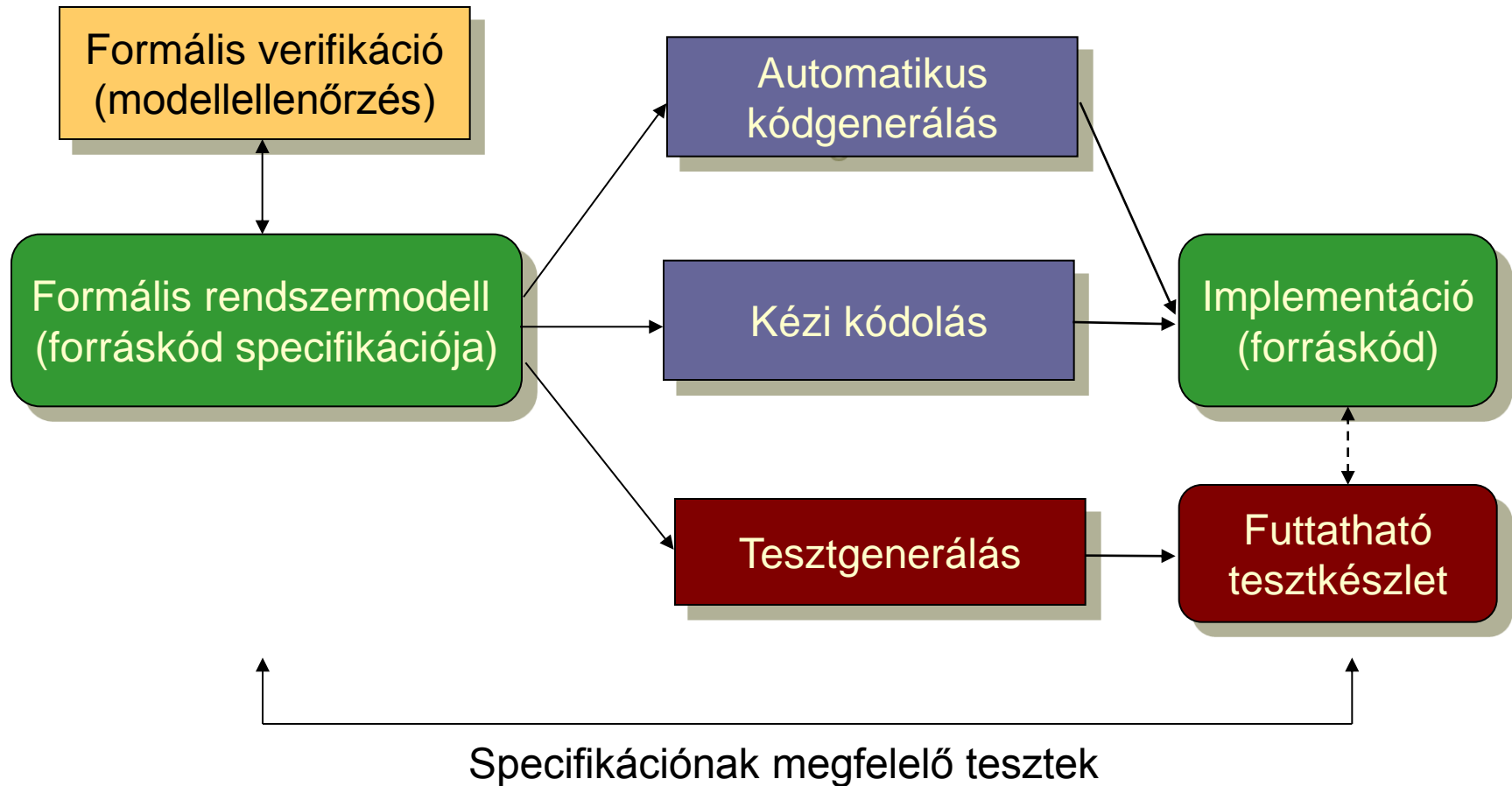


A modellellenőrzés érdekes alkalmazása: Tesztgenerálás modellellenőrzővel

Majzik István
Micskei Zoltán

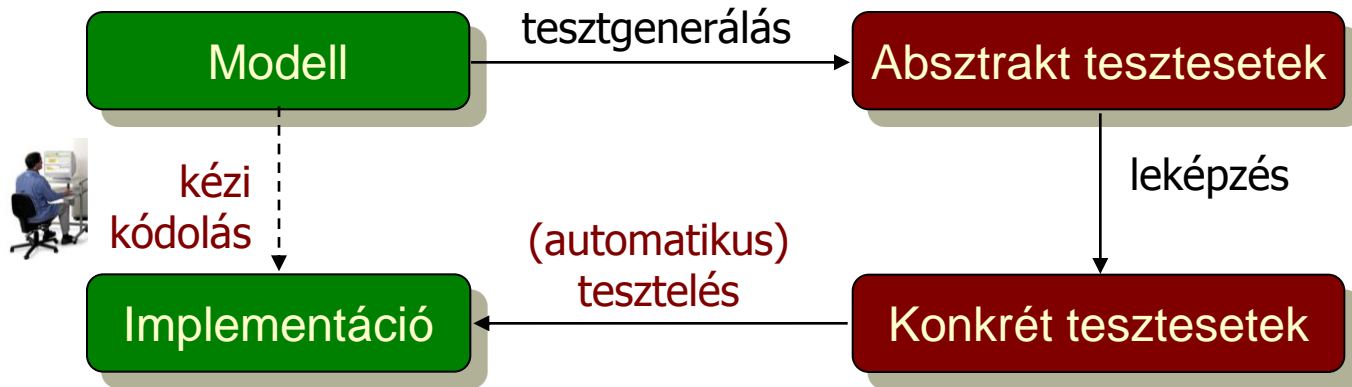
BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

Modell alapú fejlesztési folyamat (részlet)



Használati esetek

- Kézi kódolás esetén: Konformancia ellenőrzés



- Automatikus kódgenerálás esetén: Validáció

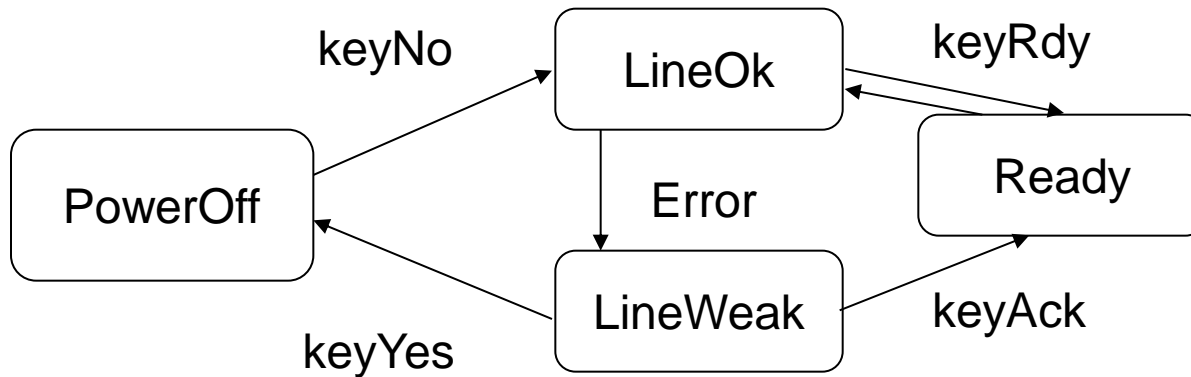


Előfeltételek

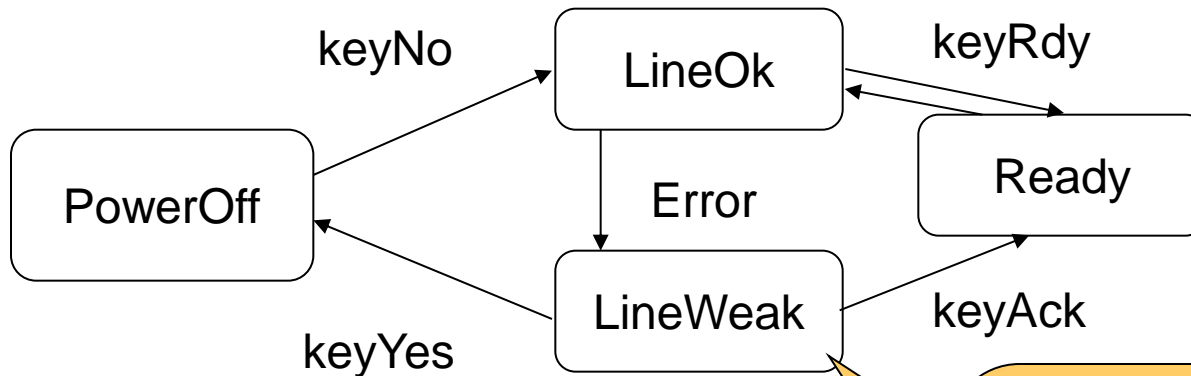
- **Állapot alapú, eseményvezérelt működés**
 - KS, LTS, KTS az alapszintű formalizmusok
- **Fedési kritériumok szerinti tesztelés**
 - **Állapotfedés**: A tesztekkel járunk be minden állapotot
 - **Átmenetfedés**: A tesztekkel járunk be minden átmenetet
- **Alapötlet:**
 - Egy teszt: Egy megfelelő állapottér bejárési szekvencia
 - Cél: A modellellenőrző járja be az állapoteret!
 - Irányítsuk úgy, hogy a modellellenőrző által generált **ellenpélda legyen a teszteset**
- **Teszt elfogadhatósági kritérium**
 - Modell mint referencia alapján származtatható

Hogyan használható a modell ellenőrző?

- Állapot fedettség: LineWeak állapotra

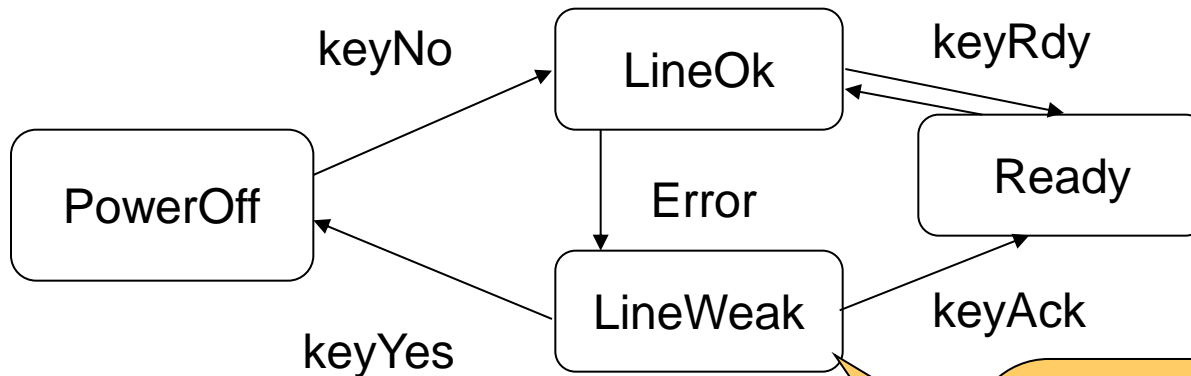


Hogyan használható a modell ellenőrző?



Kritérium megadása:
A LineWeak állapotot
soha sem lehet elérni:
→ EF LineWeak

Hogyan használható a modell ellenőrző?

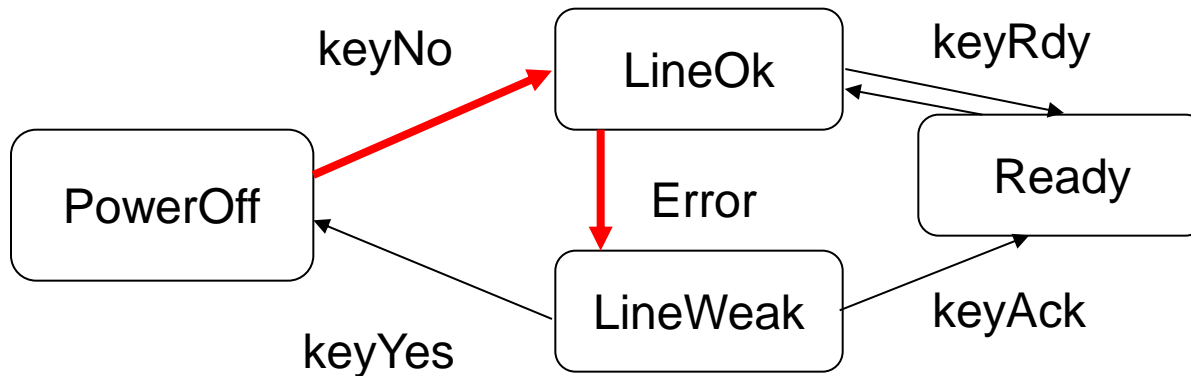


Kritérium ellenőrzése
modellellenőrzővel:

Eredmény:
A kifejezés nem igaz!

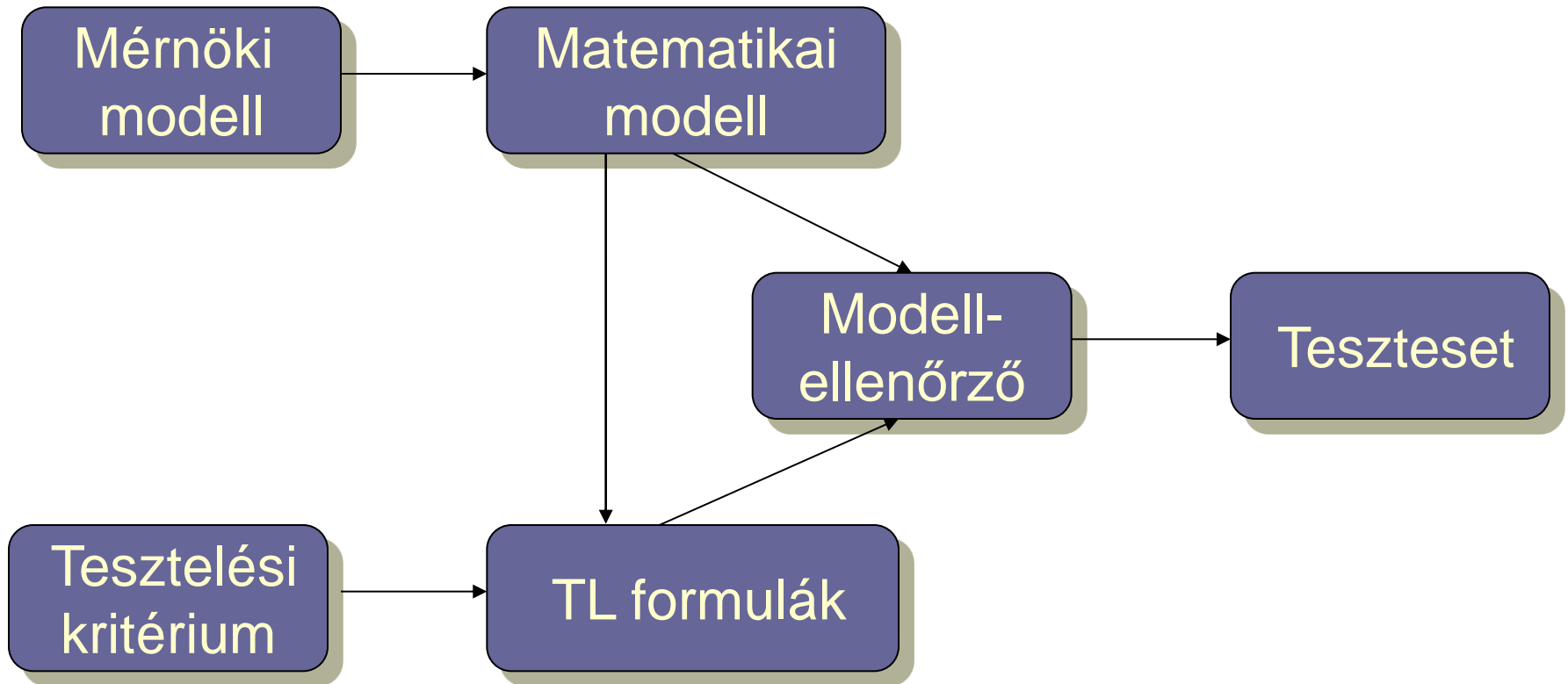
Hogyan használható a modell ellenőrző?

Az eszköz ezzel az ellenpéldával demonstrálja, hogy a követelmény nem teljesül, az állapot elérhető.

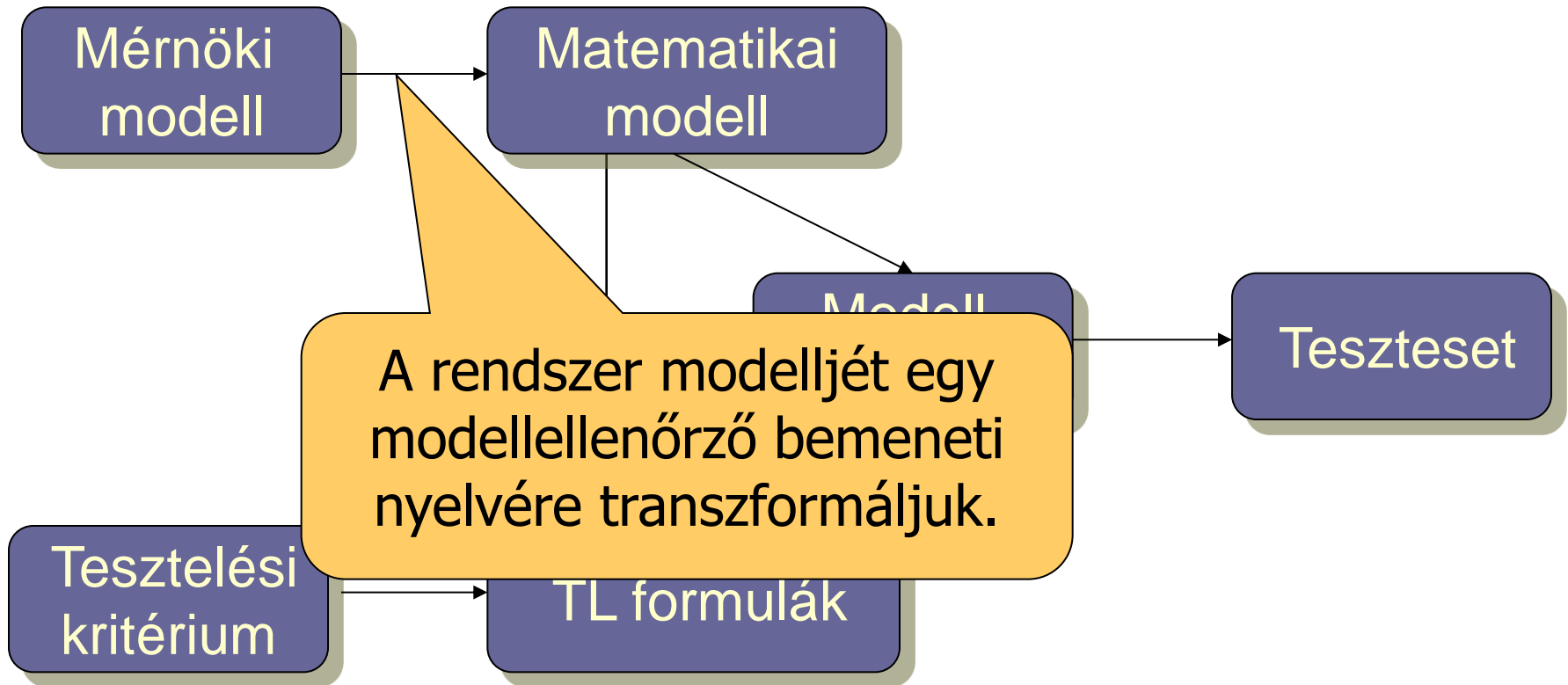


Ez viszont pontosan egy, a LineWeak állapotot lefedő teszteset!

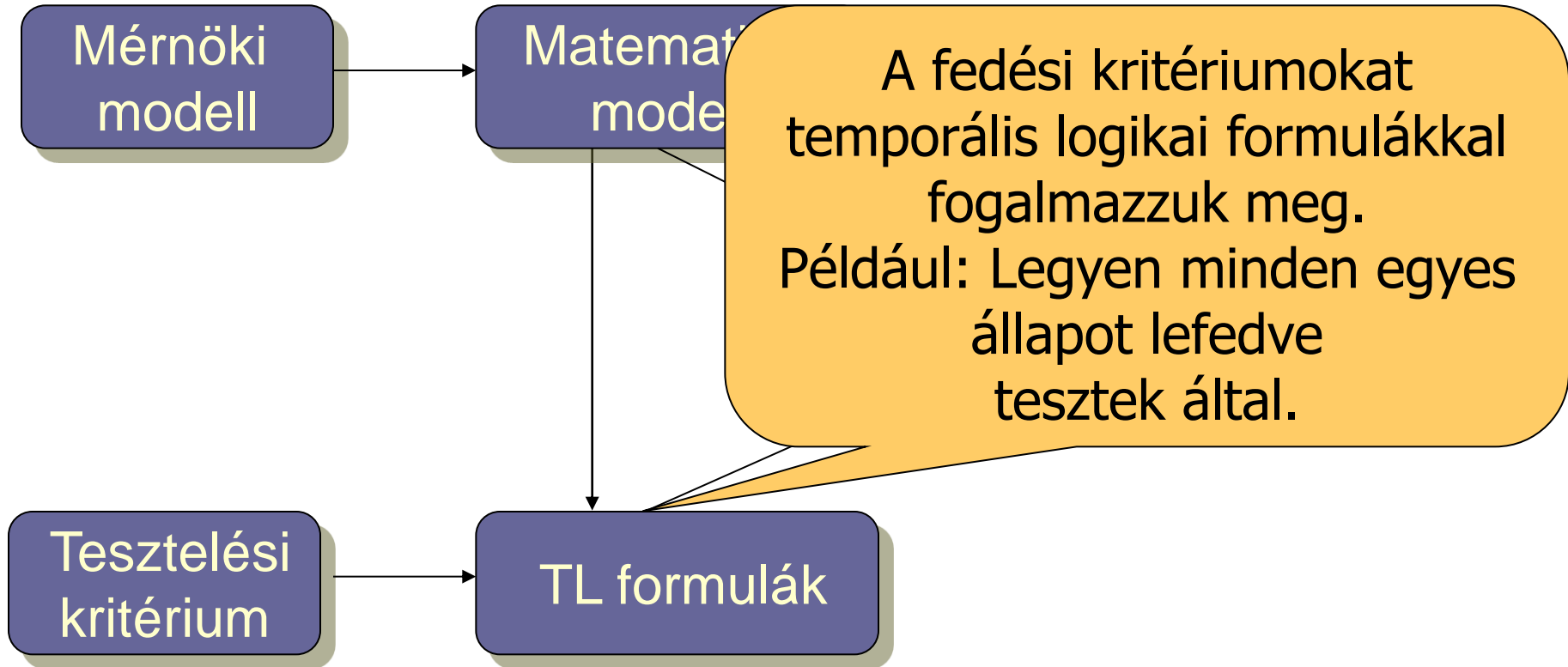
Automatikus tesztgenerálás



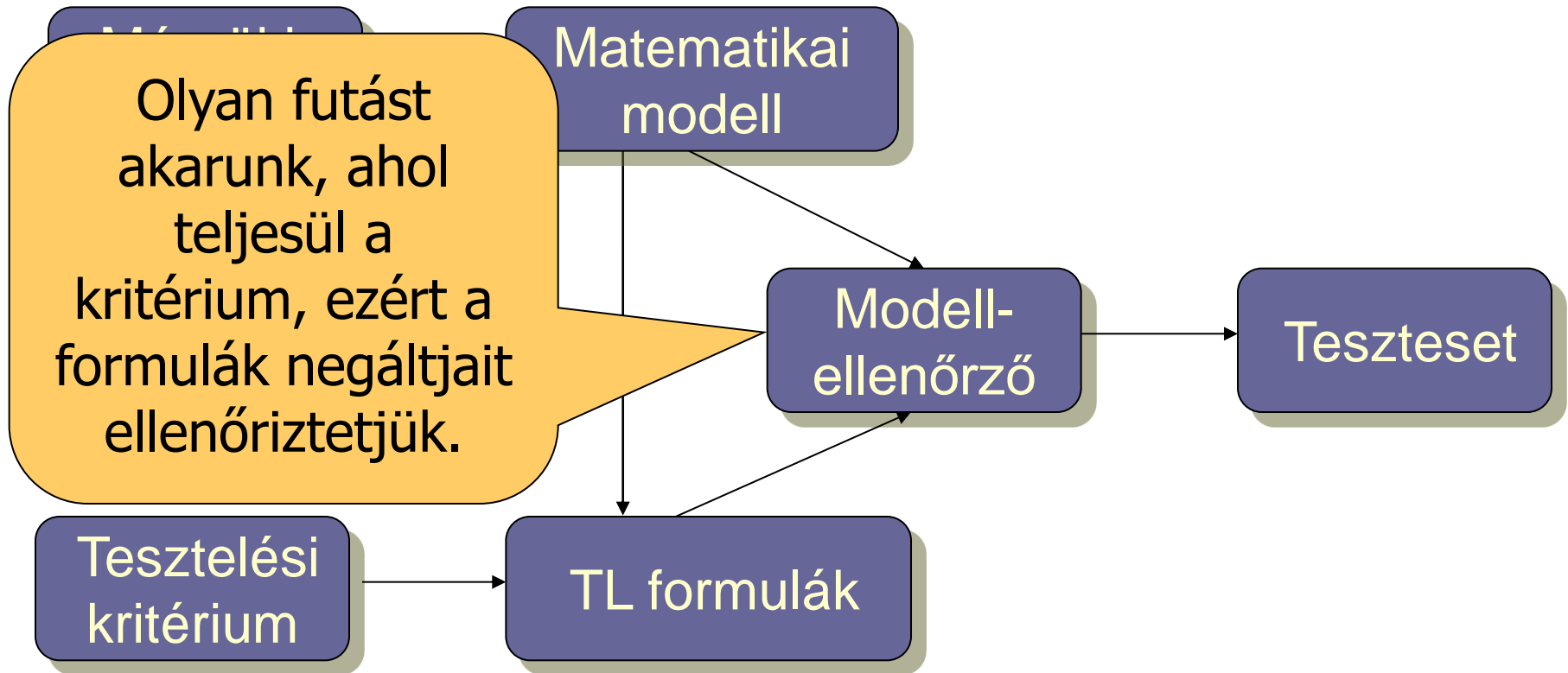
A működés menete – I.



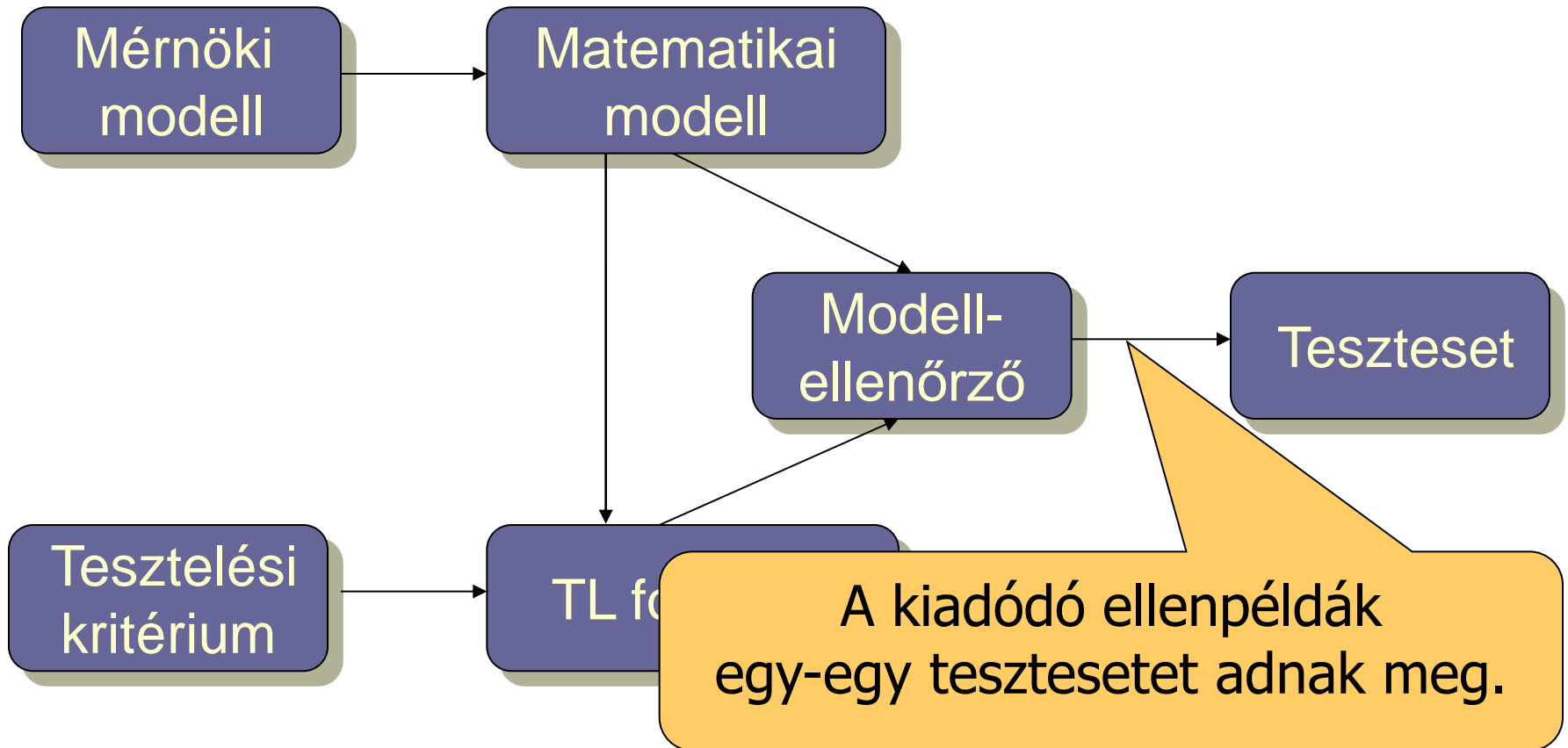
A működés menete – II.



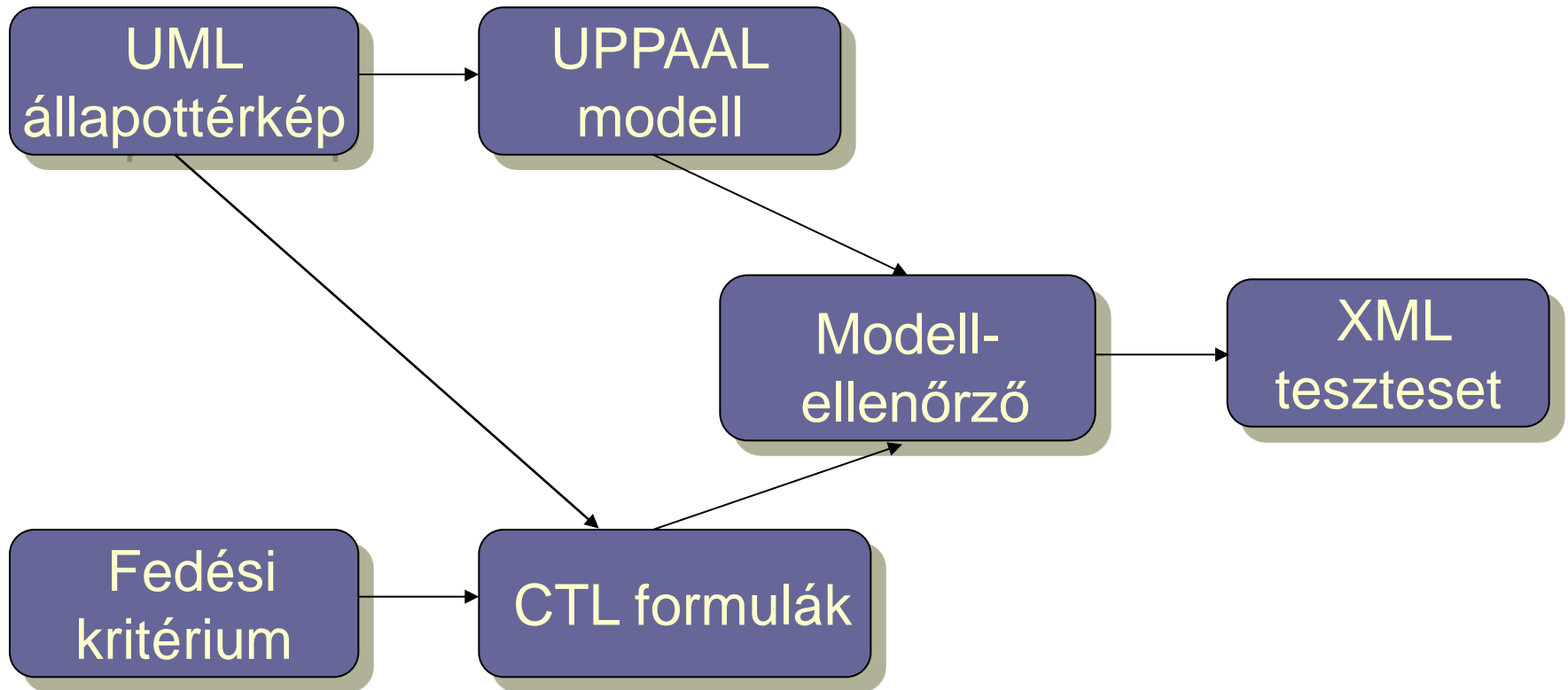
A működés menete – III.



A működés menete – IV.



Egy megvalósítás



Vezérlés alapú fedettségi kritériumok

Minden állapot és átmenet egyértelműen azonosítva:
Egyedi $L(s)$ címke illetve (a) akció

- **Állapot fedés:** KS vagy KTS modellen

Minden s állapotra: $\neg EF L(s)$ vagy

$\neg EF (L(s) \wedge EF \text{ start})$

start egy kezdőállapot címkéje,
a következő teszt indításához

- **Átmenet fedés:** LTS vagy KTS modellen

Minden t átmenetre, ahol $(s, a, s') \in \rightarrow$: $\neg EF (a)$

Korlátozások

- Modellellenőrző:
 - Csak egy ellenpéldát generál
 - Célja a hatékony állapottér bejárás:
Nem feltétlenül a legrövidebb teszt esetet kapjuk!
 - Sok modellellenőrző konfigurálható:
 - Szélességi bejárás kérhető
 - Mélységi bejáráshoz mélységkorlát megadható
 - Rövidebb ellenpélda iteratívan kereshető
 - Legrövidebb/legkisebb tesztkészlet kiválasztása:
NP-teljes probléma!
- Absztrakt és konkrét teszt esetek közt leképezés kell
 - Absztrakt teszt eset: A modell bejárása (ellenpélda)
 - Konkrét teszt eset: Hívási szekvencia adott teszt környezetben
- Nemdeterminisztikus modellek esetén nehézségek

Példa: Tesztgenerálási eredmények (állapotfedés)

Options (compile or run-time)	Time required for test generation	Length of the test sequences	Longest test sequence
-i	22m 32.46s	17	3
-dBFS	11m 48.83s	17	3
-i -m1000	4m 47.23s	17	3
-I	2m 48.78s	25	6
default	2m 04.86s	385	94
-I -m1000	1m 46.64s	22	4
-m1000+	1m 25.48s	97	16
-m200 -w24	46.7s	17	3

Paraméterek a SPIN modellellenőrzőhöz:

- i iteratív, -I közelítő iteratív
- dBFS: szélességi keresés
- m mélységi keresés korlátja
- w hash tábla korlátja

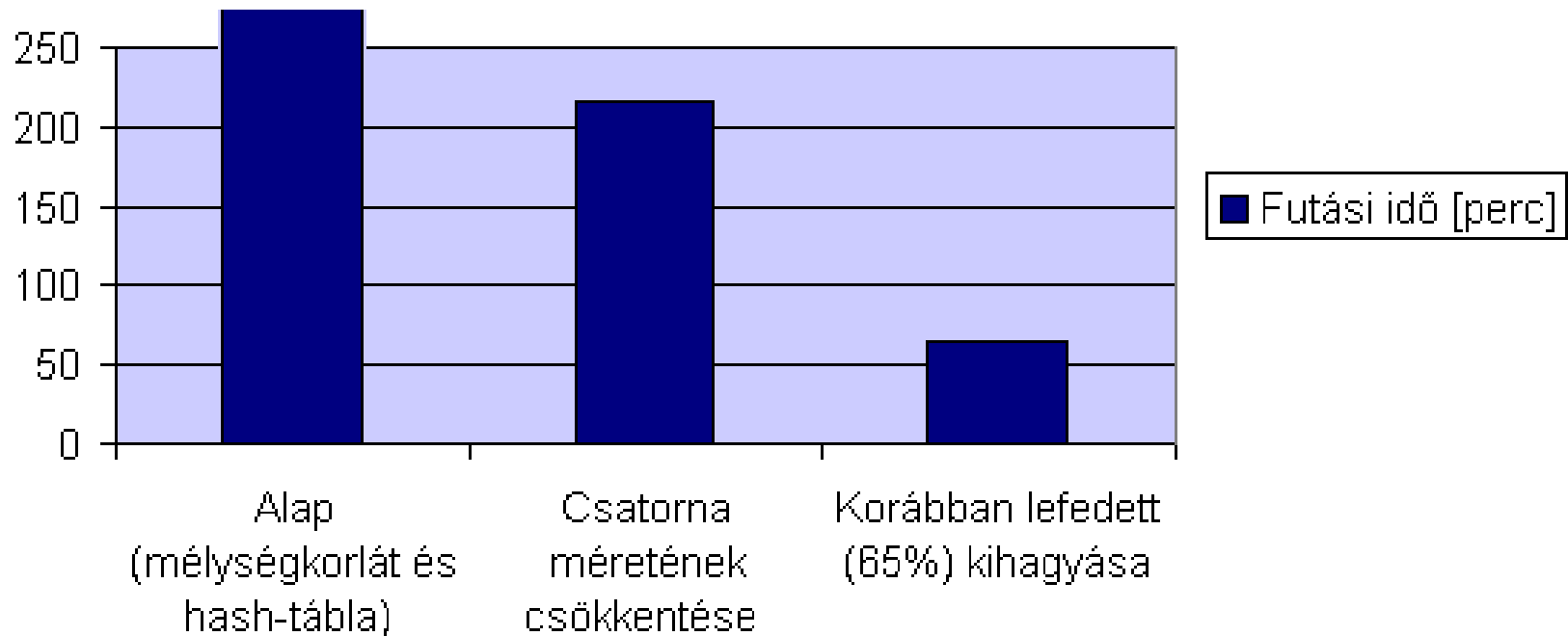
- Mobiltelefon vezérlését leíró modell
- 10 állapot, 21 átmenet

Példa: Szinkronizációs protokoll tesztelése

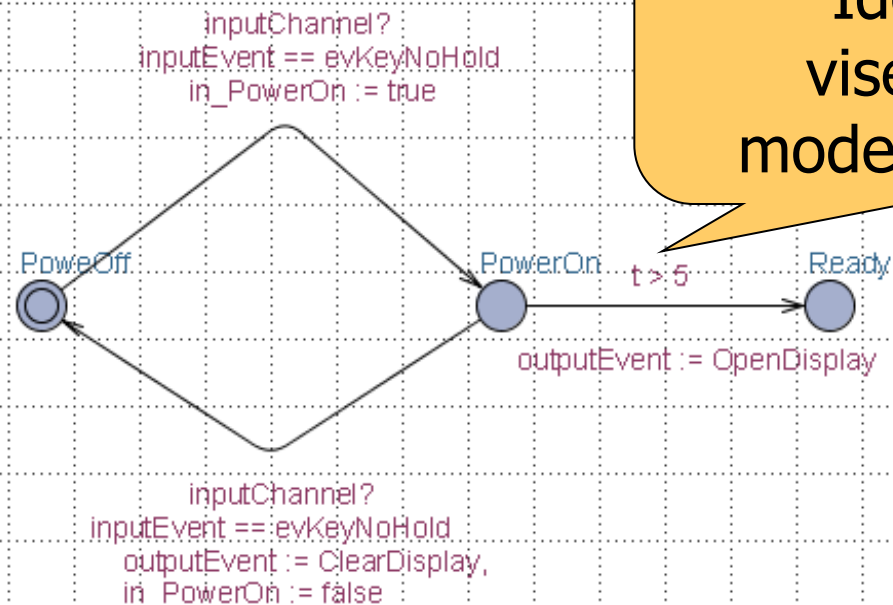
- Bitek szinkronizálása egy elosztott rendszerben
 - 5 objektum, 31 állapot, 174 átmenet
 - $2e+08$ bejárandó állapot
- Más technikák is kellenek:
 - Mélységkorlát bevezetése
 - Szűkítések a modellben:
 - FIFO kommunikációs csatorna méretének korlátozása
 - Korábban lefedett kritériumok kihagyása
- További heurisztikák alkalmazása:
 - Mélyen fekvő állapotok lefedése előbb
 - Állapottér levágása

Példa: Teljes állapotfedésű tesztek

Szinkronizációs protokoll



Kiterjesztés valósidejű rendszerekre



Óra változók:
Időfüggő
viselkedést
modellezhetünk

- Időzített automaták használata
- Modellellenőrző: UPPAAL

Példa: Generált tesztek

State:

```
( input.sending mobile.PowerOn mobile1.LineOK  
  mobile2.CallWait )
```

```
t=0 inputEvent=28 outputEvent=14 in_PowerOn=1 #depth=5
```

A teszt időzítési viszonyok is szerepelnek a generált tesztesetben

```
#depth=5
```

Delay: 6

State:

```
( input.sending mobile.PowerOn mobile1.LineOK  
  mobile2.CallWait )
```

```
t=6 inputEvent=28 outputEvent=14 in_PowerOn=1 #depth=5
```

Transitions:

```
input.sending->input.sendInput { 1, inputChannel!, 1 }
```

```
mobile2.CallWait->mobile2.VoiceMail { inputEvent ==  
  evKeyYes && t > 5 && in_PowerOn, inputChannel?, 1 }
```

Tesztgenerálás SAT alapú modellellenőrzővel

- Logikai függvény konstruálása:
 - Kihajtogatás k lépésben a kezdőállapotból
 - Teszt kritérium megadása: **TG** formula, pl.:
 - Adott állapot elérése
 - Adott állapotátmenet végrehajtása
 - Adott modellrészlet bejárása, ...

FQL nyelv teszt célokhoz (FSHELL):
in /code.c/
cover @line(6),@call(f1)
passing @file(c1.c) \ @call(f2)

$$\text{SAT} \left(I(s^0) \wedge \text{path}(s^0, s^1, \dots, s^k) \wedge \text{TG} \right)$$

Kezdő-állapot Modell széthajtogatás Teszt cél

- Ha található behelyettesítés, akkor az egy tesztet ad:
 - A teszt teljesíti a TG kritériumot
 - A legrövidebb teszt az iteráció során megtalálható

Összefoglalás

- Tesztgenerálás fedési kritériumokhoz
 - Állapotok fedése
 - Átmenetek fedése
 - ...
- Klasszikus modellellenőrzők használata
 - Fedési kritériumhoz temporális logikai kifejezőkészlet
 - Ellenpéldák adják a teszt eseteket
 - A modellellenőrző konfigurálása fontos
- SAT alapú (korlátos) modellellenőrző használata
 - Fedési kritérium (teszt cél) mint predikátum
 - SAT eredménye (behelyettesítés) adja a teszt esetet