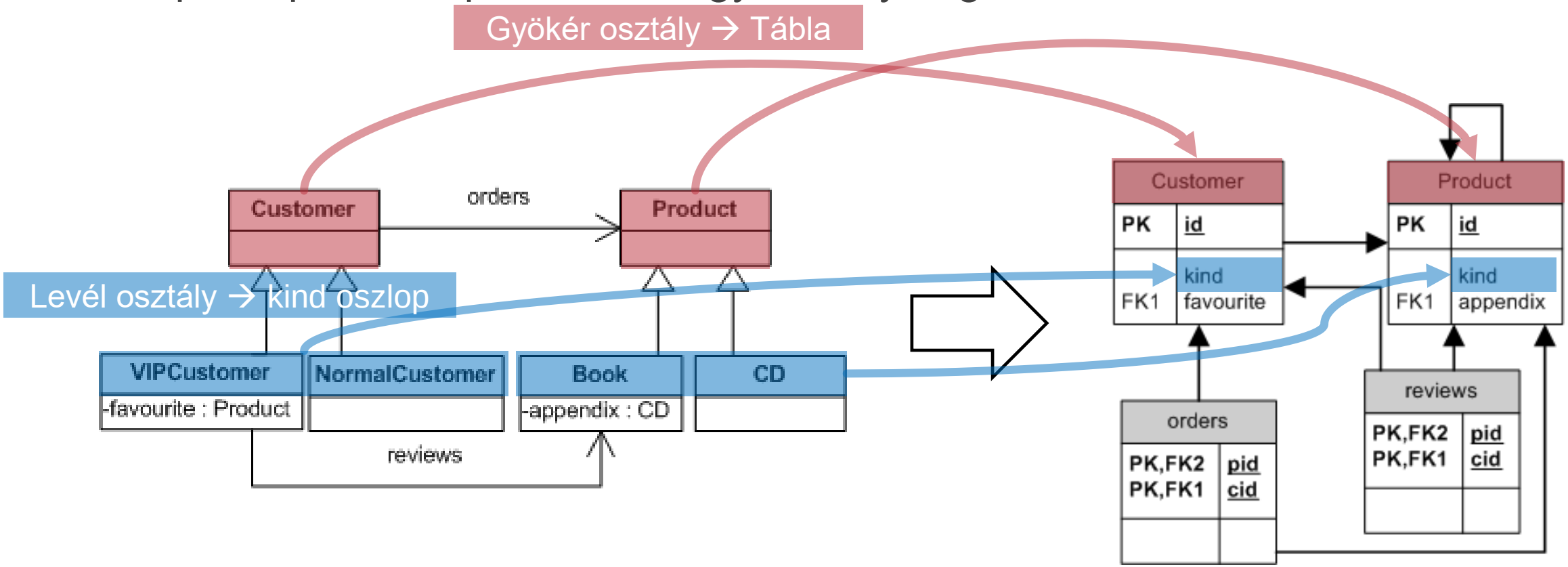

Deklaratív?
Kiindulási nyelv
Transzformáció specifikáció
Cél nyelv
Kiindulási modell
Transzformáció végrehajtása
Cél modell
Hatékony végrehajtás?

Definíciók és Kérdések



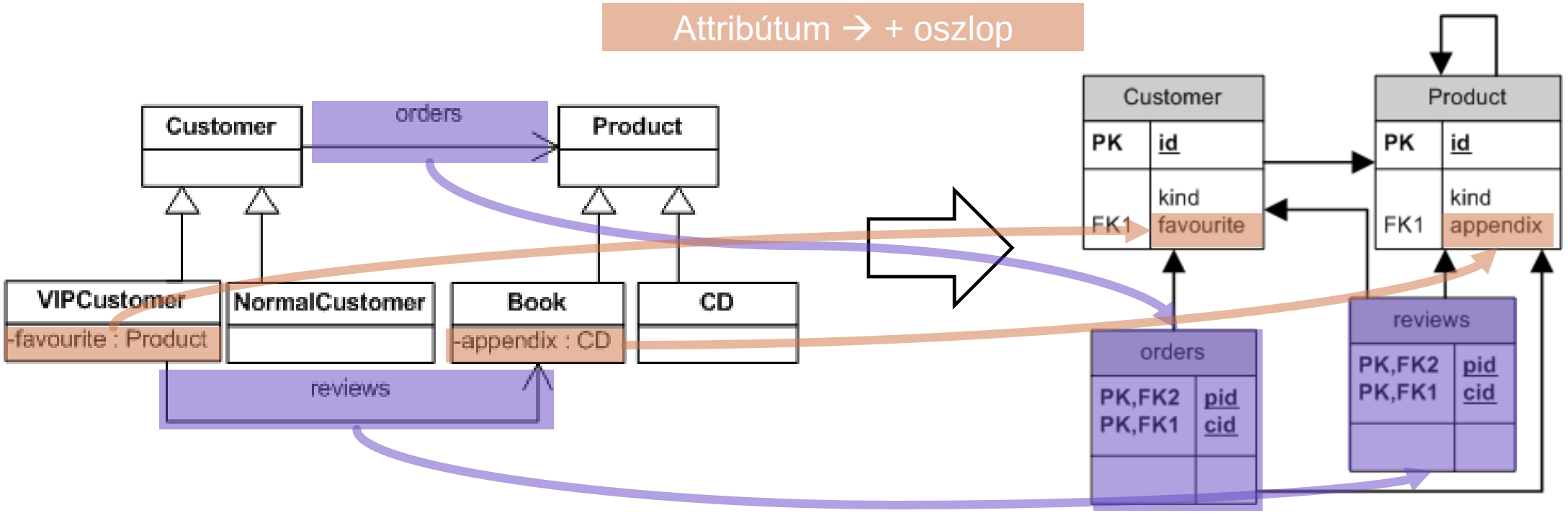
Példa leképezés: ORM

- Tipikus példa: képezzünk le egy osztálydiagramot adatbázis táblákra!



Példa leképezés: ORM

- Tipikus példa: képezzünk le egy osztálydiagramot adatbázis táblákra!

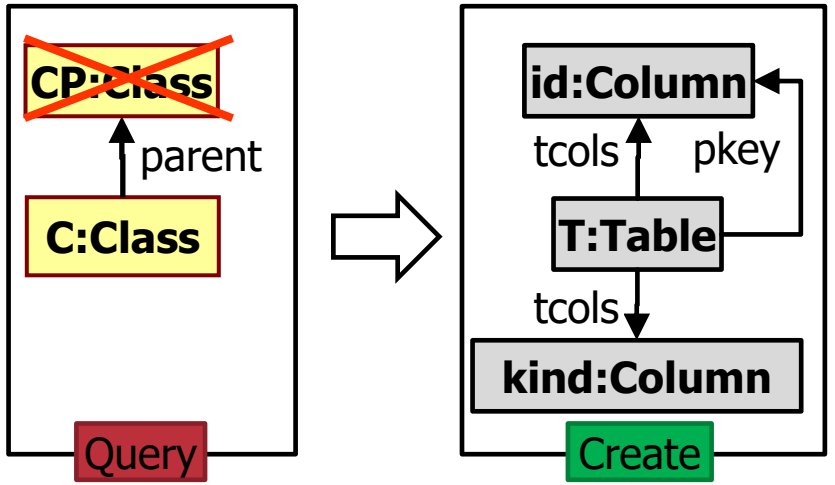


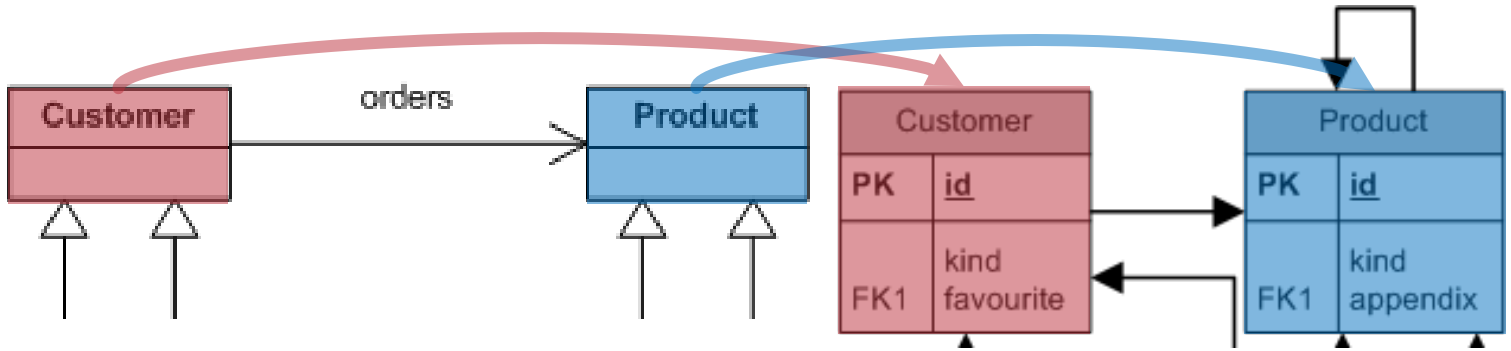
Példa Transzformáció

- Hogyan oldanánk a gyökér osztályokat reprezentáló táblák létrehozását?

1. Lekérdeznénk a gyökér osztályokat (osztály, aminek nincs őse)
2. Létrehoznánk a táblákat, és velük a szükséges oszlopokat
3. Ismételnénk amíg tudjuk

- Cél: Hasonló szabályokkal megfogalmazni az egész transzformációt

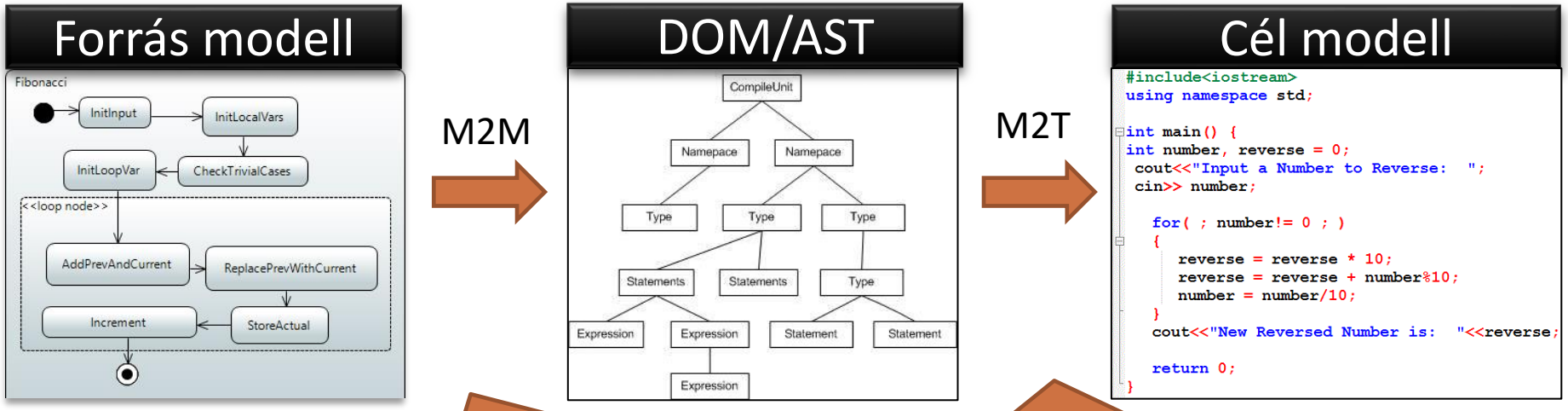




Modelltranszformáció

- Alapfogalmak
- **Transzformációk láncolása**
- Szabályalapú transzformációk
- Technológiák

Kódgenerálás modelltranszformációkkal



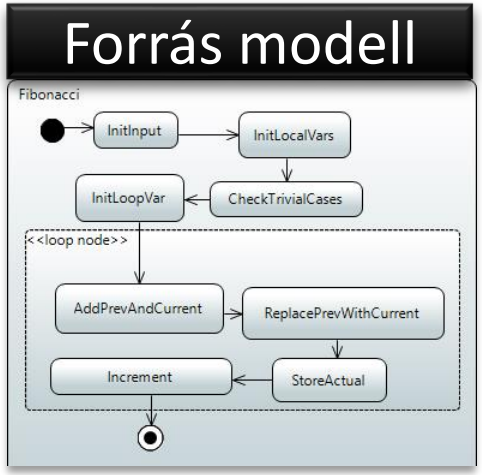
Model-to-Model (M2M)

- SRC: In-memory modell (objektumok)
- TRG: In-memory modell (objektumok)

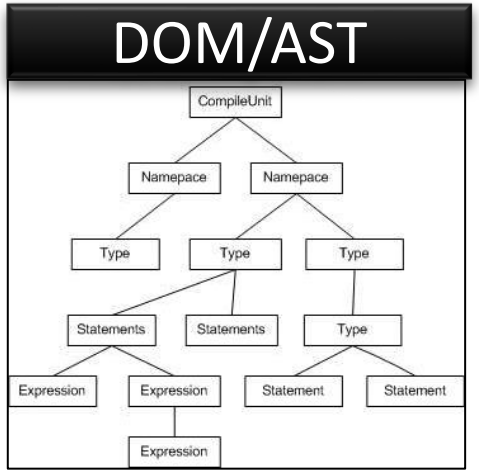
Model-to-Text (M2T)

- SRC: In-memory modell (objektumok)
- TRG: szöveges kimenet (string)

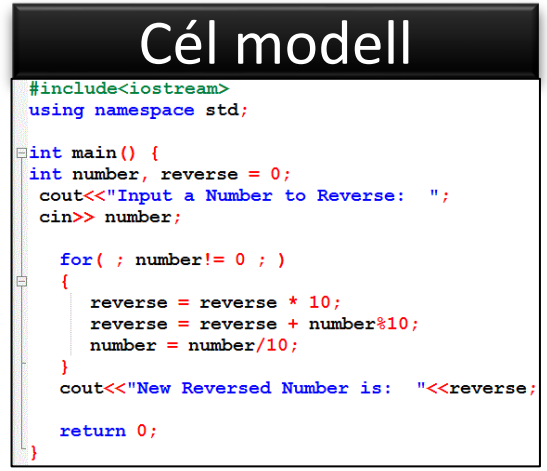
Modell transzformációk láncolása



M2M

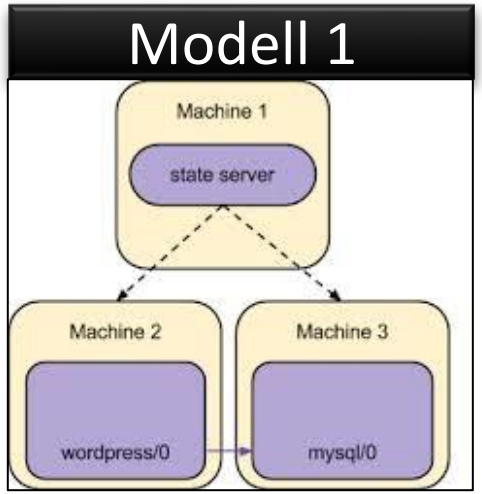


M2T

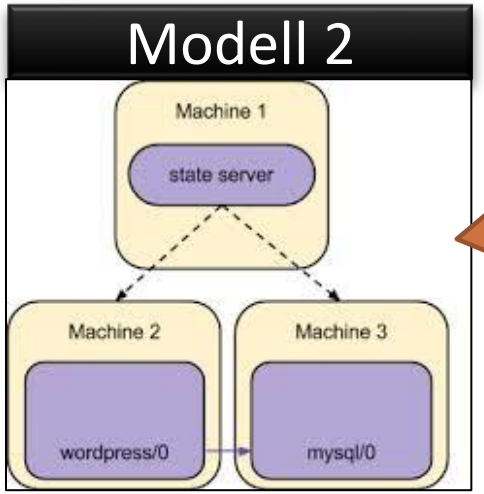


M2M

M2M



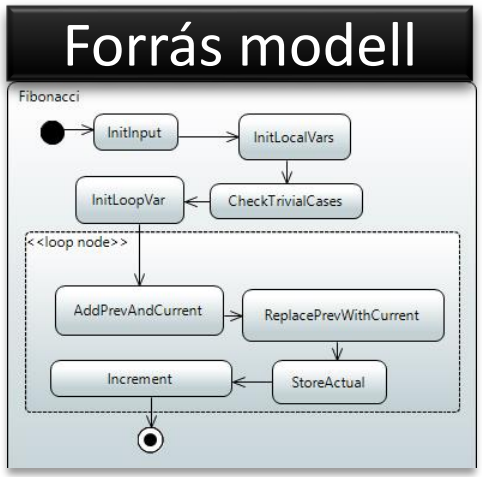
M2M

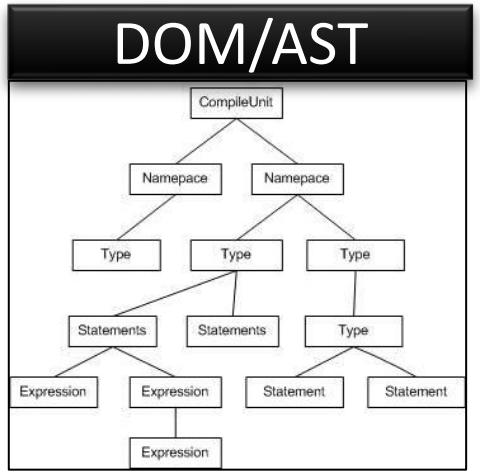


Cél:

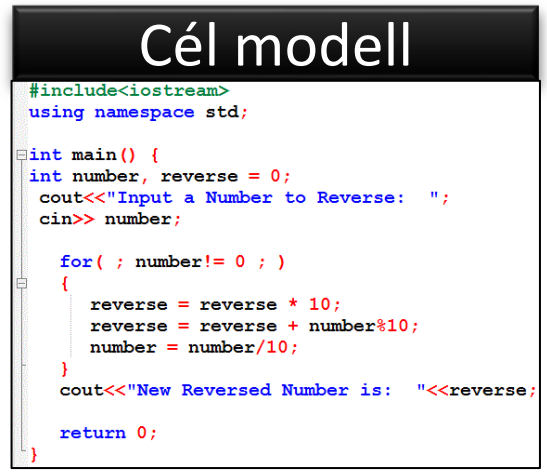
- Absztrakciós szakadék csökkentése
  „Oszd meg és uralkodj”
- Közbenső modellek újrahasználása

Modell transzformációk láncolása





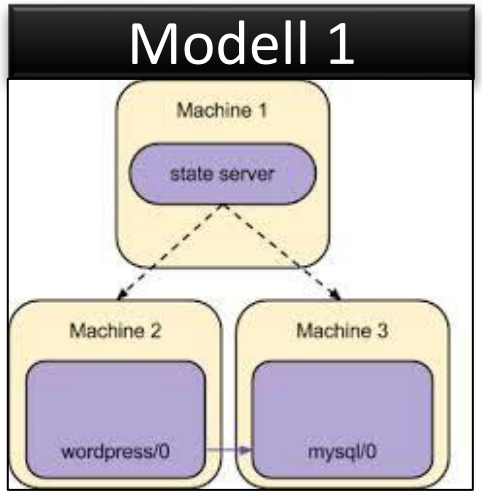
M2T



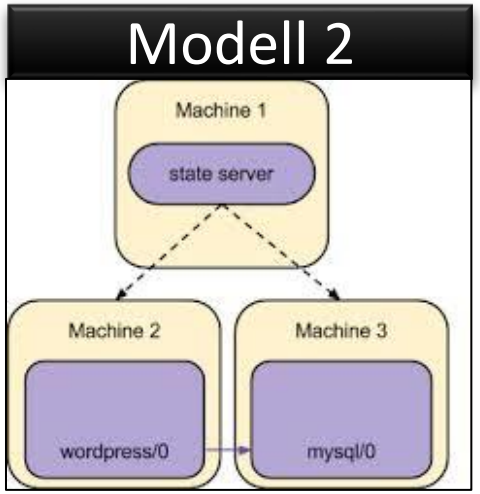
M2M

M2M

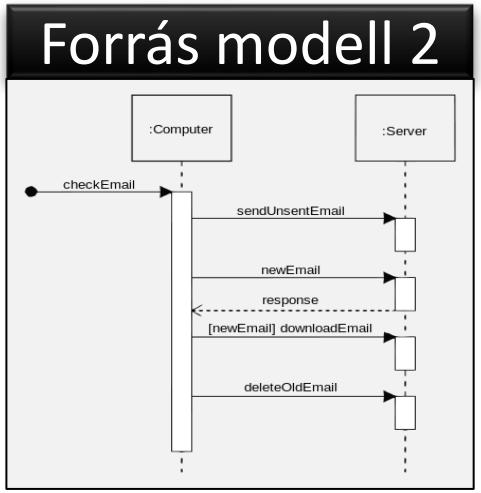
Közös optimalizálás



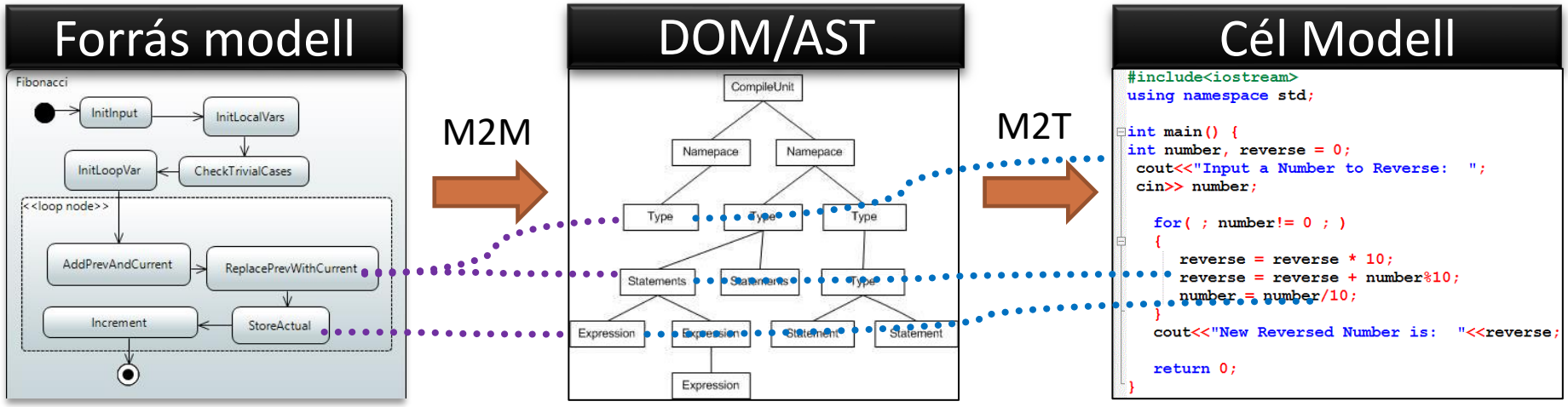
M2M



M2M

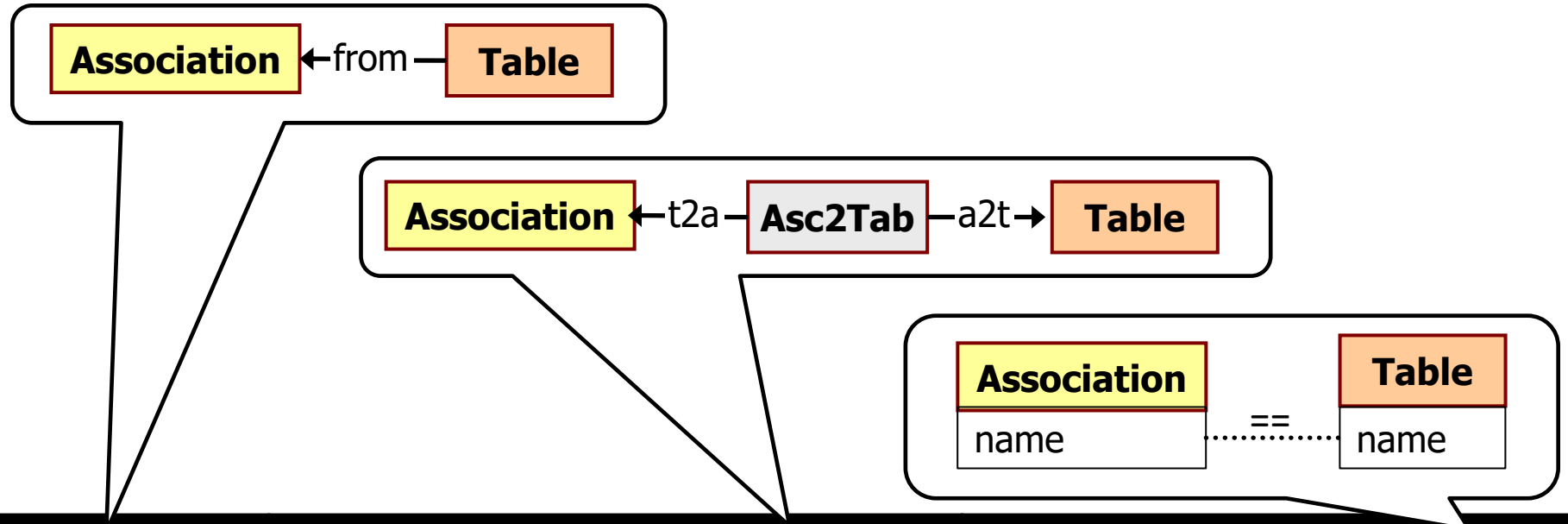


Nyomonkövethetőség modelltranszformációk során



- **Nyomonkövethetőségi összeköttetések (traceability links):** összeköti a forrás és cél modell elemeit
- Egyszerűbbé teszi a transzformációk specifikációját
- Összeköti az összes modellt
- Lehetővé teszi az inkrementális végrehajtást

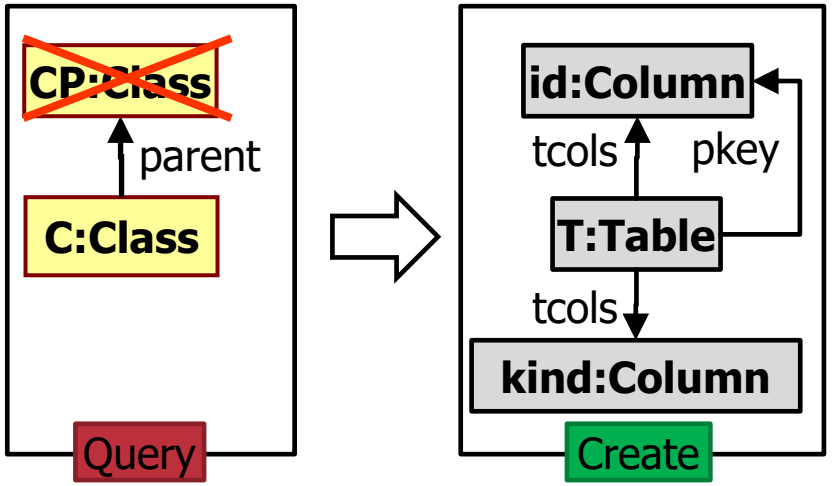
Nyomonkövethetőség fajtái

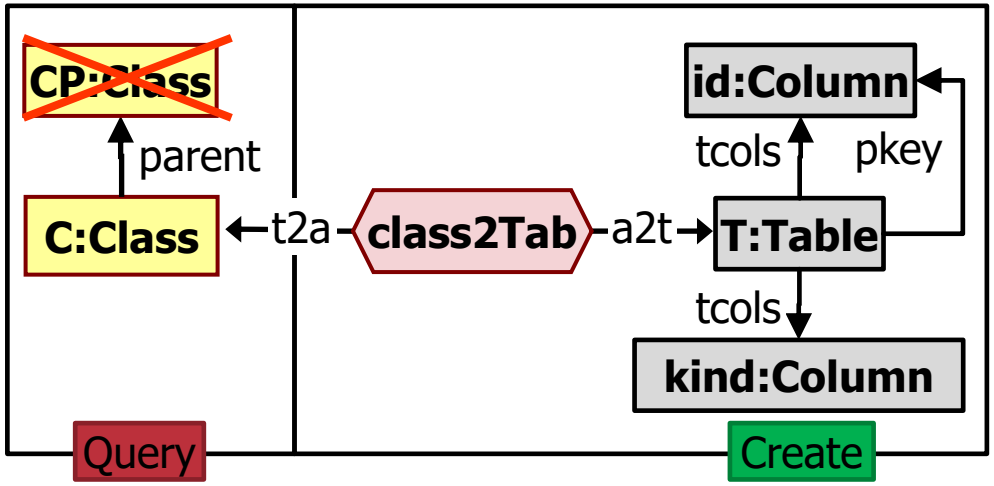


Direkt referenciák	Nyomonkövethetőségi modell	Soft referenciák
SRC↔TRG kereszthivatkozások	Új metamodell és modellek	Logikai kapcsolat: id / név / lekérdezés / modell index alapján
Intrúzív: metamodellt és példánymodell kiegészítse	Összetett, nagy overhead	Azonosítás szükséges; limitált kifejezőerő (nem mondja el, ha nem található)

Példa: ORM

- Hogyan kössük össze a generált táblákat az osztályokkal nyomonkövethetőségi modellel?





Modelltranszformáció

- Alapfogalmak
- Transzformációk láncolása
- **Szabályalapú transzformációk**
- Technológiák

Modelltranszformációk specifikációja

- **Imperatív: direkt modell manipulálás**
  - > Gyors és egyszerűen elkezdhető
  - > De mi van akkor, ha valami bonyolult kell?
    - – Bonyolultabb szabályok, újabb esetek?
    - – Inkrementalitás?
    - – Kétirányú modelltranszformáció?
- **Deklaratív, szabály alapú**
  - > *Gráftranszformációk*
  - > Hybrid: lekérdezés + imperatív végrehajtás (VIATRA etc.)
  - > „Relációs” (QVT-R, TGG, ATL, etc.)

Szabály alapú modelltranszformációk

- Egység: **MT szabály**

Minden előfordulásra…	**Alakítsa át…**
Öröklési hierarchia gyökéreleme	Készíts egy táblát
Osztály attribútuma	Adj hozzá egy oszlopot
Asszociáció osztályok között	Készíts táblát idegen kulcsokkal

I. Prekondíció **Deklaratív modell lekérdezés**	**II. Akció** **Deklaratív vagy imperatív**

Szabály alapú rendszerek

Hol láthatunk hasonlót?

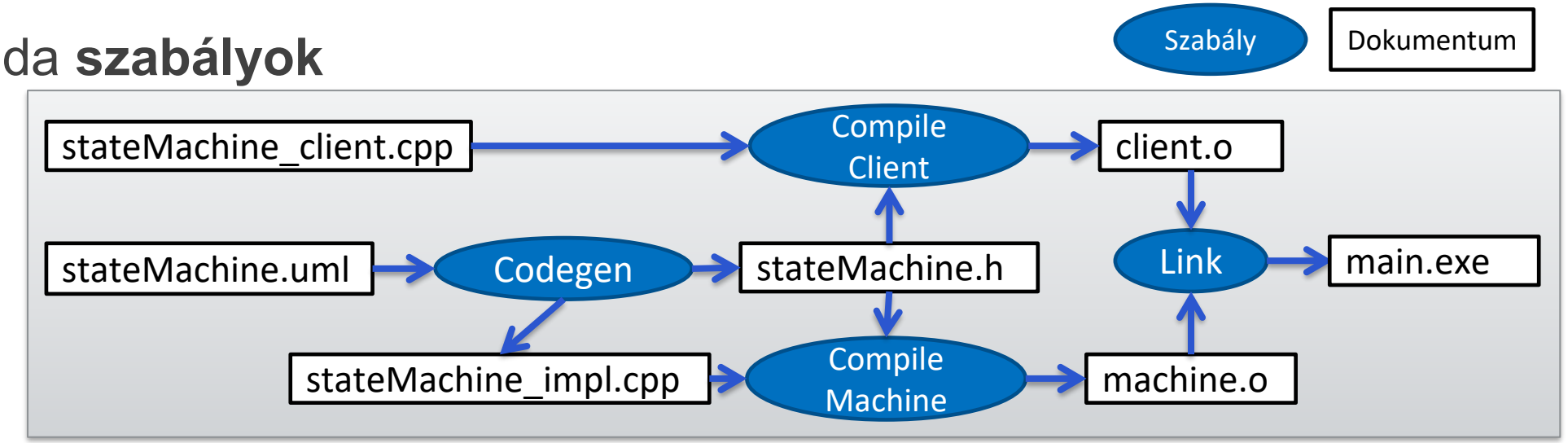
- **Modelltranszformációk**
- Build szkriptek (MAKEFILE, Maven, gradle etc.)
  - > Szabály: építsed meg a specifikáció alapján ezt az állományt *(akció),*
  - > Amikor az összes szükséges állomány készen áll *(prekondíció)*
- Üzleti szabályok és szakértői rendszerek (Jboss Drools, etc.)
- Nyelvtani szabályok *(lásd szöveges szintaxis előadások)*
- CSS

Inversion of Control (**IoC**)

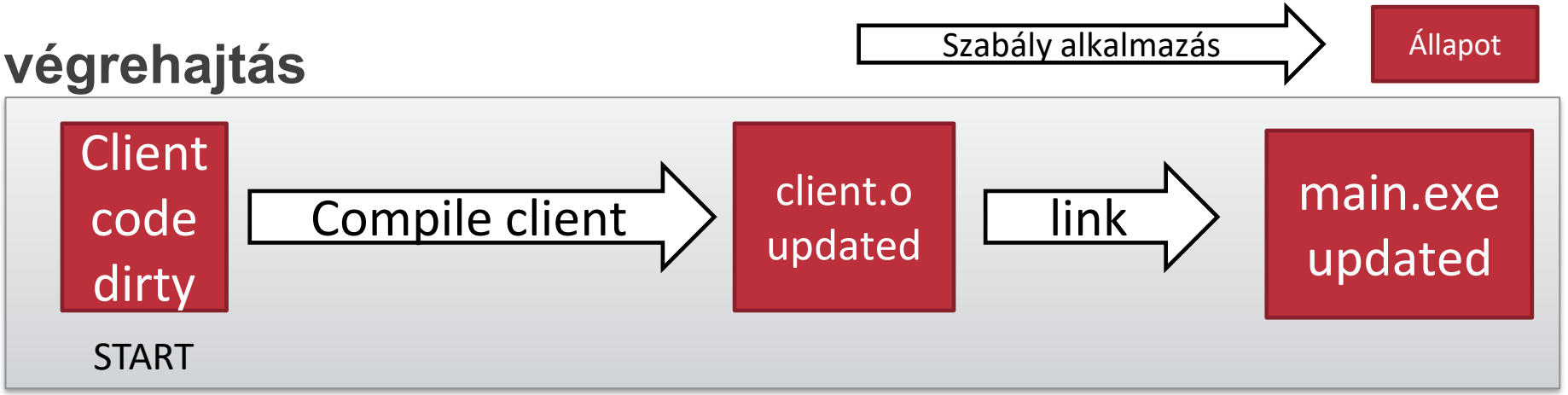
- Deklaratív szabályok végrehajtása
  - **Transzformációs motor** interpretálja az előfeltételt
  - Szabályokat **eltüzeli** amikor és ahol engedélyezettek
- Számos végrehajtási szemantika
  - „As long as possible” (amíg lehetséges) / „fire when possible” (amikor lehetséges)
    - Iteráljunk amíg van szabálynak **aktivációja**
    - Válasszunk ki egy aktivációt (**conflict resolution**)
    - tüzeljük el
  - „Fire all current”
    - Keressük meg az összes *jelenlegi* aktivációt,
    - tüzeljük el
  - Tetszőleges vezérlés

Build Szkript példa

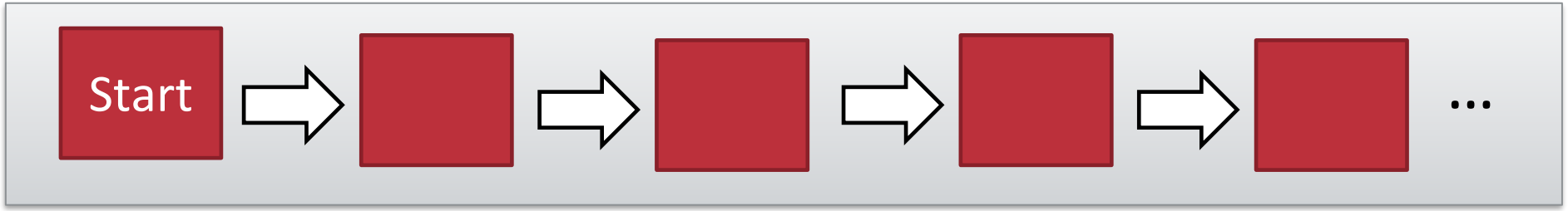
- Példa **szabályok**



- Példa **végrehajtás**

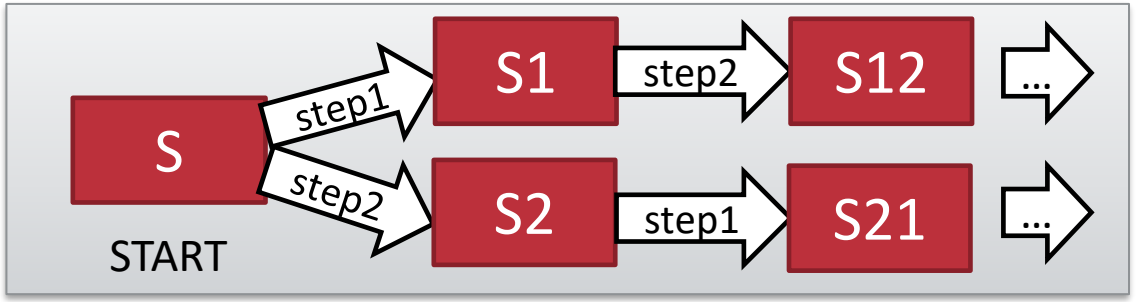


Tipikus problémák: terminálódás

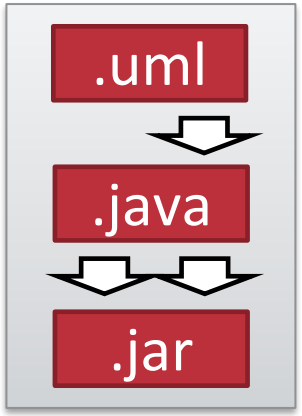


- Szükséges belátni, hogy a szabályok terminálódnak!
- Példák nem-terminál szabályokra:
  - Makefile: egy build lépés felülírja az egyik bemenetét (*re-dirties*)
  - MT szabály újabb és újabb objektumokat készít
  - MT szabály 1 készít egy elemet, MT szabály 2 kiszedi, MIT szabály 1 újra beteszi…
- Általános esetben nem létezik szisztematikus módszer a terminálódás eldöntésére

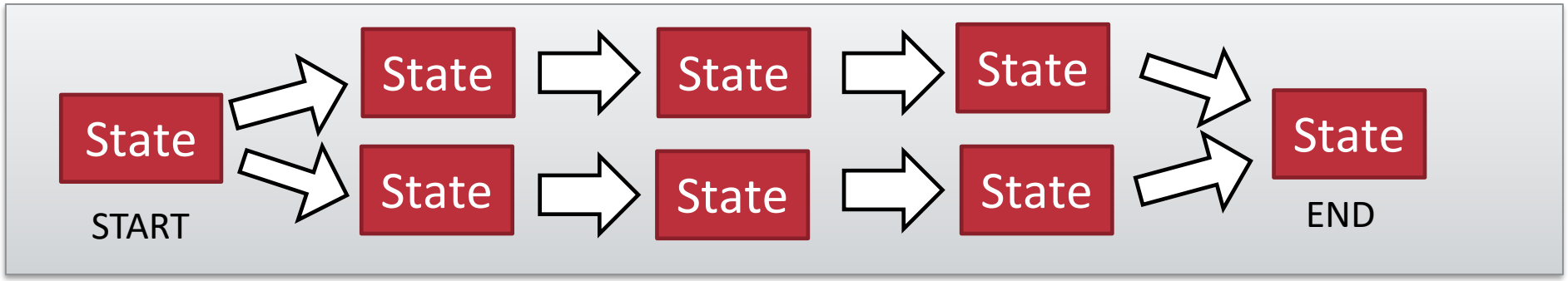
Tipikus problémák: Sorrendezés



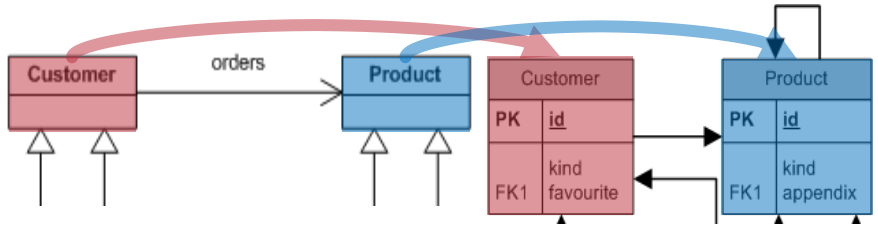
- Szükséges lehet a helyességhez
  - > osztály leképezése →
  - > attribútum leképezése
- Máskülönben a teljesítményre lehet hatással
  - > Makefile: dirty .java forráskódot fordítunk,
  - > majd lefordítjuk a dirty .uml állományt, ami újra dirty-vé teszi a binárist
  - > a .java állományt újra le kell fordítani
- Hogy oldjuk meg?
  - > Okos végrehajtás (nem mindig megoldható, de pl: Makefile)
  - > Sorrendezést adjuk hozzá az előfeltételhez
  - > **Prioritások:** szabályokhoz prioritást rendelünk: alacsony prioritás → magas prioritás



Tipikus problémák: Konfluencia



- A kiindulóállapot határozza meg a végső állapotot
  - > A kimenet független legyen a transzformációs lépések választásától
  - > Konfluencia fontos, teljes determinisztikuság nem mindig szükséges.
- Példák
  - > Makefile: melyik fájlokat fordítsam le előbb? Nem számít…
  - > Melyik osztályt képezzem le előbb? Nem számít…



- Általános esetben nem létezik szisztematikus módszer konfluencia eldöntésére

Modelltranszformáció

- **Alapfogalmak**
- **Transzformációk láncolása**
- **Szabályalapú transzformációk**
- **Technológiák**

Milyen technológiák állnak rendelkezésre?

- **Imperatív megoldás:** bejárjuk a modellt, módosítjuk, elmentjük.

- **Sablon alapú:** tipikusan forráskód vagy más szöveges output generálására
  - > Adott a szöveges kimenet váza, a hiányzó részeket kiegészítjük
  - > Ezeket átnézzük most

- **Gráftranszformáció alapú**
  - > Következő előadás, Gyakorlat

XSLT

- EXtensible Stylesheet Language Transformations
- Feldolgozás, sablonok (template) illesztésével
- XML dokumentumok transzformációja
  - Deklaratív szemantika (XML)
  - XML vagy más, tetszőleges szöveges kimenet
  - Navigáció XPath-szal

Példakód

```xml
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-2"?>

<?xml-stylesheet type="text/xsl"
href="pelda.xsl"?>

<Stílusok>

  <Piros tipus="szin">

    <Vörös tipus="szin">Ez vöröske</Vörös>

    <Bordó tipus="szin">Ez bordó hordó</Bordó>

  </Piros>

  <Kék tipus="szin">Ez bizony kék</Kék>

  <Dőlt tipus="font">Ez pedig dőlt</Dőlt>

</Stílusok>
```

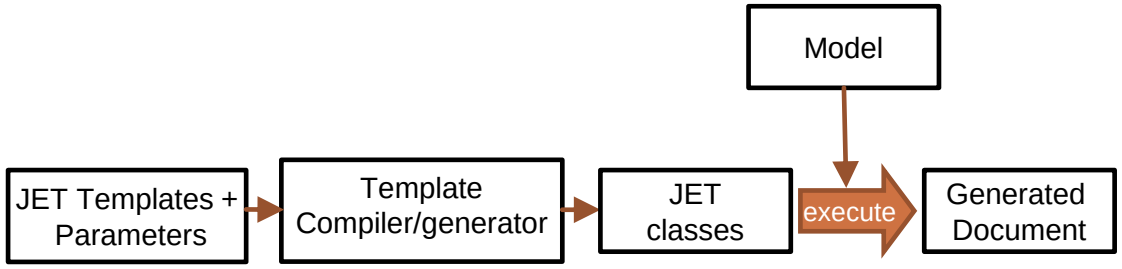
```xml
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-2"?>
<xsl:stylesheet xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform" version="1.0">
  <xsl:template match="Vörös">
            <font Color="#FFAA00"><xsl:value-of select="."/></font>
  </xsl:template>
  <xsl:template match="Bordó">
            <font Color="#900000"><xsl:value-of select="."/></font>
  </xsl:template>
  <xsl:template match="Kék">
            <font Color="#0000A0"><xsl:value-of select="."/></font>
  </xsl:template>
  <xsl:template match="Dőlt">
            <i><xsl:value-of select="."/></i>
  </xsl:template>
</xsl:stylesheet>
```

```
<font Color="#FFAA00">Ez vöröske</font>
<font Color="#900000">Ez bordó hordó</font>
<font Color="#0000A0">Ez bizony kék</font>
<i>Ez pedig dőlt</i>
```

Még két XML szintaxisú

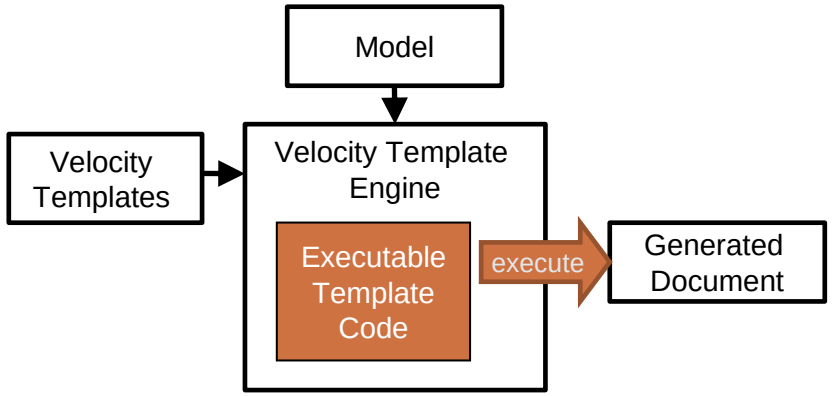
Java Emitter Templates

- JSP-re hasonlító nyelv
- Java-ra fordul
- Input: java objektumok
- Output: szöveg
- EMF része, EMF kódgenerátor



Apache Velocity

- JSP-re hasonlító nyelv
- Interpretált
- Input: Map
- Output: szöveg



Példa kódok, avagy <% %> vs. #( )

Java Emitter Templates

```
<%@ jet package="hello"
imports="java.util.*" class="XMLDemoTemplate" %>
<% List elementList = (List) argument; %>
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<demo>
<% for
    (Iterator i = elementList.iterator();
                          i.hasNext(); ) { %>
<element><%=i.next().toString()%></element>
<% } %>
</demo>
```

Apache Velocity

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<demo>

#set( $tempString = "Element")
#foreach( $element in $elementList)
   <element> ${element.toString()} <element>
#end
</demo>
```

Template

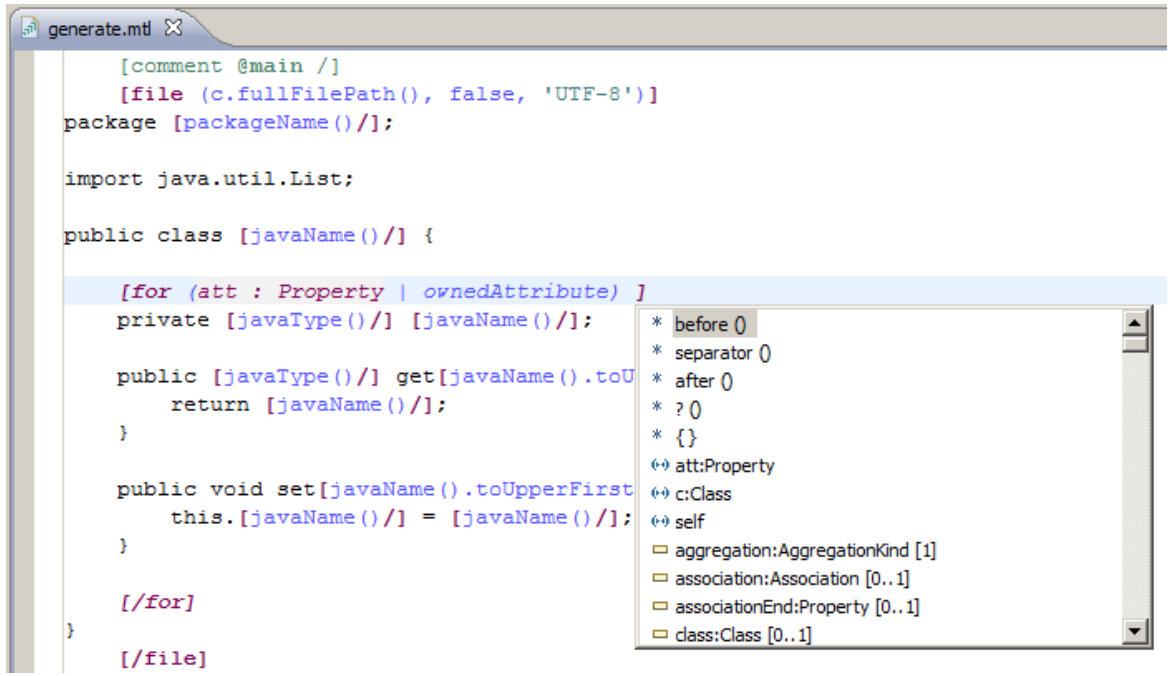
Output

Példa kimenet output

```
<demo>
        <element>A</element>
        <element>B</element>
</demo>
```

Acceleo

- Kódgenerátor EMF modellekhez
- OMG Model to Text Language (MOFM2T) implementáció
- Eclipse alapú, stabill fejlesztőeszköz
- Modulokból áll
  - > Import lehetséges
- Nyelvi elemek
  - > Sablonok
  - > Lekérdezések
  - > Ciklus, elágazás, értékadás, …



Pár Acceleo sajátosság

- Sablonok

```
[template public generate(c : Class)]

    [comment @main /]
    [file (c.name, false, 'UTF-8')]
    [c.name/]
    [/file]

[/template]
```

- Előfeltételek (mikor fusson le a sablon? → Funkcionális nyelvek?)

```
[comment Generates the java code for a class property that belongs to an association and is ordered /]
[template public genAssociation(p : Property) ? (owningAssociation <> null and isOrdered)]

[/template]
```

- OCL Lekérdezések:

```
[query public getPublicAttributes(c : Class) : Set(Property) =
    c.attribute->select(visibility = VisibilityKind::public)
/]
```

Acceleo összefoglalás

- Pro
  - Hatékony EMF modellekhez? → Lásd következő gyakorlat!
  - Van debug lehetőség!
- Kontra
  - Csak Java, csak EMF
  - Új nyelvet kell megtanulni
    - Nem nehéz megtanulni
    - OCL-t viszont nehéz volt használni

Xtend

- Általános célú programozási nyelv (Kotlin előtti modern java)
- Objektum orientált
- Transzparens együttműködés Java-val
  - Statikus típusellenőrzés
  - Java típusrendszer
  - Java kódra fordul
  - Oda-vissza hivatkozás

Xtend nyelvi elemek

```
import com.google.inject.Inject

class DomainmodelGenerator implements IGenerator {

 @Inject extension IQualifiedNameProvider nameProvider

 override void doGenerate(Resource resource, IFileSystemAccess fsa) {
        for(e: resource.allContentsIterable.filter(typeof(Entity))) {
            fsa.generateFile(
                e.fullyQualifiedName.toString.replace(".", "/") + ".java",
                e.compile)
        }
 }
 def compile(Entity e) '''
     «IF e.eContainer != null»
      package «e.eContainer.fullyQualifiedName»;
     «ENDIF»
     public class «e.name»
       «IF e.superType != null»extends «e.superType.shortName» «ENDIF»
     {
     «FOR f:e.features»
      «f.compile»
     «ENDFOR»
     }
'''
```

Java interop

Nincs ;

Típuskövetkeztetés

Első paraméter kihagyható

''' = template

String interpolation

Grey Space:
sablon szóköz vs kód szóköz

Vezérlési struktúrák template-ekben

Xtend összefoglalás

- Pro
  - Könnyen tanulható, produktív kódolás
  - Nagy kifejezőerő (bonyolult kód röviden írható)
  - Java kompatibilis
- Kontra
  - Csak Java támogatott
  - Automatikus build?
  - Eclipse-alapú (de ma már külön is futhat)

Microsoft T4

- **T**ext **T**emplating **T**ransformation **T**oolkit
- Szöveg blokkok és vezérlési logika egy fájlban
  - Szöveg blokk kimásolódik a kimenetre
  - C# vagy VB
    - Tud írni a kimenetre
  - Hasonló, mint az ASP.NET, PHP, …
- Ahol használják: DSL Tools, Entity Framework, VMTS…

Vezérlési blokkok

- Kód blokk: <# … #>
- Kifejezés blokk: <#= … #>
  - Kiértékelhető
- Számok négyzete:

```
<#@ template language="C#" #>
<#int top = 10;
    for (int i = 0; i<=top; i++)  {  #>
      The square of <#= i #> is <#= i*i #>
<# } #>
```

```
The square of 0 is 0
The square of 1 is 1
The square of 2 is 4
The square of 3 is 9
…
```

Hogy is működik?

- Generálódik (és lefut):

```
<#@ template language="C#" #>
<#int top = 10;
    for (int i = 0; i<=top; i++)  {  #>
      The square of <#= i #> is <#= i*i #>
<# } #>
```

```
public partial class MyTemplate : ... {
  public string TransformText() {
    int top = 10;
    for (int i = 0; i<=top; i++) {
      this.Write("The square of ");
      this.Write(this.ToStringHelper.ToStringWithCulture(i));
      this.Write(" is ");
      this.Write(this.ToStringHelper.ToStringWithCulture(i*i));
      this.Write("\r\n");
    }
    return this.GenerationEnvironment.ToString();  }}
```

Osztály kiegészítése

- <#+ … #>
  - Helper metódusok és propertyk generálása

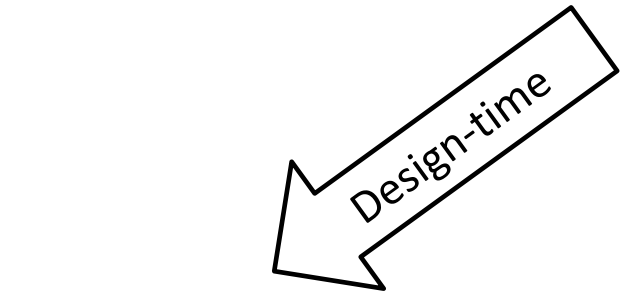
```
<#+ // Class feature block
private void WriteSquareLine(int i) { #>
    The square of <#= i #> is <#= i*i #>.
<# } #>
```

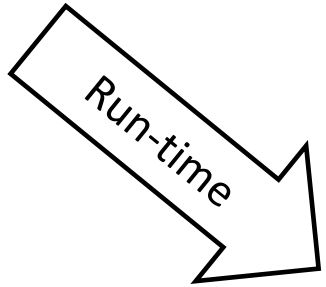
  - Tartalmazhat szöveg blokkot is
  - Hozzáadódik a generált osztályhoz, meghívható:

```
<#int top = 10;
  for (int i = 0; i<=top; i++)
     WriteSquareLine(i);
#>
```

Design-time vs run-time

```
<#int top = 5;
    for (int i = 0; i<=top; i++)  {  #>
      The square of <#= i #> is <#= i*i #>
<# } #>
```






```
The square of 0 is 0
The square of 1 is 1
The square of 2 is 4
The square of 3 is 9
The square of 4 is 16
The square of 5 is 25
```

```
public virtual string TransformText() {
  int top = 5;
  for (int i = 0; i <= top; i++) {
    this.Write(" \r\n      The square of ");
    this.Write(this.ToStringHelper.ToStringWithCulture(i));
    this.Write(" is ");
    this.Write(this.ToStringHelper.ToStringWithCulture(i * i));
    this.Write(" \r\n");  }}
```

T4 összefoglalás

- Pro
  - Jól használható, rugalmas
  - Feladatautomatizáláshoz kiváló (100+ ezer sornyi kód)
  - Gyors, bináris kód generálható belőle
- Kontra
  - T4 scriptek karbantarthatósága
  - Debug lehetőségek
  - Furcsa formázási elvárások
  - Automatikus build? Függőségek?

Köszönöm a figyelmet!