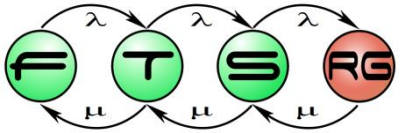
Rendszermodellezés

Állapot alapú modellezés



BEVEZETŐ

Ismétlés: felépítési vs. viselkedési

- Felépítési (*structural*) modellek
  - Statikus
  - Rész és egész, összetevők
  - Kapcsolatok, összeköttetések
- Viselkedési (*behavioral*) modellek
  - Dinamikus
  - Időbeli lefolyás
  - Állapot, folyamat
  - Reakciók a külvilágra
- Nem fed le mindent, nem válik élesen szét…

Egy kosárban hat bájos kismacska van

A kismacskák, amikor ébren vannak, tudnak inni, nyávogni és karmolni

Egy kosárban hat bájos kismacska van, akik tudnak inni, nyávogni és karmolni

Viselkedésmodellek fő kérdései

- Mit „csinál” a rendszer?

Esemény alapú modell

Folyamat alapú modell

…

- Most „milyen”, és hogyan változik a rendszer?

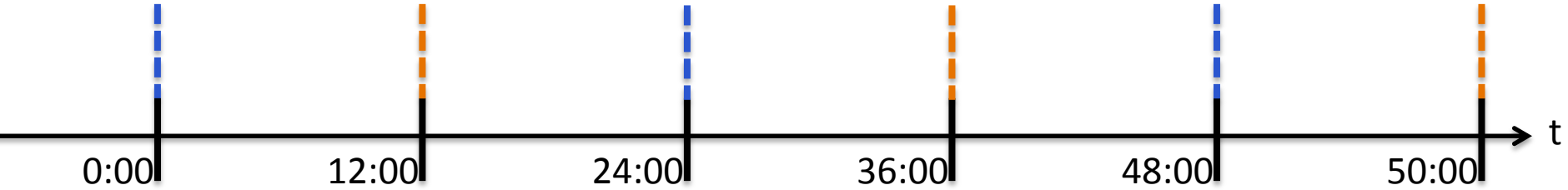
Állapot alapú modell

Kitérő: esemény alapú modellek

- **Eseményfolyam**
  - Pl. input/output adatforrás
  - **Eseménytér** –megengedett eseménytípusok halmaza
    - Beolvasható input értékek, kibocsátható output értékek
  - Pillanatszerű események sora, egyszerre legfeljebb egy

Eseményfolyam: toronyóra ütései

Eseménytér: {éjfél, dél}



AZ ÁLLAPOTPARTÍCIÓ

Kulcsfogalom: állapotpartíció

- **Állapotpartíció** (más néven **állapottér**)
  - Egymástól megkülönböztetett **rendszerállapot**ok köre
  - Példák
    - Pl. {hétfő, kedd, szerda, csütörtök, péntek, szombat, vasárnap}
    - Pl. kismacska állapotai: {alszik, éber}
    - Pl. mikró állapotai: {teljes fokozat, kiolvasztó mód, kikapcsolva}
  - **DEF**: Az állapotpartíció egy halmaz, amelynek minden időpontban *pontosan egy* eleme jellemzi a rendszert.
- **Pillanatnyi állapot** ???
  - Pl. most szerda van, a kismacska alvó állapotban van
  - **DEF**: Egy adott időpontban a rendszer pillanatnyi állapota az állapotpartíció azon egyetlen eleme, amelyik abban az időpontban jellemző a rendszerre.

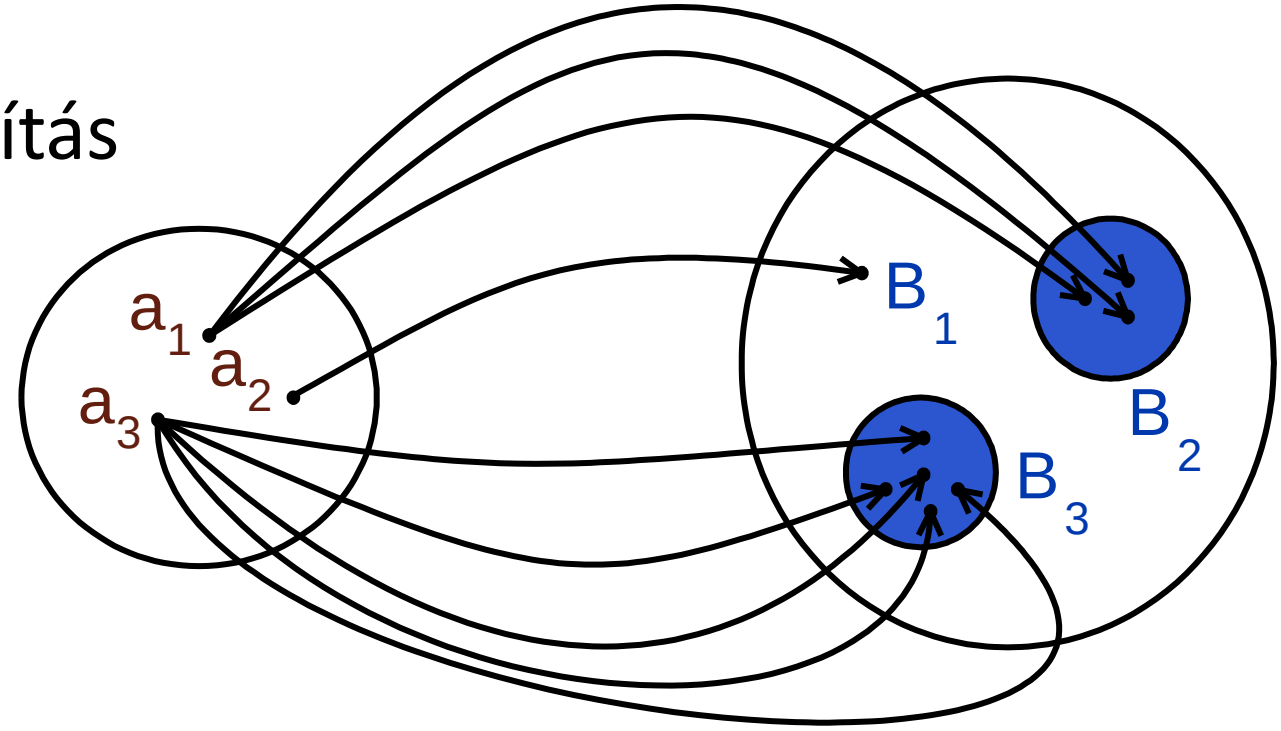
Az állapotpartíció tulajdonságai

- **Teljesség**
  - Mindig legalább az egyik állapot fennáll
  - Ellenpéldák (nem jó állapotpartíciók!)
    - {hétfő, kedd, csütörtök, szombat} nem teljes
    - kismacskára {alszik, iszik}
- Kölcsönös **kizárólagosság**
  - Egyszerre csak egy állapot állhat fent
  - Ellenpéldák (nem alkalmasak állapotpartíciónak!)
    - {hétköznap, hétvége, délután} nem kizárólagos (holott teljes)
    - mikróra {ajtaja tárva, kikapcsolva}
- Állapot alapú modellezésnél ezt tartsuk észben!

Állapotfinomítás, állapotabsztrakció

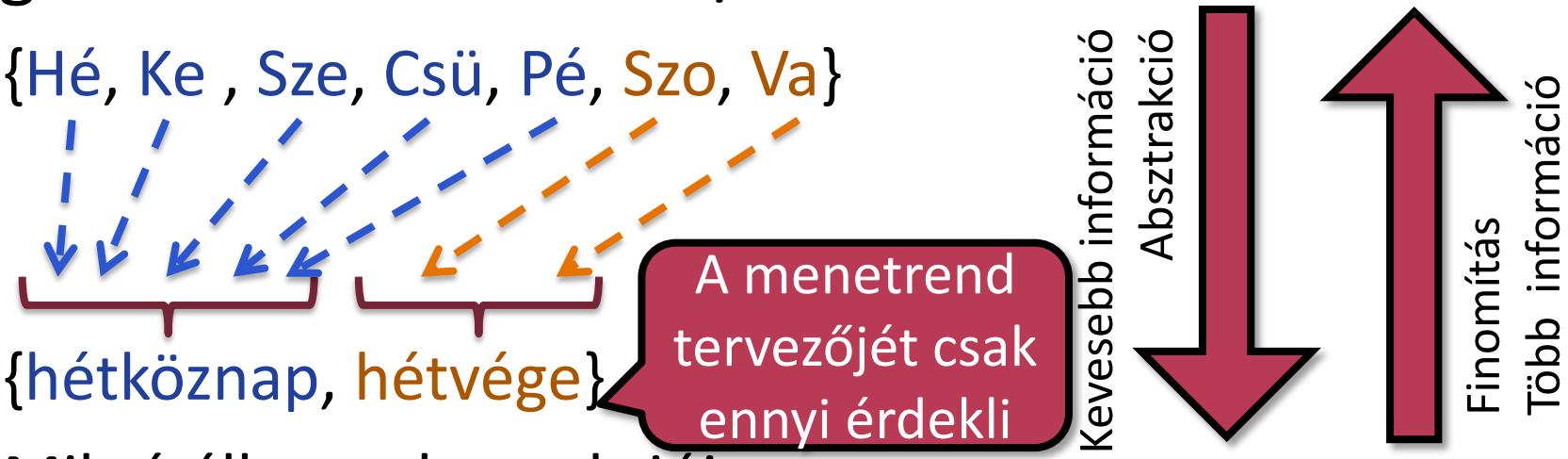
- Állapotfinomítás/absztrakció: az állapotpartíción végzett halmazfinomítás/absztrakció

Ismétlés:
halmazfinomítás



Állapotfinomítás, állapotabsztrakció

- Állapotfinomítás/absztrakció: az állapotpartíción végzett halmazfinomítás/absztrakció
  - {Hé, Ke , Sze, Csü, Pé, Szo, Va}
  - {hétköznap, hétvége}
  - Mikró állapotabsztrakciója
    - {teljes, olvasztó, kikapcsolva} → {bekapcsolva, kikapcsolva}
    - „kikapcsolva” helybenhagyva
  - Kismacska állapotfinomítása
    - {alszik, éber} → {alszik, eszik, iszik, játszik, felfedez, pihen}



Állapotfinomítás, állapotabsztrakció

- Állapotfinomítás: miért?
  - Tervezés előrehaladása, több megvalósítási részlet
    - Pl. erősáramú tervezéshez fontos a mikró fokozata
  - Specializáció / kiegészítés
    - Pl. egy fejlettebb mikró már időzítőt is tartalmaz…
  - Több rendszer együttes vizsgálata (ld. később)
    - Pl.: a kosárban két kismacska van (Lukrécia, Szerénke)
- Több információ, több tudás
  - Ez vajon mindig jó?

Állapotfinomítás, állapotabsztrakció

- Állapotabsztrakció: miért?
  - Akkor hasznos, ha az absztrakt állapotok „egységesek”
    - Valamilyen szempontból egyformák az összevont állapotok
    - Ld. „helyettesítési tulajdonságú partíció” → Digit
  - Bizonyos feladatokra kevesebb információ is elég
    - Kisebb, egyszerűbb állapottérrel könnyebb tervezni
    - Állapot tárolása, feldolgozása könnyebb
    - Elrejtett részletek szabadon változtathatóak
    - Szélsőséges eset: **állapotmentes** modell ($|S| = 1$)
  - Néha csak kevesebb információt szabad felfedni
- Gyakori formája: **dekompozíció** (ld. később)

Partícionálás több szempont szerint

- Egy rendszer – akár több helyes állapotpartíció
- Pl.: a mikró két külön állapotpartíciója
  - üzemteljesítmény szerint
    - {teljes fokozat, olvasztó mód, kikapcsolva}
  - az ajtó nyitottsága szerint
    - {nyitva, zárva}
  - nem teljesen függetlenek: ha nyitva, akkor kikapcsolva
- Pl.: a kosárban két kismacska (Lukrécia, Szerénke)
  - {L. alszik, L. ébren van} ill. {Sz. alszik, Sz. ébren van}
  - részrendszer állapottere → a teljes rendszerállapot ismerete nélkül eldönthető, melyik áll fenn

Állapotterek (direkt) szorzata

- Két állapotpartíció együttes figyelembevétele
  - S_1 = {teljes fokozat, olvasztó mód, kikapcsolva}
  - S_2 = {nyitva, zárva}

állapot-változók

$S_1 \times S_2$	nyitva	zárva
teljes	teljes és nyitva	teljes és zárva
olvasztó	olvasztó és nyitva	olvasztó és zárva
kikapcsolva	kikapcsolva és nyitva	kikapcsolva és zárva

állapotabsztrakció

állapotabsztrakció (vetítés)

Észrevétel: $|S_1 \times S_2| = |S_1| * |S_2|$

Állapotváltozók finomított kompozíciója

- Nem független állapotváltozók
  - Nem minden kombináció fordul elő ténylegesen
  - A szorzatnál finomabb kompozit állapottér

$S \subseteq S_1 \times S_2$	nyitva	zárva
teljes	teljes és nyitva	teljes és zárva
olvasztó	olvasztó és nyitva	olvasztó és zárva
kikapcsolva	kikapcsolva és nyitva	kikapcsolva és zárva

állapotabsztrakció

állapotabsztrakció (vetítés)

Észrevétel: a vetítés mint absztrakciós viszony megmarad

Állapotváltozók finomított kompozíciója

- „A szorzatnál ***finomabb*** kompozit állapottér”
  - … mivel két kompozit állapot előfordulását kizártuk
  - Itt a finomított állapotpartíciónak van *kevesebb* eleme!
    - V.ö.: állapotfinomítás esetén *nőtt* az állapotok száma
    - A finomítás után nőhet is, csökkenhet is az állapottér mérete
    - A lényeg, hogy **többet tudunk a rendszerről**
    - Avagy: **kevesebb rendszer illik a modellre**

$S \subseteq S_1 \times S_2$	nyitva	zárva
teljes	teljes és nyitva	teljes és zárva
olvasztó	olvasztó és nyitva	olvasztó és zárva
kikapcsolva	kikapcsolva és nyitva	kikapcsolva és zárva

Dekompozíció állapotváltozókra

- Dekompozíció: szorzat / kompozíció megfordítása
  - kikapcsolva és nyitva
  - kikapcsolva és zárva
  - olvasztó és zárva
  - *teljes és zárva*

S_1 = {*teljes*, *olvasztó*, kikapcsolva}
S_2 = {nyitva, zárva}

- A vetített állapotváltozók absztrakciók
- Miért dekomponálunk?
  - Állapotváltozók külön tárolhatóak
  - Absztrakció általános előnyei

Kitekintés: szakmai példák

- Hol jön elő az állapot alapú modellezés az IT-ban?
- Közösségi háló – Jancsi és Juliska ismeretsége
  - (ettől függ néhány funkció, pl. milyen képek látszanak)
  - Állapotváltozók:
    - Jancsi bejelölte-e Juliskát
    - Vice versa

Tárolandó:
- szoftver memóriájában
- Adatbázisban (hosszabb távra)

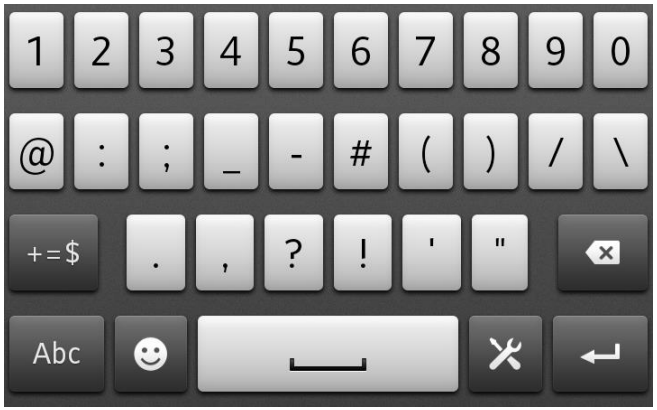
$S_1 \times S_2$		
	nem ismerősök	Jancsi bejelölte Juliskát
	Juliska bejelölte Jancsit	ismerősök

Kitekintés: szakmai példák

- Hol jön elő állapotabsztrakció?
- Közösségi háló: az adatbázis egy részét látom csak
  - Nincs szükségem arra, Jancsi ismeri-e Juliskát
    - Nincs is jogom tudni!
  - Jóval kisebb adatforgalom
  - Szoftverrendszer dekompozíciója
    - Egyszerűbb a *megjelenítő réteg* (HTML + CSS + JavaScript), ha csak a nekem szánt információval dolgozik
    - Utána a különféle mobilklienseket is egyszerű lesz elkészíteni
    - A közösségi oldal mérnökei egyszer, egy helyen valósították meg a számomra releváns adatok kinyerését

Kitekintés: szakmai példák

- Virtuális billentyűzet érintőképernyőre
  - állapotváltozók?



Kitekintés: szakmai példák

- Programozás: hogy tároljuk az állapotot?
  - Megfelelő értékkészletű változó (objektum mező, stb.)

```
enum VirtualKeyboardState {
   LOWER_CASE,
   UPPER_CASE_ONCE,
   UPPER_CASE_LOCK,
   NUMBERS_COMMON_SYMBOLS,
   RARE_SYMBOLS
}
// ...
VirtualKeyboardState keyboardState;
```

  - Kiegészítés: emlékezzünk a SHIFT állására!
    - Az alfanumerikus mód az elhagyott SHIFT állással tér vissza

Kitekintés: szakmai példák

- Programozás: hogy tároljuk az állapotot?
  - Kiegészítés: emlékezzünk a SHIFT állapotára!

```
enum VirtualKeyboardStateWithMemory {
    LOWER_CASE,
    UPPER_CASE_ONCE,
    UPPER_CASE_LOCK,
    NUMBERS_COMMON_SYMBOLS_WITH_LOWER_CASE,
    NUMBERS_COMMON_SYMBOLS_WITH_UPPER_CASE_ONCE,
    NUMBERS_COMMON_SYMBOLS_WITH_UPPER_CASE_LOCK,
    RARE_SYMBOLS_WITH_LOWER_CASE,
    RARE_SYMBOLS_WITH_UPPER_CASE_ONCE,
    RARE_SYMBOLS_WITH_UPPER_CASE_LOCK
}
// ...
VirtualKeyboardStateWithMemory keyboardStateWithMemory;
```

  - Állapottér-robbanás jelensége

Kitekintés: szakmai példák

- Programozás: hogy tároljuk az állapotot?
  - Tömör megoldás: több állapotváltozóval

```
enum VirtualKeyboardFacet {
    ALPHABETIC,
    NUMBERS_COMMON_SYMBOLS,
    RARE_SYMBOLS
}
enum CapsState {
    LOWER_CASE,
    UPPER_CASE_ONCE,
    UPPER_CASE_LOCK
}
// ...
VirtualKeyboardFacet keyboardFacet;
CapsState capsState;
```

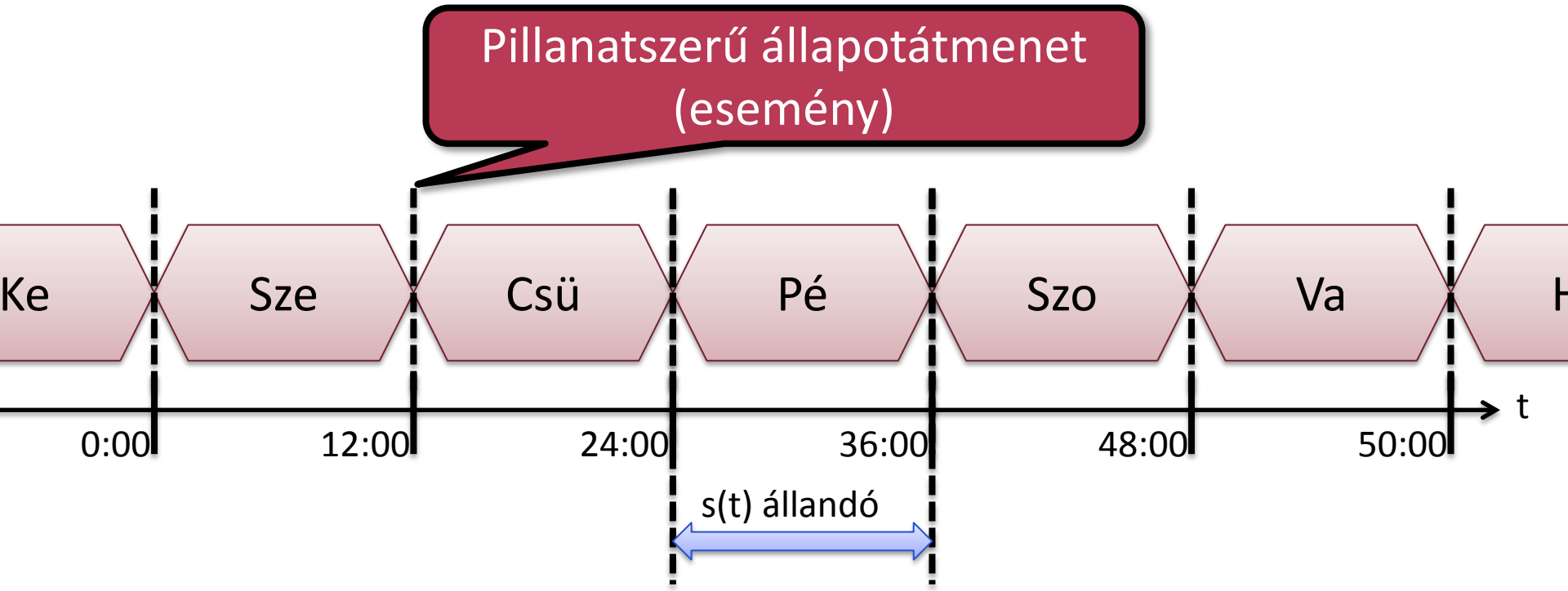
ÁLLAPOTGÉPEK

Kitekintés: más mérnöki diszciplínák

- Potenciálisan végtelen (akár kontinuum) állapottér
  - Pl. a repülő állapotváltozói
    - $v \in \mathbb{R}$ sebesség
    - $h \in \mathbb{R}$ magasság
    - $\alpha \in [-\pi/2, \pi/2]$ emelkedési szög
  - Az állapot időbeli változása lehet folytonos
    - Pl. a repülő emelkedése: $\partial h / \partial t = v \sin \alpha$
- Ezzel szemben tipikus IT rendszermodellekben
  - **Diszkrét állapotok** (nincs köztük folytonos átmenet)
  - Gyakran **véges állapottér** (ellenpélda: $\text{számláló} \in \mathbb{N}$)
  - Pillanatszerű **állapotátmenetek,** köztük állandó állapot

Állapotátmenetek

- Állapottér: S
  - Pl. S = {Hé, Ke , Sze, Csü, Pé, Szo, Va}
- s(t) ∈ S
  - A pillanatnyi állapot az idő függvényeként



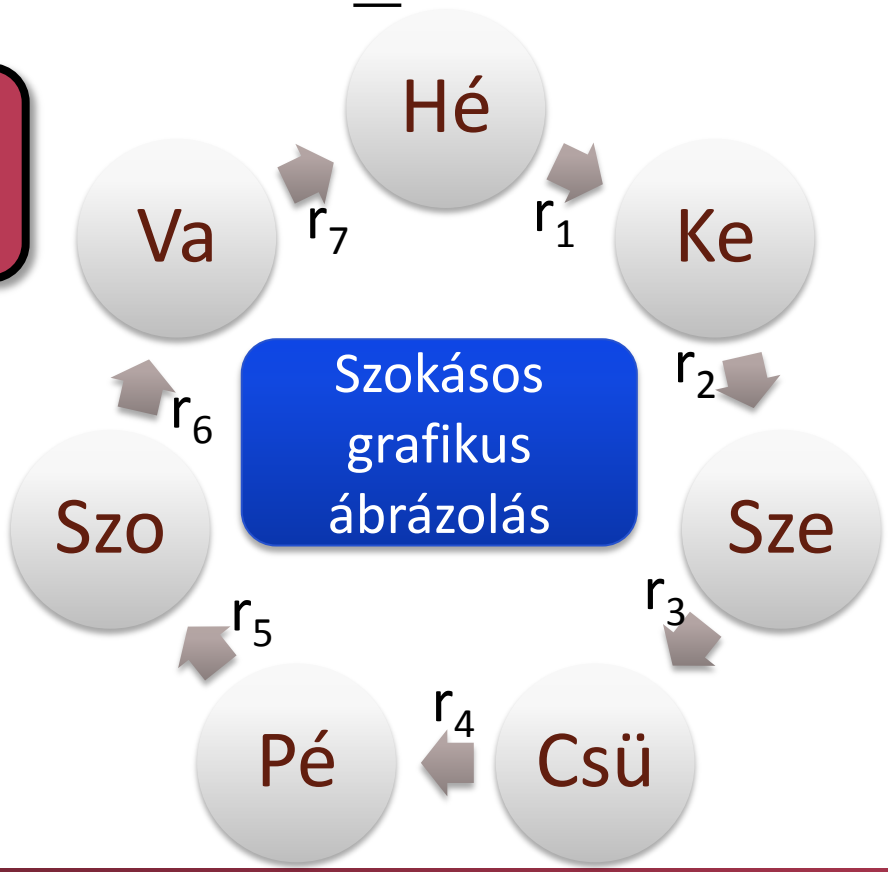
Állapotátmenetek

- Mely állapotokat mely állapotok követhetnek?
  - Állapottér S = {Hé, Ke , Sze, Csü, Pé, Szo, Va}
  - Eseménytér: **állapotátmeneti reláció** $R \subseteq S \times S$

Állapotátmeneti **szabályok** $r \in R$

- r_1=<Hé, Ke>
- r_2=<Ke, Sze>
- r_3=<Sze, Csü>
- r_4=<Csü, Pé>
- r_5=<Pé, Szo>
- r_6=<Szo, Va>
- r_7=<Va, Hé>

Csü-ből Pé-be át tud lépni a rendszer



  - Más néven: **állapotgráf**

Észrevételek az állapotgráfról

- Lehetséges, hogy…
  - … teljes gráf → minden átmenet engedélyezett
    - Pl. $S_{kismacska}$={alszik, játszik, iszik}
  - … nem minden állapotból érhető el az összes többi
    - Pl. $S_{pohár}$= {üres, teli, törött} → nincs törött⇝üres út
  - … bizonyos állapotoknak több rákövetkezője is van

Nemdeterminizmus

- Lehetséges eredetei:
  - A modellezett rendszer működése
  - Modellalkotás során bevezett absztrakció

Pl. figyelembe nem vett belső változó, vezérlő input

Állapotátmenet címkézése eseménnyel

- Átmeneti szabály címkéje

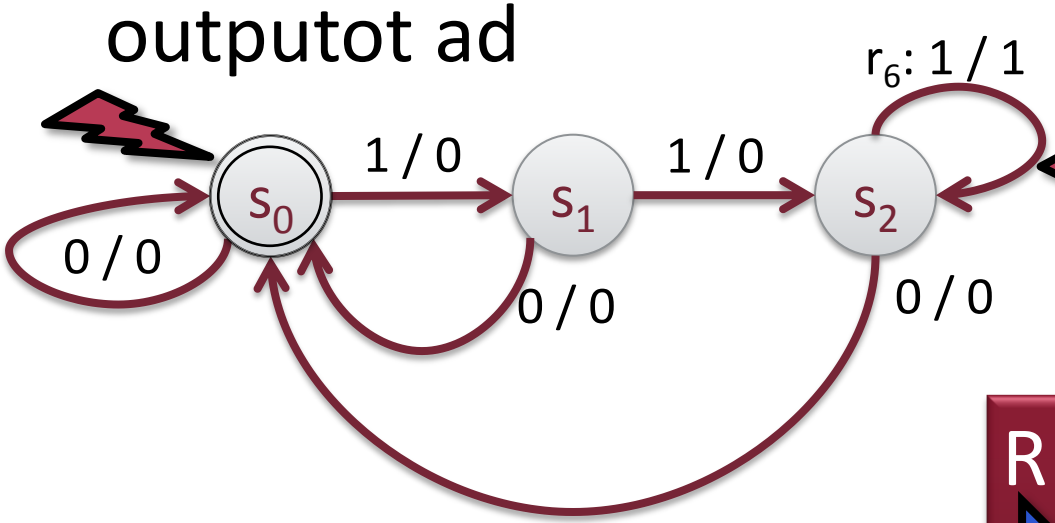
  - Pillanatszerű esemény
  - Az átmenet csak az eseménnyel együtt következhet be
- Különféle értelmezés: lehet az esemény…
  - … az állapotátmenet következménye (posztkondíció)

  - … az állapotátmenet oka (prekondíció)

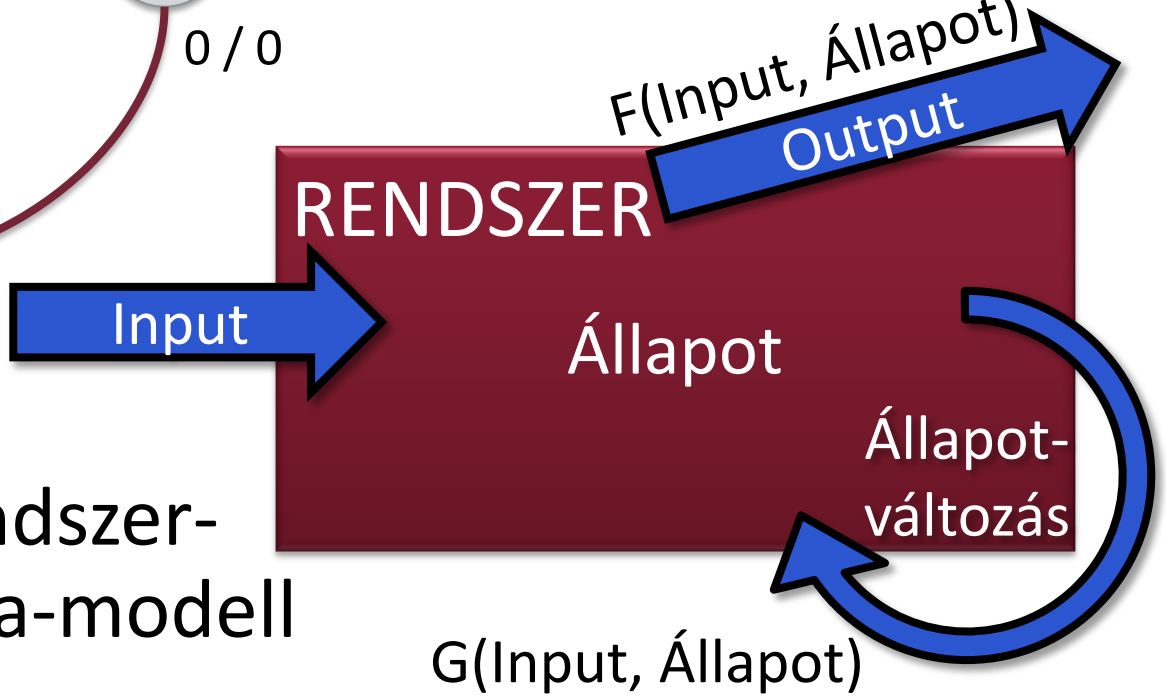
- Egy szabály címkézhető több eseménnyel is
  - input beolvasás / output kiírás

Emlékeztető: Mealy véges automata

- Kijelölt kezdőállapot → $s_0 = s(t=0)$
- Minden lépés determinisztikus, inputot olvas és outputot ad



Gondolkodtató:
- Mit csinál ez a gép?
- És ha r6 szabály s0-ba vinne?

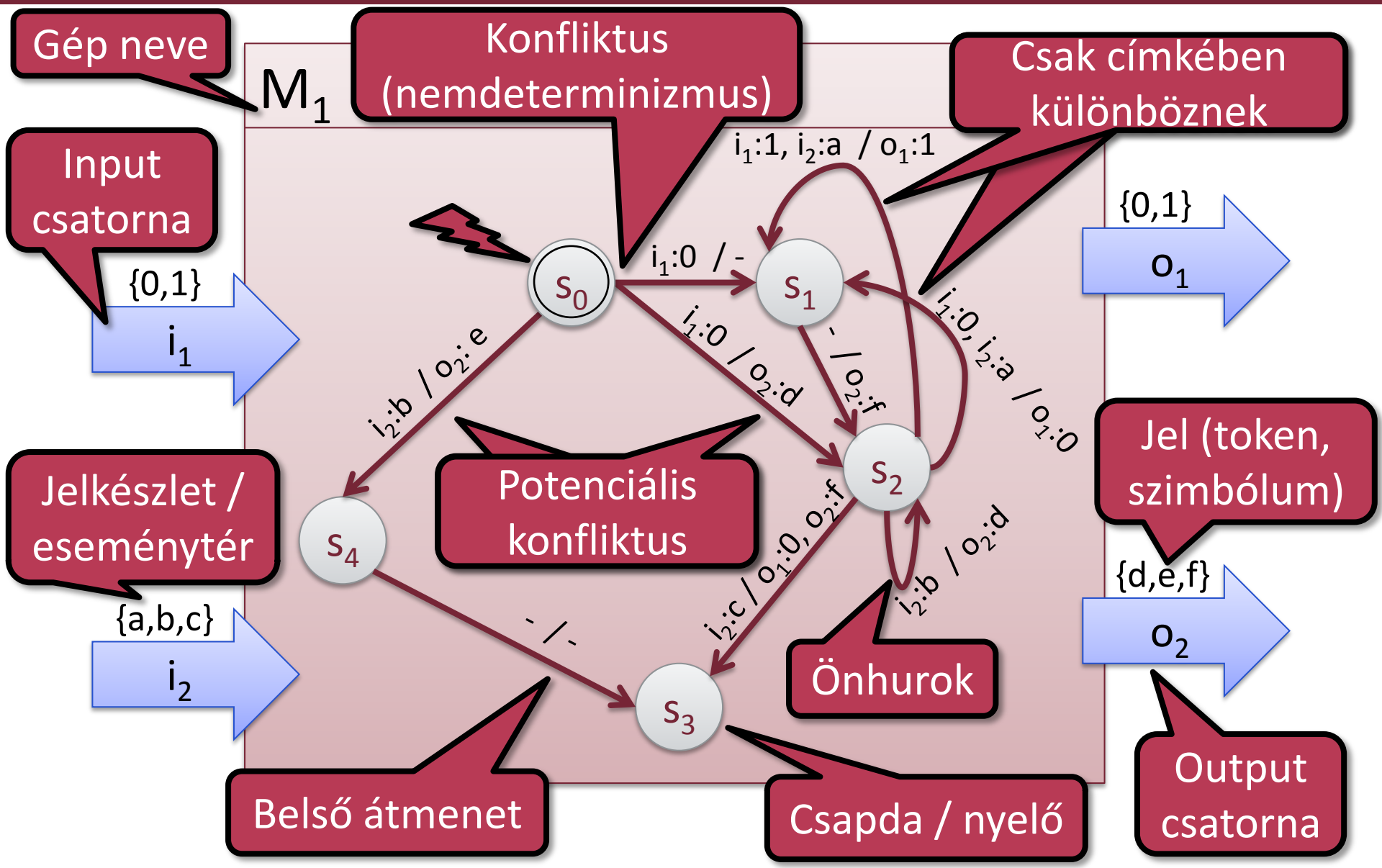


- V.ö. klasszikus rendszer-elméleti automata-modell

A Mealy gép kiterjesztései

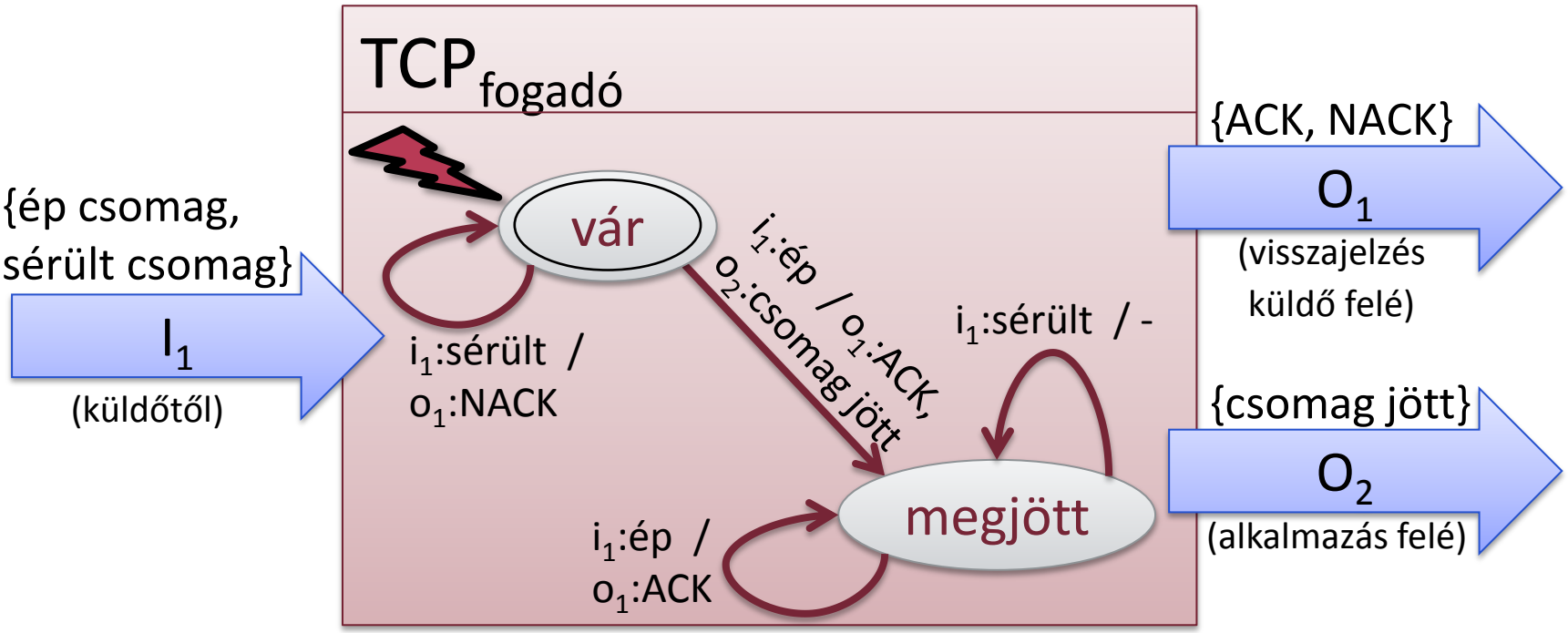
- Nemdeterminisztikus modell
- Input olvasás nélküli lépés
  - Belső, nem modellezett esemény hatására
  - Pl. mikró elkészül, leáll → időzítőt nem modellezzük
- Több output csatorna (külön eseményfolyam!)
  - Külön-külön jelkészlettel
  - A szabály egy részhalmazra küld ki oda illő jeleket
- Több input csatorna (külön eseményfolyam!)
  - A szabály egy részhalmazról olvas jeleket
  - Ebből is adódhat nemdeterminizmus

Kiterjesztett állapotgép



Kitekintés: szakmai példák

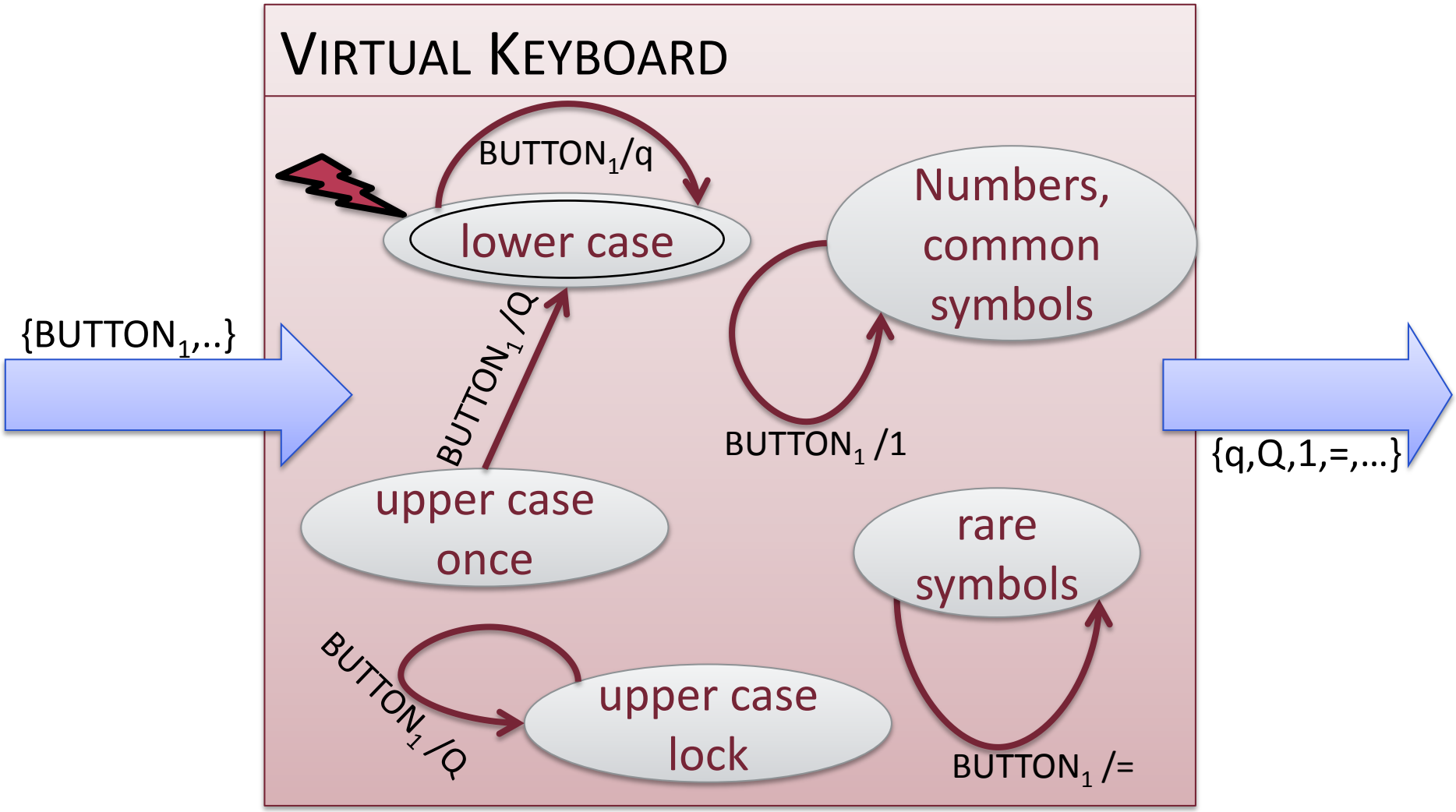
- Csomag alapú adatátviteli protokoll
  - Csomagok elveszhetnek, megsérülhetnek
  - Nyugtázás, újraküldés



- (Bővebben ld. Számítógép-hálózatok c. tárgy)

Kitekintés: szakmai példák

- Virtuális billentyűzet



Kitekintés: szakmai példák

- Programozás: állapotgép megvalósítása
  - Elágazási feltétel:
    - állapotváltozók és
    - input alapján
  - Minden ágon:
    - output kiadás (ha van)
    - állapotváltás (ha kell)

```
void handleKey(KeyCode input) {
    switch(input) {
    case BUTTON_1:
        switch(keyboardState) {
        case LOWER_CASE:
            emit('q');
            break;
        case UPPER_CASE_ONCE:
            keyboardState = LOWER_CASE;
        case UPPER_CASE_LOCK:
            emit('Q');
            break;
        case NUMBERS_COMMON_SYMBOLS:
            emit('1');
            break;
        case RARE_SYMBOLS:
            emit('=');
        }
        break;
    case SWITCH_1:
        //...
```

Kitekintés: szakmai példák

- Programozás: állapotgép megvalósítása
  - Táblázatos megoldás
  - Tömörebb, de rugalmatlanabb

```
Character [][] output = {
  {'q', 'Q', 'Q', '1', '='},
  {/* ... */}
  // ...
};
VirtualKeyboardState [][] jumpTable = {
  // ...
};
void handleKey(KeyCode input) {
  emit(outputTable[input.ordinal()][keyboardState.ordinal()]);
  keyboardState = jumpTable[input.ordinal()][keyboardState.ordinal()];
}
```

Kitekintés: szakmai példák

- Programozás: állapotgép megvalósítása
  - Kompozit állapottér esetén

Állapottér-robbanás

- Többdimenziós táblázat
- Több állapotváltozó együttes olvasása

```
if (
  keyboardFacet == VirtualKeyboardFacet.ALPHABETIC &&
  capsState     == CapsState.LOWER_CASE
) {
        emit('q');
}
```

- Sokat egyszerűsít, ha bizonyos kódrészletek csak bizonyos állapotváltozókat használnak (esetleg csak egyet!)
  - Pl. szám/szimbólum módban a Caps Lock állás nem érdekes
  - Ez ilyenkor egy jól sikerült dekompozíció

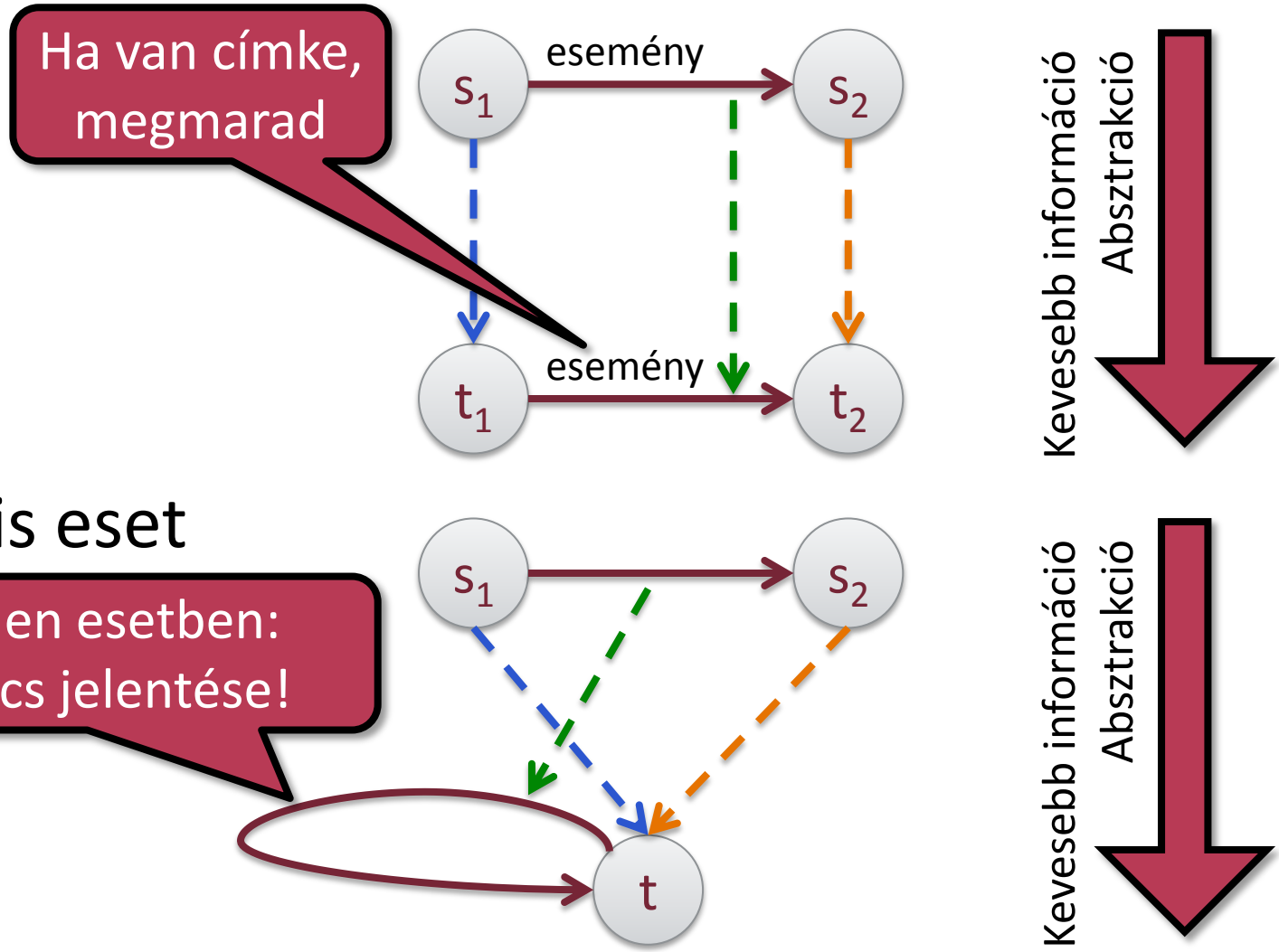
Kitekintés: szakmai példák

- Ha az (állapotgép)modell…
  - … kellően részletes (determinisztikus), és
  - … olyan formában van, amit fel lehet dolgozni
    - Ld. szakterület-specifikus célnyelvek (pl. protokolltervezésre)
    - Ld. szabványos modellezési formátumok (pl. UML)
- … akkor automatikusan programkóddá fordítható
  - Pl. kódgenerálás kommunikációs protokollokhoz
  - Pl. beágyazott vezérlőeszközök modell alapú fejlesztése
- … vagy általános interpreterrel értelmezhető
  - Pl. IT rendszerüzemeltetés automatizálása

MŰVELETEK ÁLLAPOTGÉPEKKEL

Állapotátmenetek vs. állapotabsztrakció

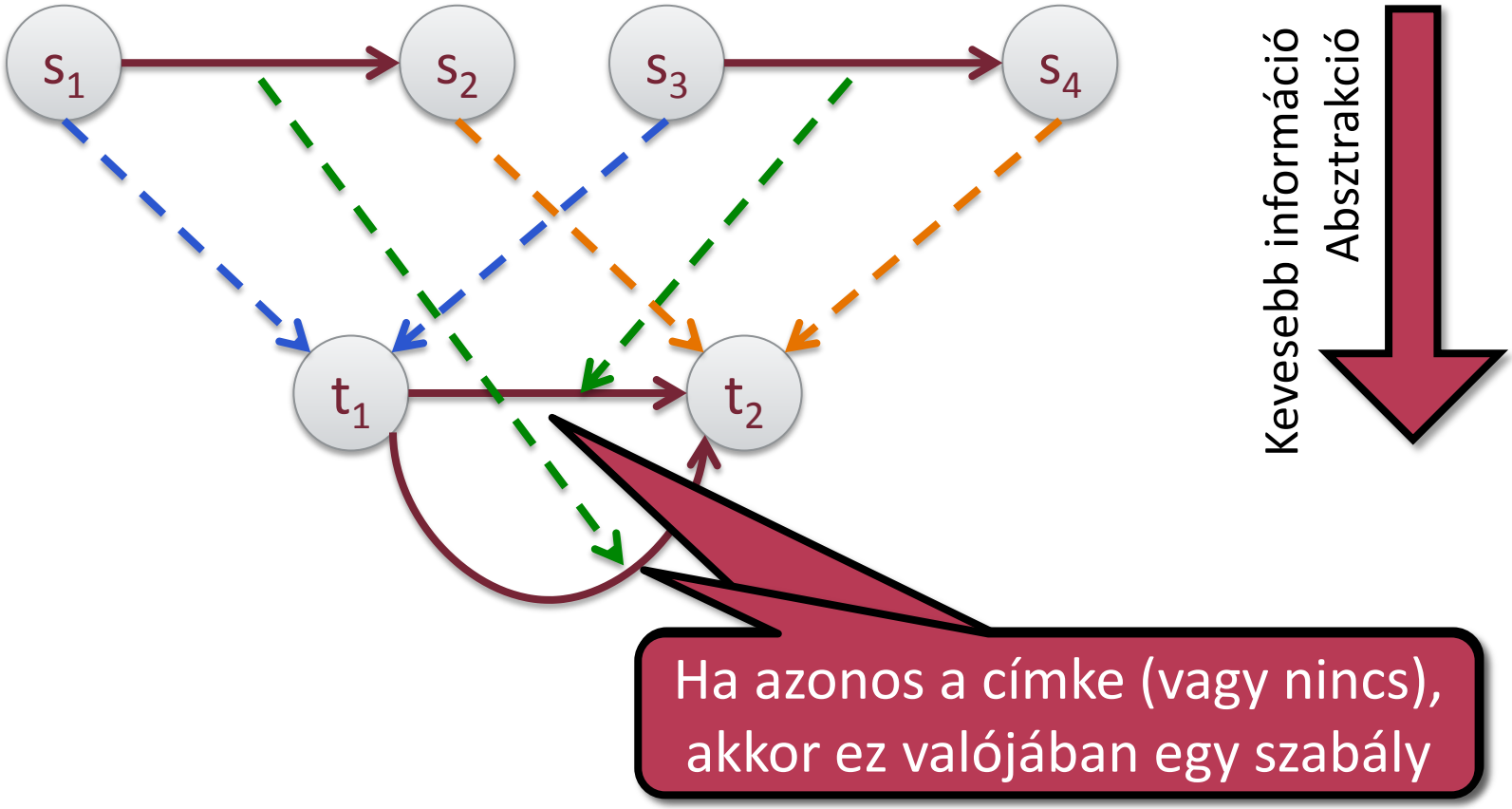
- Állapotabsztrakció hatása átmenetre



- Speciális eset

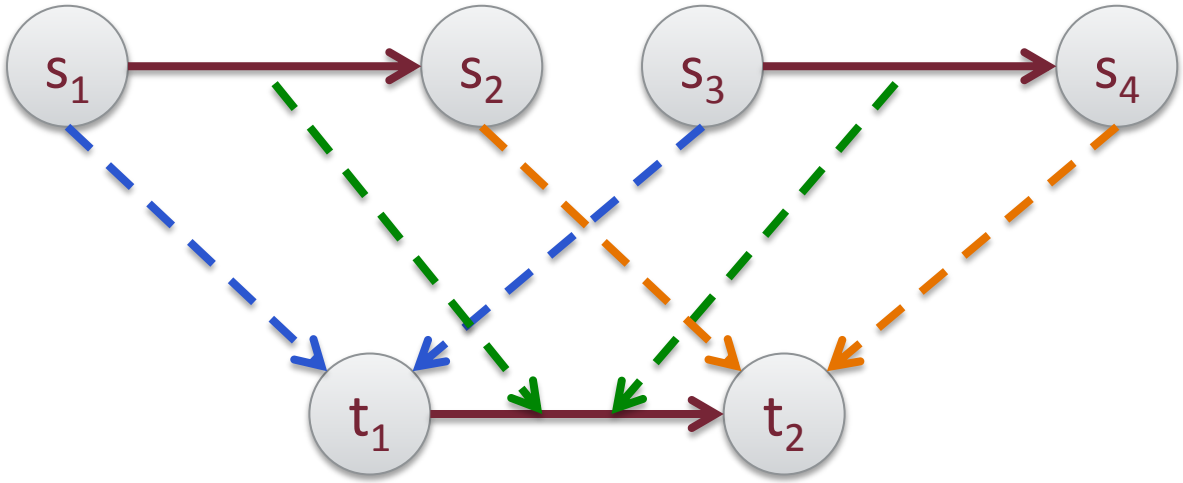
Állapotátmenetek vs. állapotabsztrakció

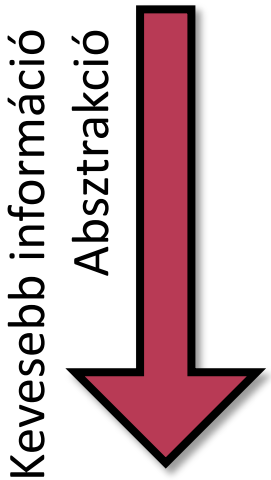
- Állapotabsztrakció hatása átmenetre



Állapotátmenetek vs. állapotabsztrakció

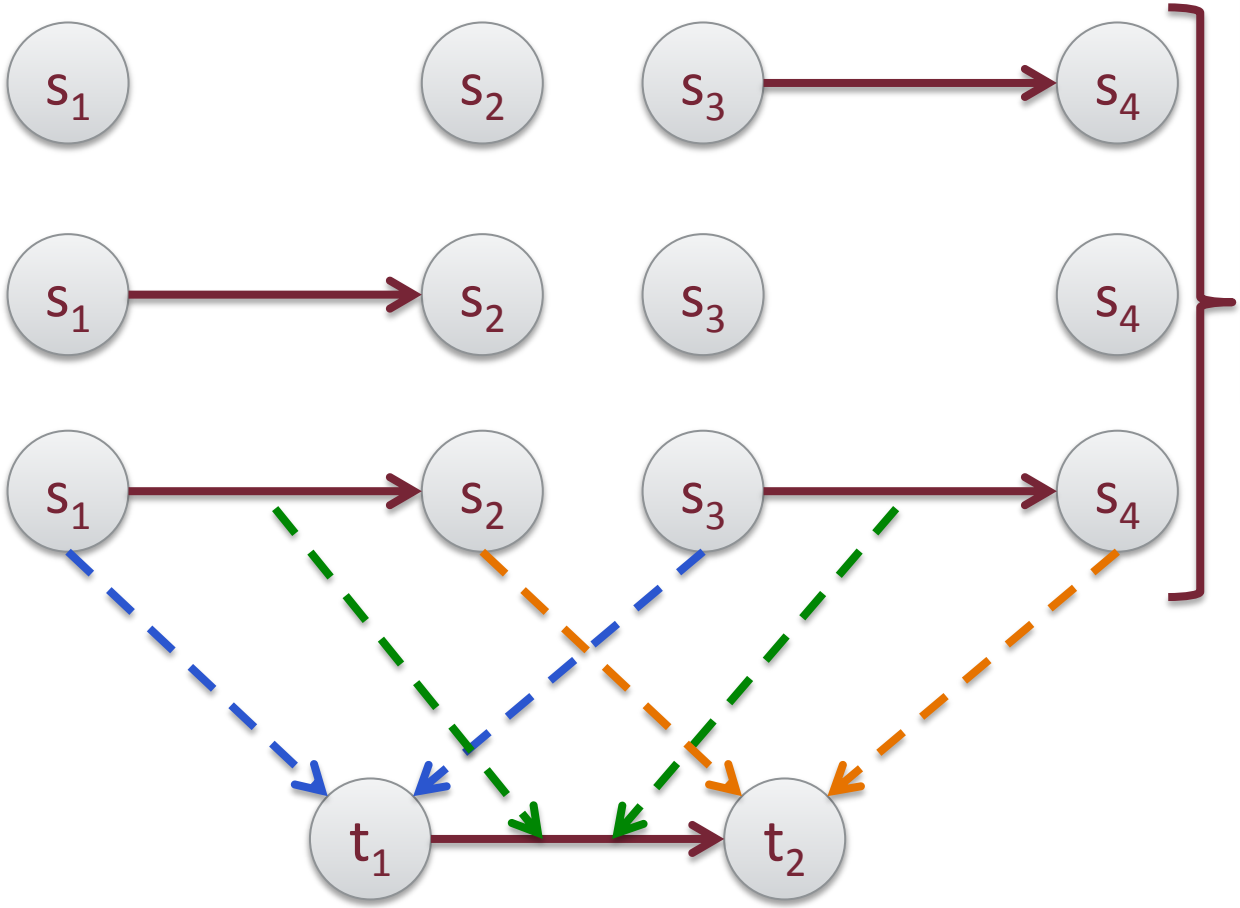
- Állapotabsztrakció hatása átmenetre





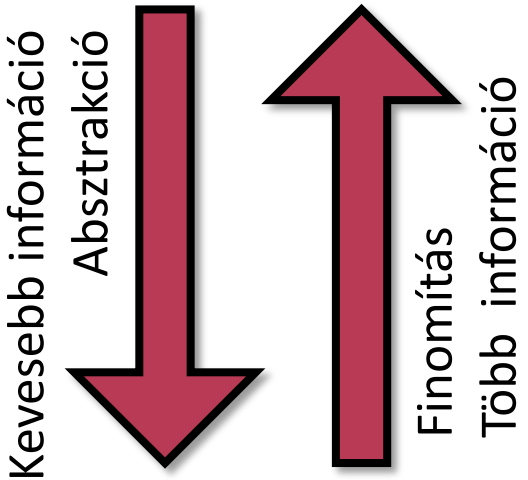
Állapotátmenetek vs. állapotfinomítás

- Állapotfinomítás hatása átmenetre

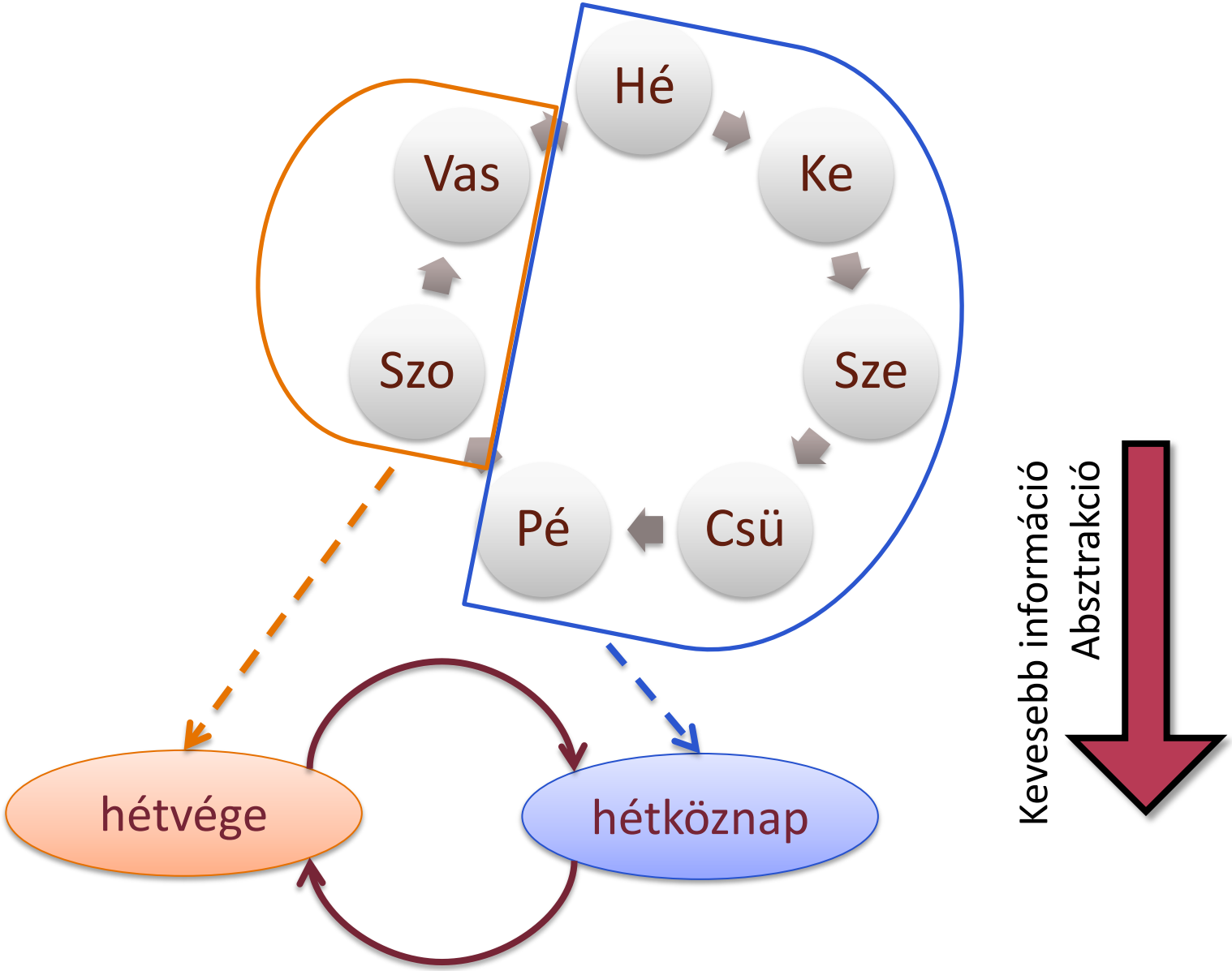


Különböző modellek egyező absztrakcióval

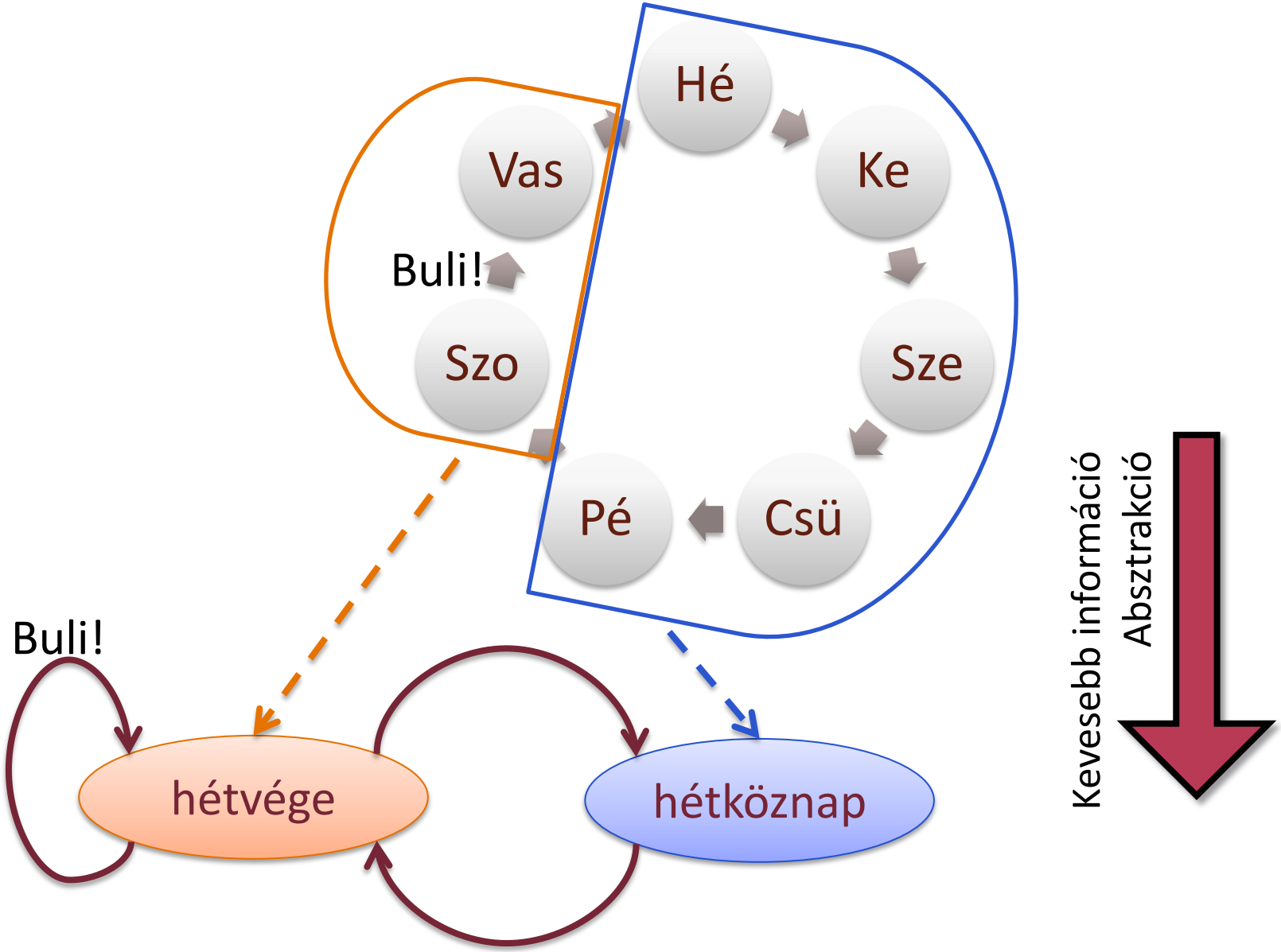
Melyik a finomítás? Információtöbblet!



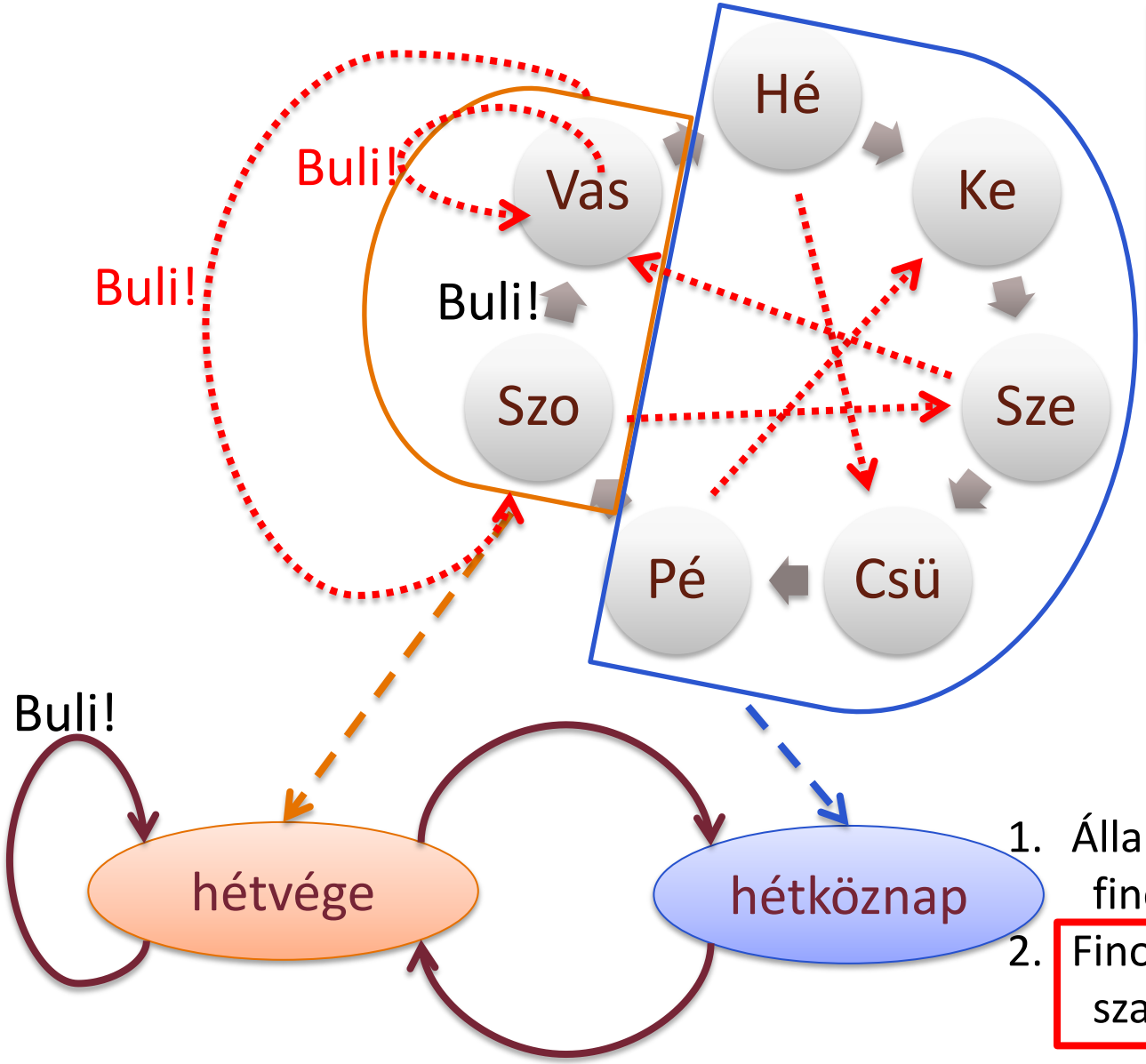
Állapotabsztrakció példa



Állapotabsztrakció példa



Állapotfinomítás példa



A választás hordozza az információt a napok viszonyáról

A többség nem kerül be…

Finomítás
Több információ

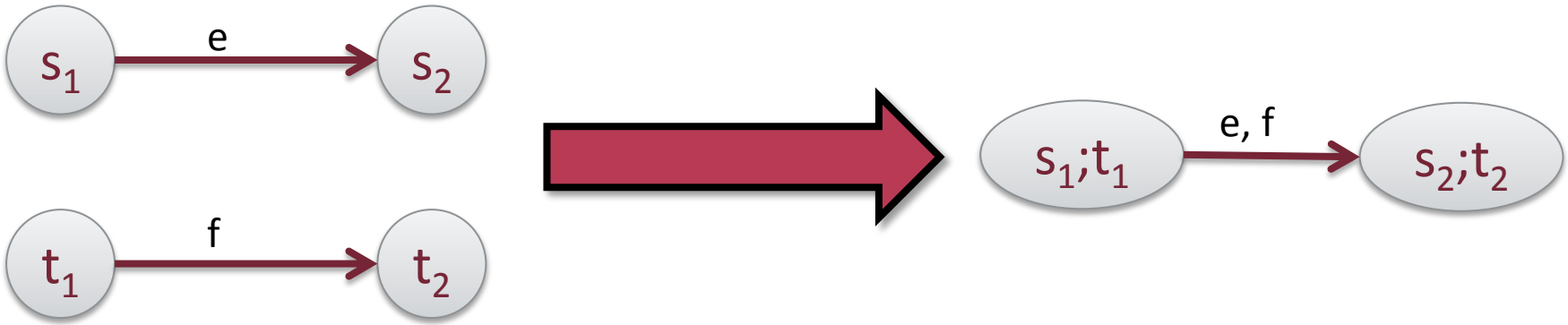
1. Állapotpartíció finomítása
2. Finomított átmeneti szabályok válogatása

Szinkron / aszinkron szorzat

- Állapotgépek szorzata
  - Modell felépítése állapotváltozók állapotgépeiből
  - Állapothalmaz: az állapotváltozók terének szorzata

Könnyebb először kisebb modellekben gondolkozni!

- Átmenetek
  - **Szinkron szorzat**: mindkét állapotváltozó egyszerre lép
    - Egy-egy átmenet „összeragasztása”, címkék uniója



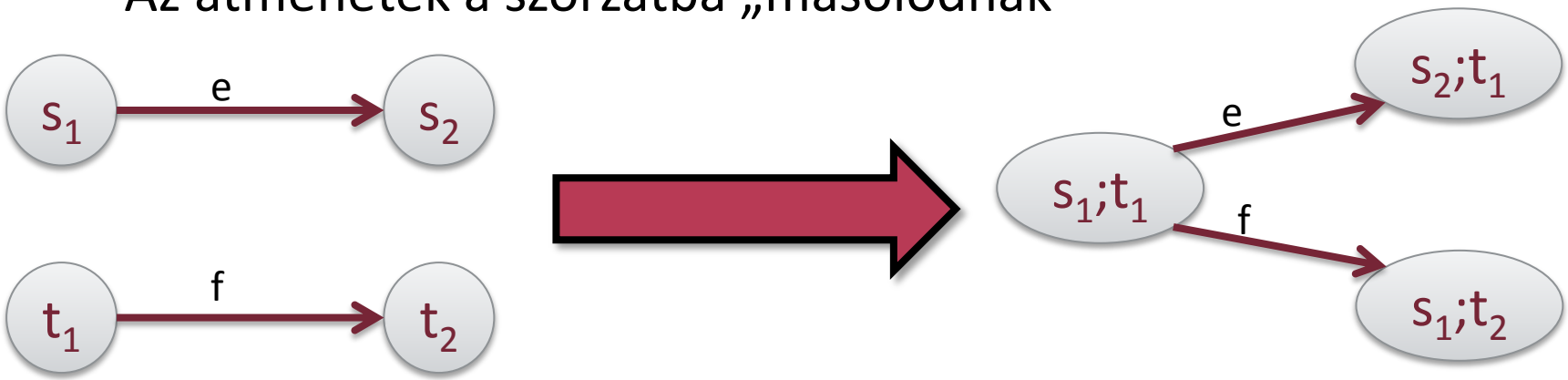
    - A két állapotváltozóra történő visszavetítés itt is absztrakció

Szinkron / aszinkron szorzat

- Állapotgépek szorzata
  - Modell felépítése állapotváltozók állapotgépeiből
  - Állapothalmaz: az állapotváltozók terének szorzata
- Átmenetek
  - **Aszinkron szorzat**: egyszerre egy állapotváltozó lép
    - Az átmenetek a szorzatba „másolódnak”

Könnyebb először kisebb modellekben gondolkozni!

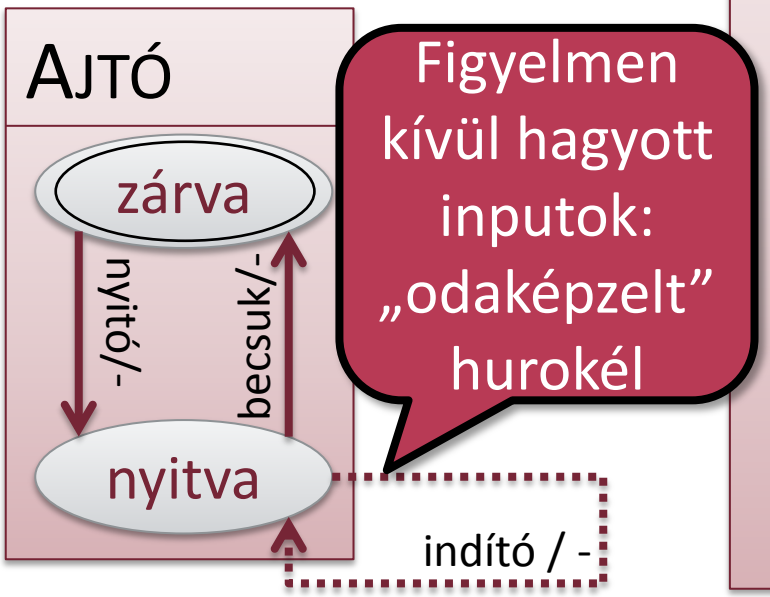
Vegyes szorzat: aszinkron, de helyenként szinkron módon összeolvasztva



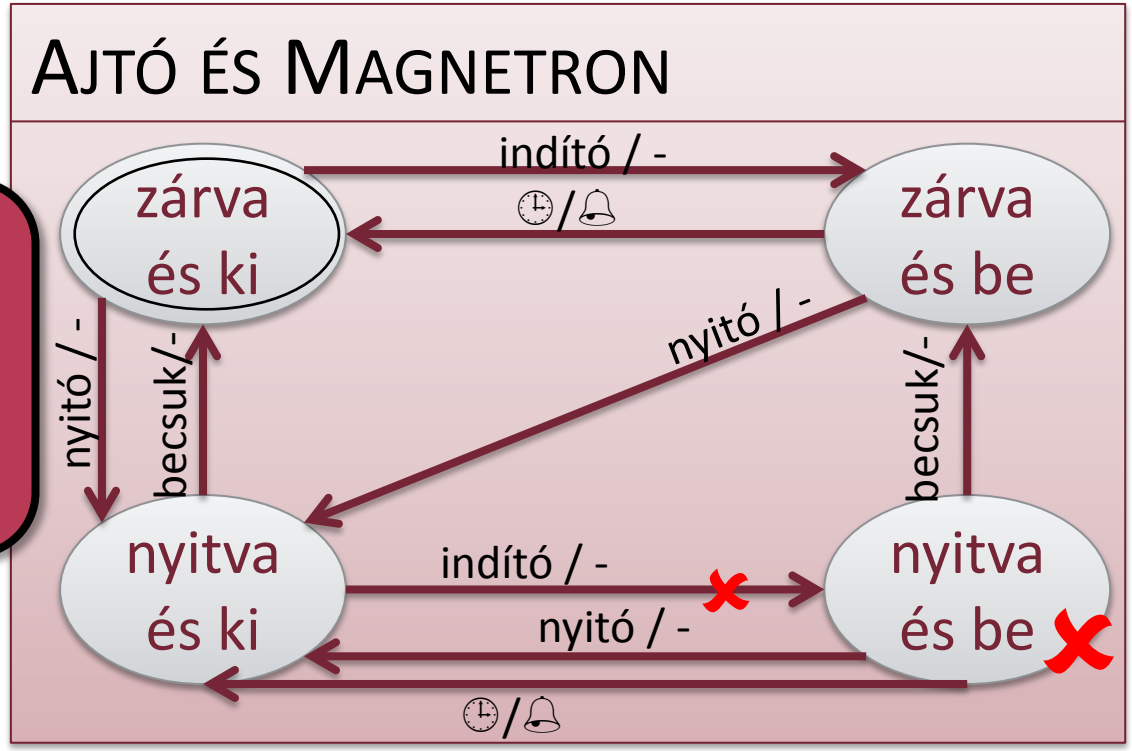
- A két állapotváltozóra történő visszavetítés itt is absztrakció

Szinkron szorzat példa

- Mikró kompozit állapottere
  - További finomítást igényel
    - Átmenetek kieshetnek
    - Állapotok így a kezdőállapotból elérhetetlenné válhatnak

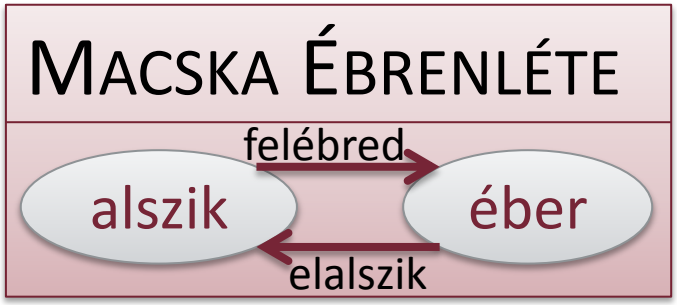


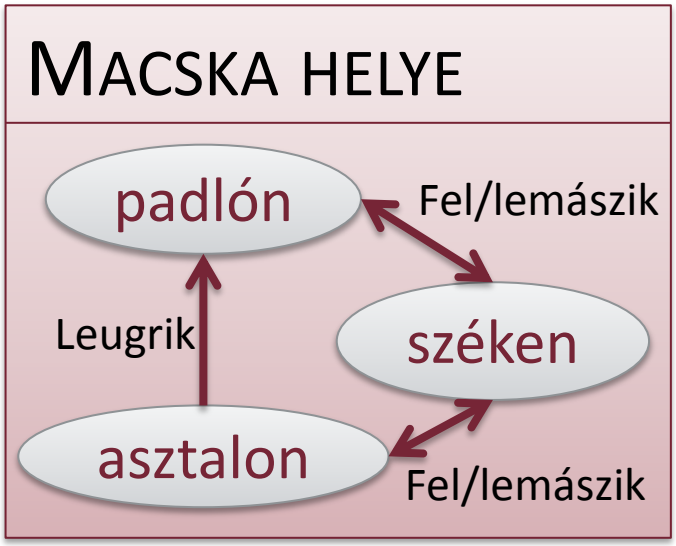
Figyelmen kívül hagyott inputok: „odaképzelt” hurokél



Aszinkron szorzat példa

- Kismacska kompozit állapota
  - További finomítást igényel
    - Átmenetek kieshetnek
    - Állapotok így elérhetetlenné válhatnának

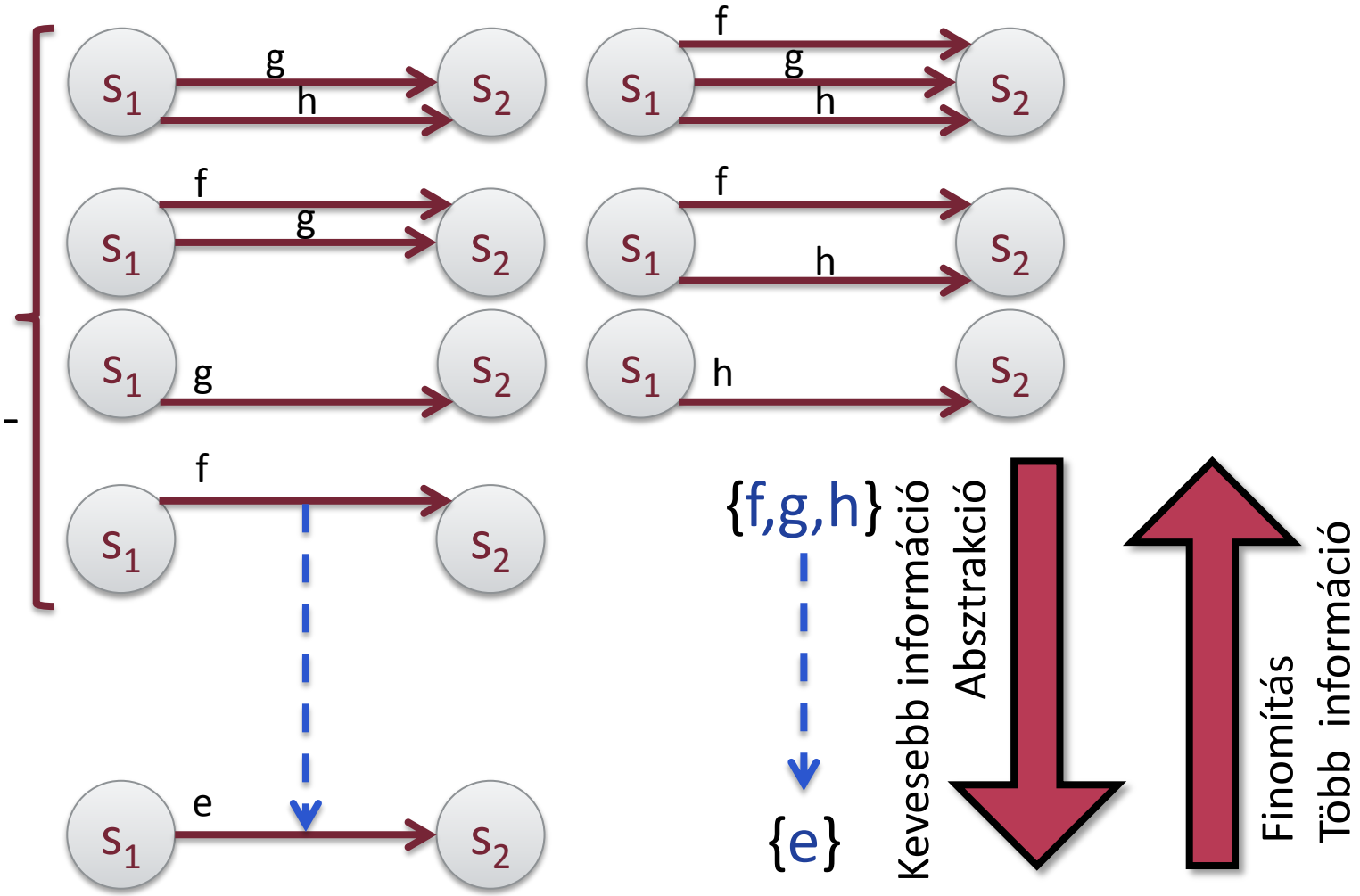




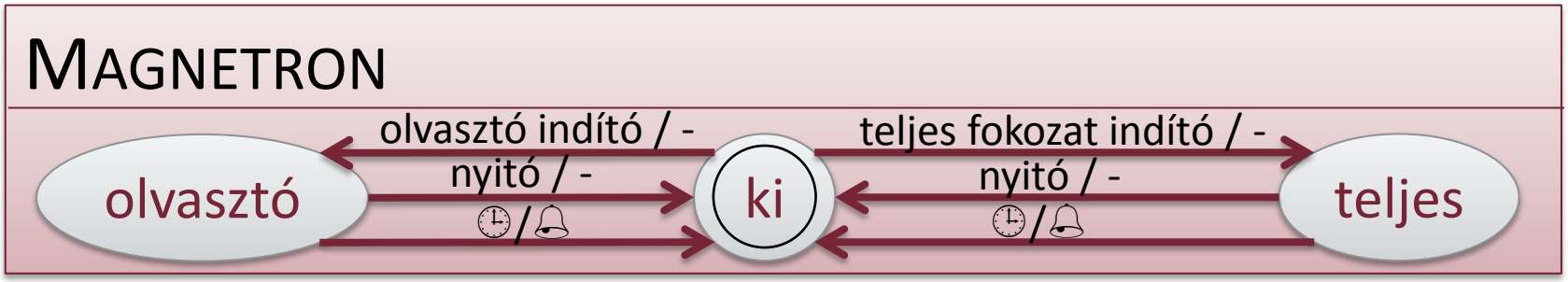
Eseményfinomítás és -absztrakció

- Esemény (input/output token) halmazfinomítása

Itt is a **választás** hordozza a finomítás információ-többletét



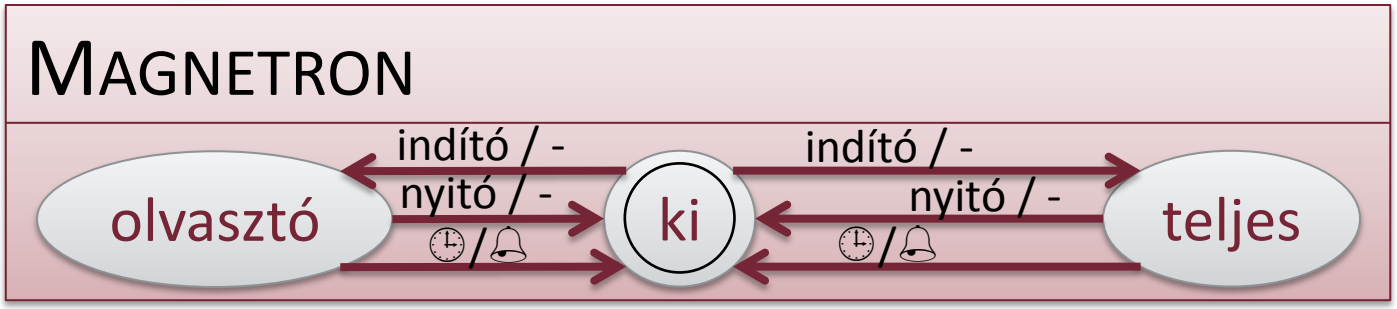
Példa állapot- és eseményfinomításra



{olvasztó indító, teljes fokozat indító}

Tokenfinomítás
Több információ

{indító}



Állapotfinomítás
Több információ

{olvasztó, teljes}

{be}

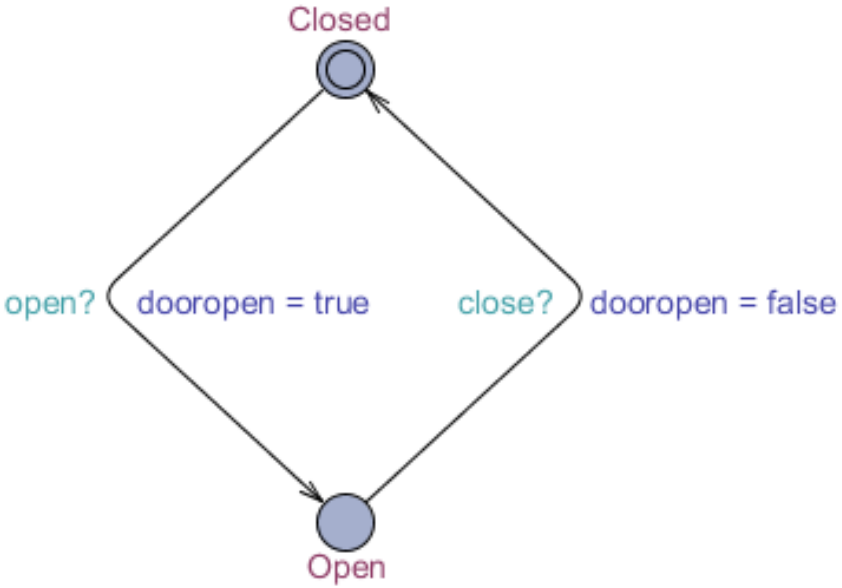
Kitekintés: szakmai példák

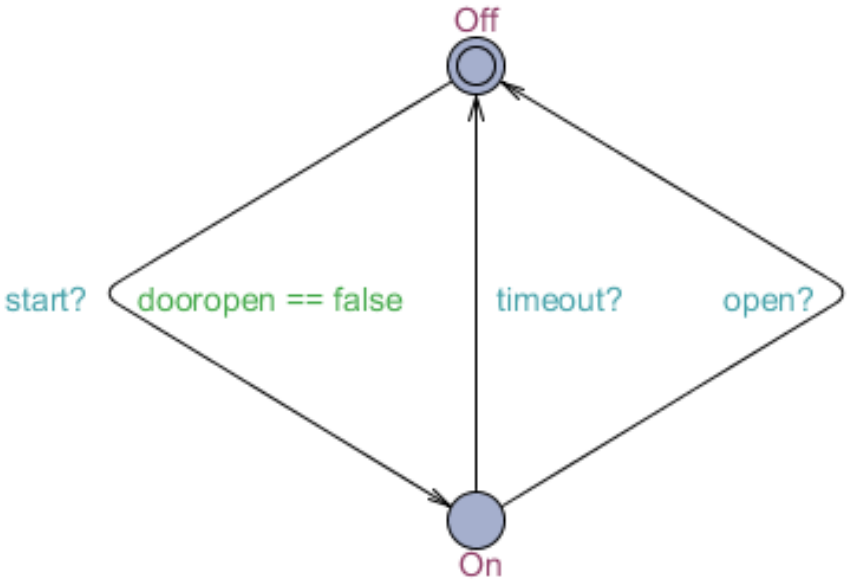
- Csomag alapú adatátviteli protokoll (TCP)
  - A teljes üzenet (datagram) több csomagból áll!
    - Az se biztos, hogy eredeti sorrendben érkeznek meg
  - Kommunikációs tokenek megkülönböztetése
    - Csomag sorszáma fejlécben, pl. $ép_3$ → ACK_3
  - Csomagonként külön állapotgép a fogadására
    - Teljes fogadó automata: **aszinkron szorzat**
  - (Bővebben ld. Számítógép-hálózatok c. tárgy)
- Ugyanitt tokenfinomításra példa:
  - Ép csomag adattartalma továbbítandó alkalmazás felé
    - Pl. „0” tartalmú ép csomag → „0” átadása alkalmazásnak

ESZKÖZTÁMOGATÁS (PÉLDÁK)

UPPAAL

- Állapotgépek vegyes szorzata



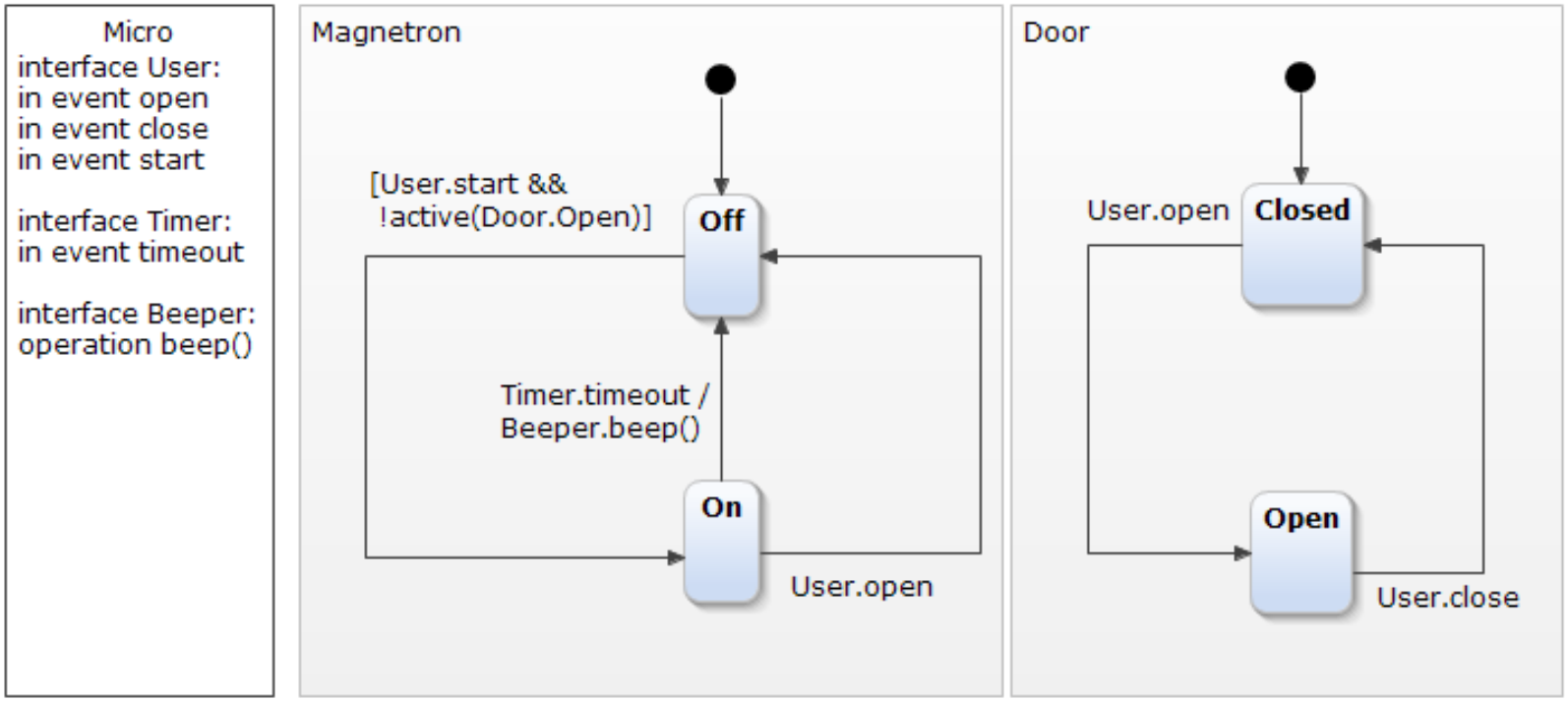


- Kompozit állapotgép viselkedése…
  - …szimulálható
  - …verifikálható

```
A[](!(door.Open && magnetron.On))
```

Yakindu Statechart Tools

- Kompozit állapotgépek szerkeszthetőek
  - (statechart nyelv → tömören kifejezhető kompozíció)



Yakindu Statechart Tools

- Elkészült állapotgépből Java kód generálható
  - *Magnetron* lép *On* állapotban (egyszerűsítve)

```
/* The reactions of state On. */
private void reactMagnetron_On() {
    if (sCITimer.timeout) {
        sCIBeeper.operationCallback.beep();
        stateVector[0] = State.magnetron_Off;
    } else {
        if (sCIUser.open) {
            stateVector[0] = State.magnetron_Off;
        }
    }
}
```

SZÓSZEDET

Magyar - English

Felépítési modell	Structural model
Viselkedési modell	Behavioural model
Esemény	Event
Pillanatszerű	Instantaneous
Eseményfolyam	Event stream
Állapot	State
Állapot alapú modell	State based model
Állapottér / Állapotpartíció	State space
Kölcsönösen kizárólagos	Mutually exclusive
Teljes	Complete
Állapotmentes	Stateless

Magyar - English

Állapotterek szorzata	Product of state spaces
Állapotváltozó	State variable
Összetett	Composite
Állapottér-robbanás	State space explosion
Véges	Finite
Diszkrét („szétválasztható”)	Discrete
Diszkrét („nem pletykál”)	*Discreet* ☺
Állapotátmenet	Transition
Állapotátmeneti szabály	Transition rule
Nemdeterminizmus / Konfliktus	Nondeterminism / Conflict

Magyar - English

Állapotgép / Automata	State machine / Automaton
Kezdőállapot	Initial state
Címke	Label
Ok / Előfeltétel	Cause / Precondition
Következmény / Utófeltétel	Consequence / Postcondition
Hurokél	Loop edge
Csatorna	Channel
Jel / Szimbólum	Signal / Token / Symbol
Nyelő / Csapda	Sink / Trap
Szinkron szorzat	Synchronous product
Aszinkron szorzat	Asynchronous product