

Adatfolyam hálók

dr. Bartha Tamás
dr. Majzik István
dr. Pataricza András

BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

Adatfolyam modellezés (áttekintés)

Nemdeterminisztikus DFN formalizmus

– Jonsson, Cannata definíciói

- Struktúra

– Adatfolyam gráf (Data Flow Graph, DFG)

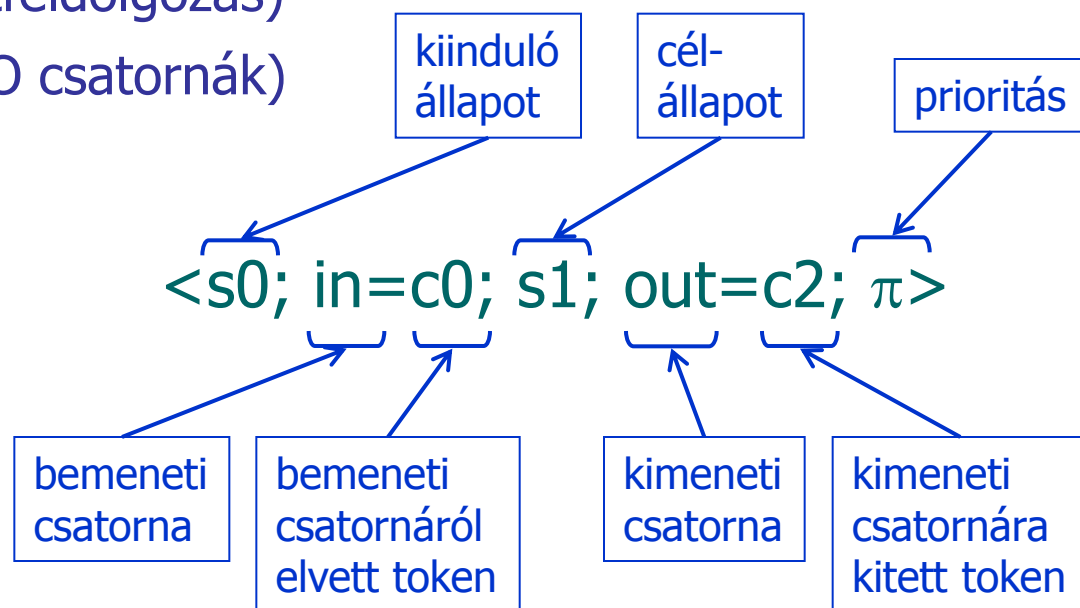
- Csomópontok (adatfeldolgozás)
- Irányított élek (FIFO csatornák)

- Viselkedés

– Tüzelési szabályok:

- Adatok

– (Színes) tokenek



Adatfolyam háló formalizmus

Adatfolyam hálózat formális leírása

- Adatfolyam hálózat: egy hármás (N, C, S)
 - N : csomópontok halmaza
 - C : csatornák halmaza
 - I: bemenő csatornák
 - O: kimenő csatornák
 - IN: belső (csomópontok közötti) csatornák
 - S : állapotok halmaza
- Adatfolyam csatorna:
 - (alapértelmezés: végtelen kapacitású) FIFO csatorna
 - egy bemeneti és egy kimeneti csomóponthoz kötve
 - **állapota**: $S_c = \times^\infty M_c$ tokenszekvencia

Adatfolyam csomópont formális leírása

Adatfolyam csomópont: $n = (I_n, O_n, S_n, s_n^0, R_n, M_n)$, ahol

I_n – bemenő csatornák halmaza

O_n – kimenő csatornák halmaza

S_n – csomópont állapotok halmaza

s_n^0 – csomópont kezdőállapota, $s_n^0 \in S_n$

M_n – tokenek halmaza

R_n – tüzelések halmaza, $r_n \in R_n$ egy ötös $(s_n, X_{in}, s'_n, X_{out}, \pi)$

s_n, s'_n – tüzelés előtti és utáni állapotok, $s_n, s'_n \in S$

X_{in} – bemenő leképezés, $X_{in} : I_n \rightarrow M_n$

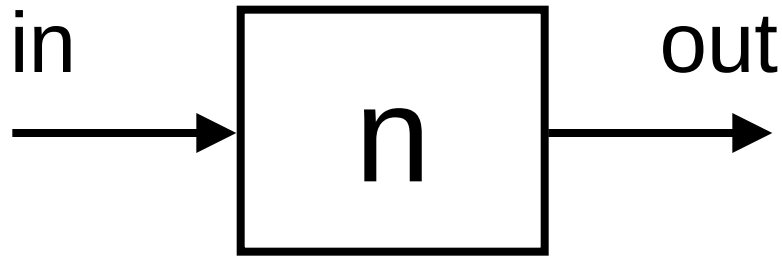
X_{out} – kimenő leképezés, $X_{out} : O_n \rightarrow M_n$

π – tüzelés prioritása, $\pi \in N$

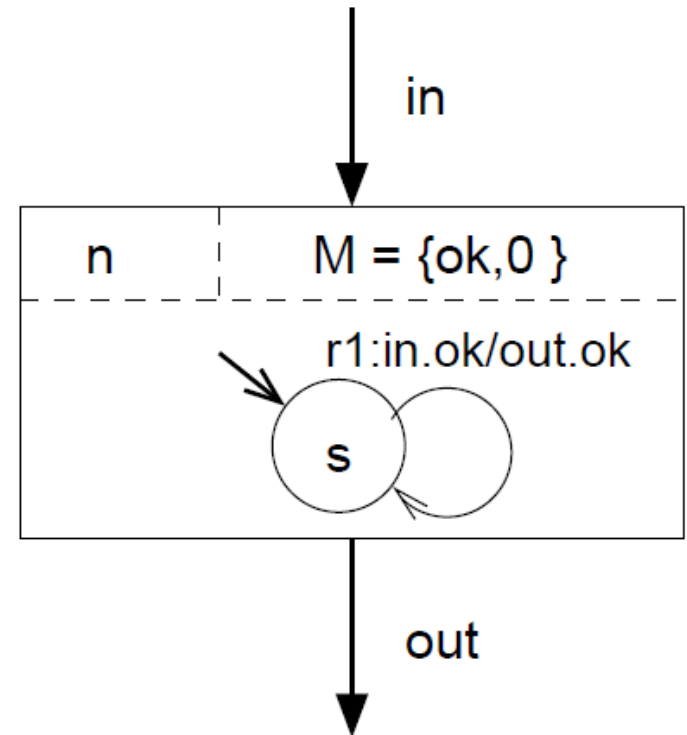
Adatfolyam hálózat jellemzése

- Adatfolyam háló állapota
 - Adatfolyam csomópontok állapota + adatfolyam csatornák állapota
- Adatfolyam csomópontok állapota
 - Az állapot a csomópont működését leíró állapotgép aktuális állapota
 - Állapotváltás: tüzelési szabályok „elsütése” során
- Adatfolyam csatornák állapota
 - Meghatározza a benne levő tokenek száma + színe + sorrendje
 - Kapacitása lehet végtelen vagy véges
 - Végtelen kapacitás $\Rightarrow$ mindig mehet bele token $\Rightarrow$ teljesen „aszinkron”
 - Véges kapacitás: a benne elhelyezett tokenek száma véges
 - Minden csatorna 1 kapacitású $\Rightarrow$ teljesen „szinkron”
 - Állapotváltás: tüzelési szabályok által megváltoztatott tokeneloszlás

Egy példa



- Egy token kapacitású csatornák
- Hálózat:
 $DFN = (\{n\}, \{in, out\},$
 $\{(s,0,0), (s,ok,0), (s,0,ok), (s,ok,ok)\})$
- Csomópontok:
 $n = (\{in\}, \{out\}, \{s\}, s, \{r1\}, \{ok,0\})$
- Tüzelések:
 $r1 = \langle s; in=ok; s; out=ok; 0 \rangle$



A módszer előnyei

Tulajdonság	Alkalmas
Grafikus, moduláris, kompakt, hierarchikus	Egyszerűen áttekinthető modell
Fekete és átlátszó doboz modell	Modellezés korai fázisban
Finomítási szabályok	Többszintű modellezés
Adatcsatornák modellezése	Információáramlás leírása
Elosztott modell mind finom, mind durva pontossággal	Aszinkron, konkurens események
Adatvezérelt működés	Eseményvezérelt rendszerek
Információrejtés	Komponensek modellezése
Matematikai formalizmus	Formális módszerek
Transzformáció PN felé	Validáció, analízis

Másik példa: referenciajel-generátor

Analóg rendszer: kvalitatív leírás



Alapvető működés:

`r0 = <s0; power_in=OK; s0; ref_out=OK>`

Referenciajel-generátor modellje

Kiterjesztés a hibák és hibaterjedés modellezésével (tokenek):

OK – névleges érték

FTY – névlegestől eltérő érték

UNC – bizonytalan érték

Kiterjesztett tüzelési szabályok (normál, hibás, bizonytalan):

r0 = <s0; power_in=OK; s0; ref_out=OK>

r1 = <s0; power_in=FTY; s0; ref_out=UNC>

r2 = <s1; power_in=OK; s1; ref_out=FTY>

r3 = <s1; power_in=FTY; s1; ref_out=FTY>

Így a meghibásodás folyamata nincs modellezve!

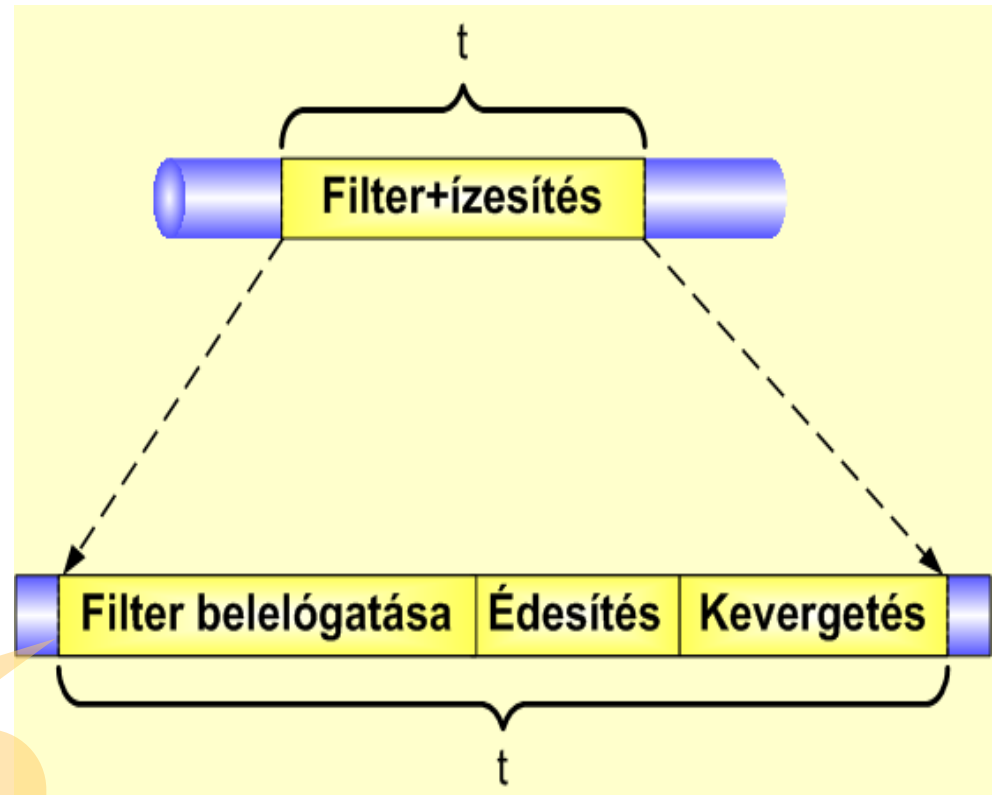
Adatfolyam háló modellek
szisztematikus bővítése: modellfinomítás

Általános elvek: Modellfinomítás

- Többszintű modellezés
 - Finomítás esetén „top-down” megközelítés
 - Magasszintű: nem részletes, nemdeterminisztikus modell
 - Finomítás során nemdeterminizmus korlátozása
- Szintek közötti átjárás (formalizált szabályok)
 - Ellenőrzött modellváltoztatások
 - Megfelelés halmazfinomítási értelemben
- Állapot és viselkedési konzisztencia megőrzése

Általános elvek: Hierarchikus modellfinomítás

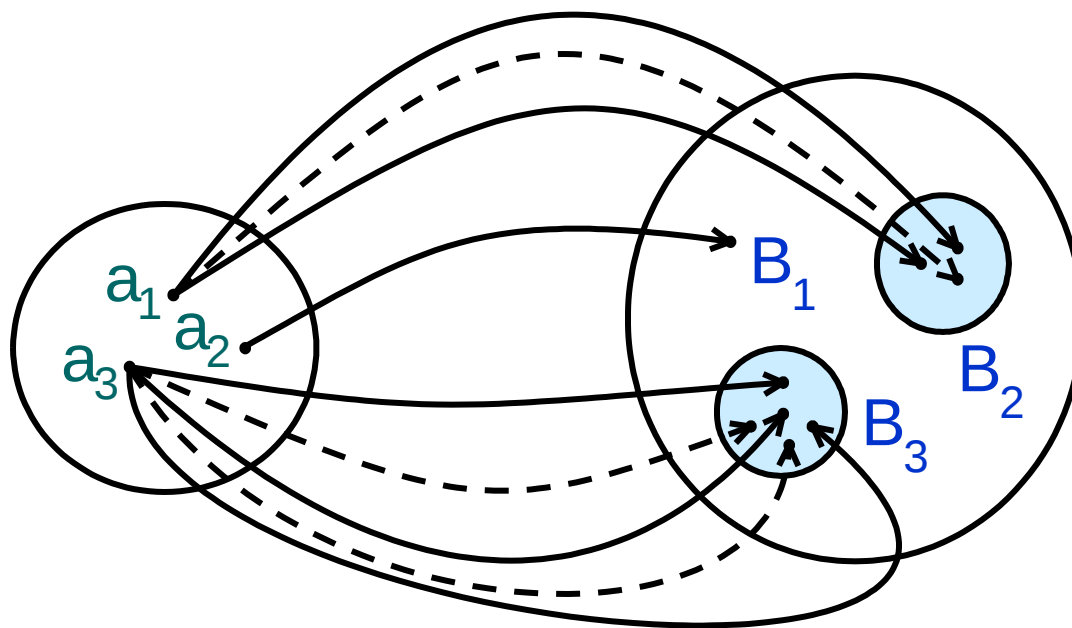
- Elemi eseményeket több részeseményre bontunk fel
- Az új események összideje = a régi esemény ideje
- Azonos bemenetekre azonos „lehetséges” válaszok



A kibontás
„egy az egyben”
behelyettesíthető
KOMPOZICIONALITÁS

Általános elvek: Halmazfinomítás

Diszjunkt részhalmazok hozzárendelése elemekhez



$\forall a_i, \in A, R(a_i) \subset B$ úgy, hogy $R(a_i) \cap R(a_j) = \emptyset \quad \forall i, j$

Általános elvek: fekete / átlátszó doboz nézet

- Fekete doboz nézet

- Csak a környezettel való kapcsolat jelenik meg

- szintaktikus interfész: ki- és bemeneti csatornák, üzenettípusok
 - szemantikus interfész: ki- és bemenő üzenetek kapcsolata

- Átlátszó doboz nézet

- Kommunikáció finomítás

- komponens szintaktikus interfészének megváltoztatása
 - ki- és bemeneti csatornák és az üzenettípusok száma változik

- Állapottér finomítás

- állapotátmeneti reláció elemeinek száma változik

- Eloszlás finomítás

- dekompozíció, részkomponensekre bontás, struktúra változik

Modellfinomítás adatfolyam hálókra

Fekete- és átlátszó dobozokra megfogalmazott elvek alkalmazása adatfolyam hálókra:

- **Értelmezési tartomány finomítás**
 - Tokenhalmaz finomítása
 - Állapothalmaz finomítása
- **Struktúra finomítás**
 - Csomópont helyettesítése adatfolyam alhálóval

Az értelmezési tartomány finomítása

Értelmezési tartomány finomítás

Két típusa van:

1. Tokenek halmazának finomítása

– M'_n finomítottja M_n -nek

2. Állapotok halmazának finomítása

– S'_n finomítottja S_n -nek

} vagy-vagy,
egyszerre
csak az egyik

⇒ Tüzelési szabályok megfelelő változtatása

- Ki- és bemeneti csatornák változatlanok
- Struktúra változatlan

Tokenek halmazának finomítása: példa

	n_1	$n_2 = \mathcal{R}(n_1)$
Állapotok	on off	{on} {off}
Tokenek	a b	{aa, ab} {ba, bb}
Tüzelési szabályok	r1 r2	{r11, r12} {r21, r22}

eredeti

• $r1 = \langle \text{on}; \text{in}=\text{a}; \text{off}; \text{out}=\text{a} \rangle$

• $r2 = \langle \text{off}; \text{in}=\text{b}; \text{on}; \text{out}=\text{b} \rangle$

• $r11 = \langle \text{on}; \text{in}=\text{aa}; \text{off}; \text{out}=\text{aa} \rangle$

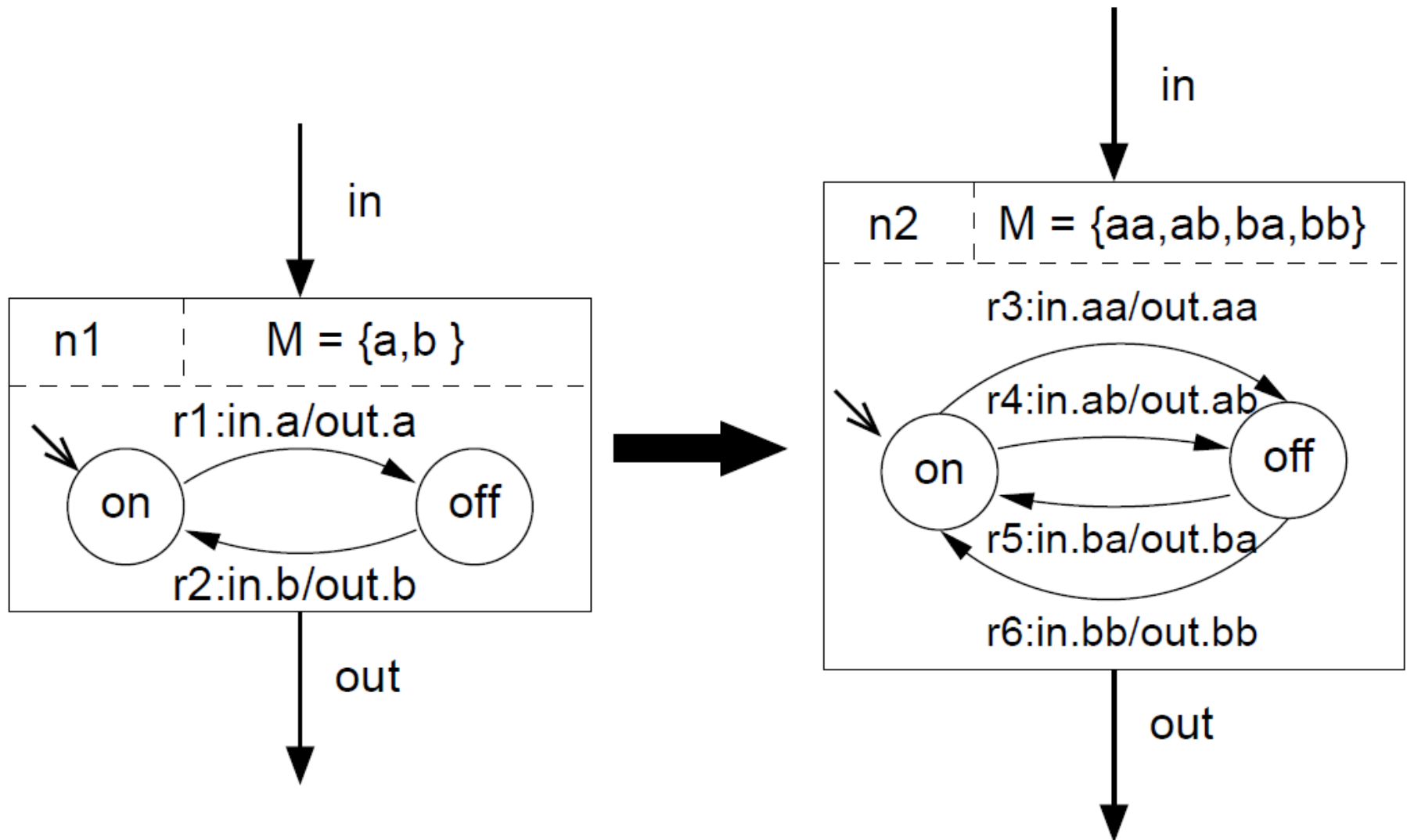
• $r12 = \langle \text{on}; \text{in}=\text{ab}; \text{off}; \text{out}=\text{ab} \rangle$

• $r21 = \langle \text{off}; \text{in}=\text{ba}; \text{on}; \text{out}=\text{ba} \rangle$

• $r22 = \langle \text{off}; \text{in}=\text{bb}; \text{on}; \text{out}=\text{bb} \rangle$

finomított

Értelmezési tartomány finomítás: tokenek halmaza



Állapotok halmazának finomítása: példa

eredeti

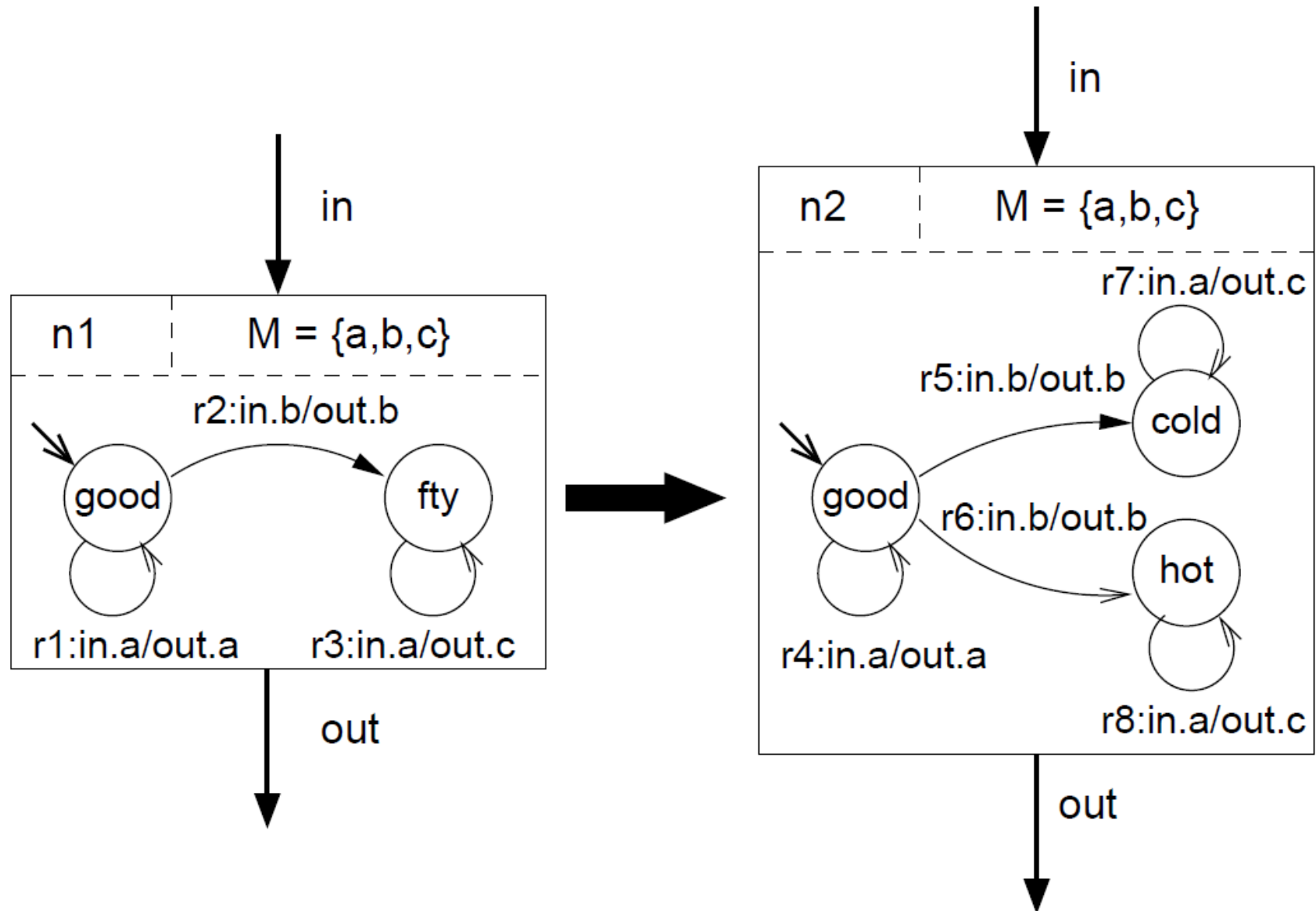
	n_1	$n_2 = \mathcal{R}(n_1)$
Állapotok	good fty	{good} {hot, cold}
Tokenek	a b c	{a} {b} {c}
Tüzelési szabályok	r1 r2 r3	{r11} {r21, r22} {r31, r32}

- $r1 = \langle \text{good}; \text{in}=\text{a}; \text{good}; \text{out}=\text{a} \rangle$
- $r2 = \langle \text{good}; \text{in}=\text{b}; \text{fty}; \text{out}=\text{b} \rangle$
- $r3 = \langle \text{fty}; \text{in}=\text{a}; \text{fty}; \text{out}=\text{c} \rangle$

-
- $r11 = \langle \text{good}; \text{in}=\text{a}; \text{good}; \text{out}=\text{a} \rangle$
 - $r21 = \langle \text{good}; \text{in}=\text{b}; \text{cold}; \text{out}=\text{b} \rangle$
 - $r22 = \langle \text{good}; \text{in}=\text{b}; \text{hot}; \text{out}=\text{b} \rangle$
 - $r31 = \langle \text{cold}; \text{in}=\text{a}; \text{cold}; \text{out}=\text{c} \rangle$
 - $r32 = \langle \text{hot}; \text{in}=\text{a}; \text{hot}; \text{out}=\text{c} \rangle$

finomított

Értelmezési tartomány finomítás: állapotok halmaza



Példa: referenciajel-generátor



- Hibamodell:

OK – névleges feszültség

FTY – névlegestől eltérő feszültség

- Működés:

r0 = <s0; power_in=OK; s0; ref_out=OK>

r1 = <s0; power_in=FTY; s0; ref_out=OK>

r2 = <s0; power_in=FTY; s0; ref_out=FTY>

} (eddig UNC)

r3 = <s1; power_in=OK; s1; ref_out=FTY>

r4 = <s1; power_in=FTY; s1; ref_out=FTY>

Példa: referenciajel-generátor (finomított működés)

1. Állapothalmaz finomítás: $s1 \rightarrow s1a, s1b$

$r0 = \langle s0; \text{power_in}=\text{OK}; s0; \text{ref_out}=\text{OK} \rangle$

$r1 = \langle s0; \text{power_in}=\text{FTY}; s0; \text{ref_out}=\text{OK} \rangle$

$r2 = \langle s0; \text{power_in}=\text{FTY}; s0; \text{ref_out}=\text{FTY} \rangle$

$r31 = \langle s1a; \text{power_in}=\text{OK}; s1a; \text{ref_out}=\text{FTY} \rangle$

$r32 = \langle s1b; \text{power_in}=\text{OK}; s1b; \text{ref_out}=\text{FTY} \rangle$

$r41 = \langle s1a; \text{power_in}=\text{FTY}; s1a; \text{ref_out}=\text{FTY} \rangle$

$r42 = \langle s1b; \text{power_in}=\text{FTY}; s1b; \text{ref_out}=\text{FTY} \rangle$

2. Tokenfinomítás: $\text{FTY} \rightarrow \text{LOW}, \text{HIGH}$ ($s0$ állapotra)

3. Tokenfinomítás: $\text{FTY} \rightarrow \text{LOW}, \text{HIGH}$ ($s1$ állapotra)

Példa: referenciajel-generátor (finomított működés)

1. Állapothalmaz finomítás: $s1 \rightarrow s1a, s1b$
2. Tokenfinomítás: $FTY \rightarrow LOW, HIGH$ ($s0$ állapotra)

$r0 = \langle s0; \text{power_in} = \text{OK}; s0; \text{ref_out} = \text{OK} \rangle$

$r11 = \langle s0; \text{power_in} = \text{HIGH}; s0; \text{ref_out} = \text{OK} \rangle$

$r21 = \langle s0; \text{power_in} = \text{LOW}; s0; \text{ref_out} = \text{LOW} \rangle$

$r31 = \langle s1a; \text{power_in} = \text{OK}; s1a; \text{ref_out} = \text{FTY} \rangle$

$r32 = \langle s1b; \text{power_in} = \text{OK}; s1b; \text{ref_out} = \text{FTY} \rangle$

$r41 = \langle s1a; \text{power_in} = \text{FTY}; s1a; \text{ref_out} = \text{FTY} \rangle$

$r42 = \langle s1b; \text{power_in} = \text{FTY}; s1b; \text{ref_out} = \text{FTY} \rangle$

3. Tokenfinomítás: $FTY \rightarrow LOW, HIGH$ ($s1$ állapot)

Példa: referenciajel-generátor (finomított működés)

1. Állapothalmaz finomítás: $s1 \rightarrow s1a, s1b$
2. Tokenfinomítás: FTY $\rightarrow$ LOW, HIGH (s0 állapotra)
3. Tokenfinomítás: FTY $\rightarrow$ LOW, HIGH (s1 állapotra)

r0=<s0; power_in=OK; s0; ref_out=OK>

r11=<s0; power_in=LOW; s0; ref_out=LOW>

r21=<s0; power_in=HIGH; s0; ref_out=OK>

r311=<s1a; power_in=OK; s1a; ref_out=LOW>

r321=<s1b; power_in=OK; s1b; ref_out=HIGH>

r411=<s1a; power_in=LOW; s1a; ref_out=LOW>

r412=<s1a; power_in=HIGH; s1a; ref_out=LOW>

r421=<s1b; power_in=LOW; s1b; ref_out=LOW>

r422=<s1b; power_in=HIGH; s1b; ref_out=HIGH>

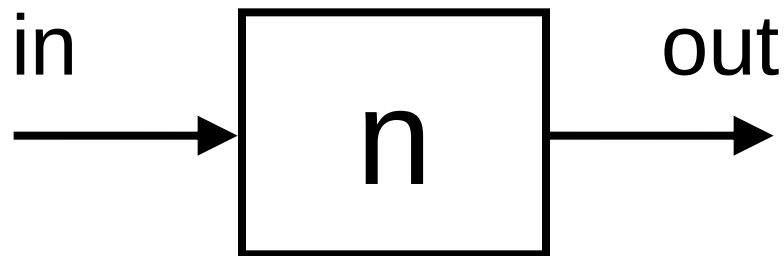
Bizonytalanság megszűnt

A struktúra finomítása
A modellelemek (hierarchikus) bővítése

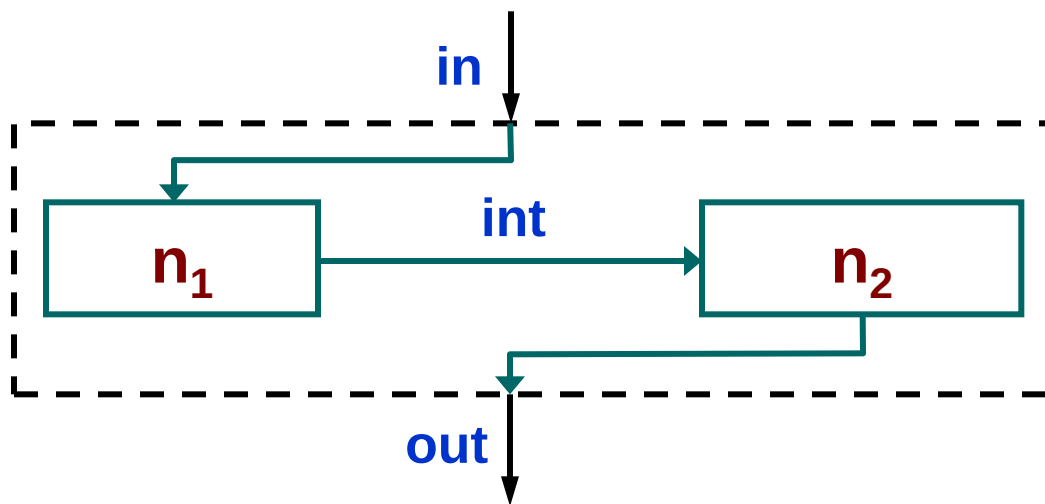
Struktúra finomítás

- Struktúra módosítás
 - Környezethez kapcsolódó csatornák változatlanok
 - Belső csomópontok és csatornák keletkeznek
- Állapotmegfeleltetés: csomópont $\leftrightarrow$ részháló
- Tokenek halmaza változatlan
- Viselkedési ekvivalencia
 - Tüzelésekből *tüzelési szekvenciák* megfelelő kialakítása
 - Bemeneti csatornákon érkező azonos tokenszekvenciákra ugyanazon lehetséges kimeneti tokenszekvenciákat állítja elő

Struktúra finomítás: példa



↓ DFN = $\mathfrak{R}(n)$



Struktúra finomítás: példa

	n	n_1, n_2
Állapotok	good	$\{\langle \text{good}, \text{good}, X \rangle, \langle \text{good}, \text{fty}, X \rangle\}$
	fty	$\{\langle \text{fty}, \text{good}, X \rangle, \langle \text{fty}, \text{fty}, X \rangle\}$
Tokenek	a	$\{a\}$
	b	$\{b\}$
Tüzelési szabályok	r_n1	$\{\langle r_{n1}1; r_{n2}1 \rangle, \langle r_{n1}1; r_{n2}3 \rangle\}$
	r_n2	$\{\langle r_{n1}2; r_{n2}2 \rangle, \langle r_{n1}2; r_{n2}4 \rangle\}$

- $r_n1 = \langle \text{good}; \text{in}=a; \text{good}; \text{out}=a \rangle$
- $r_n2 = \langle \text{good}; \text{in}=b; \text{fty}; \text{out}=b \rangle$

n1

- $r_{n1}1 = \langle \text{good}; \text{in}=a; \text{good}; \text{int}=a \rangle$
- $r_{n1}2 = \langle \text{good}; \text{in}=b; \text{fty}; \text{int}=b \rangle$

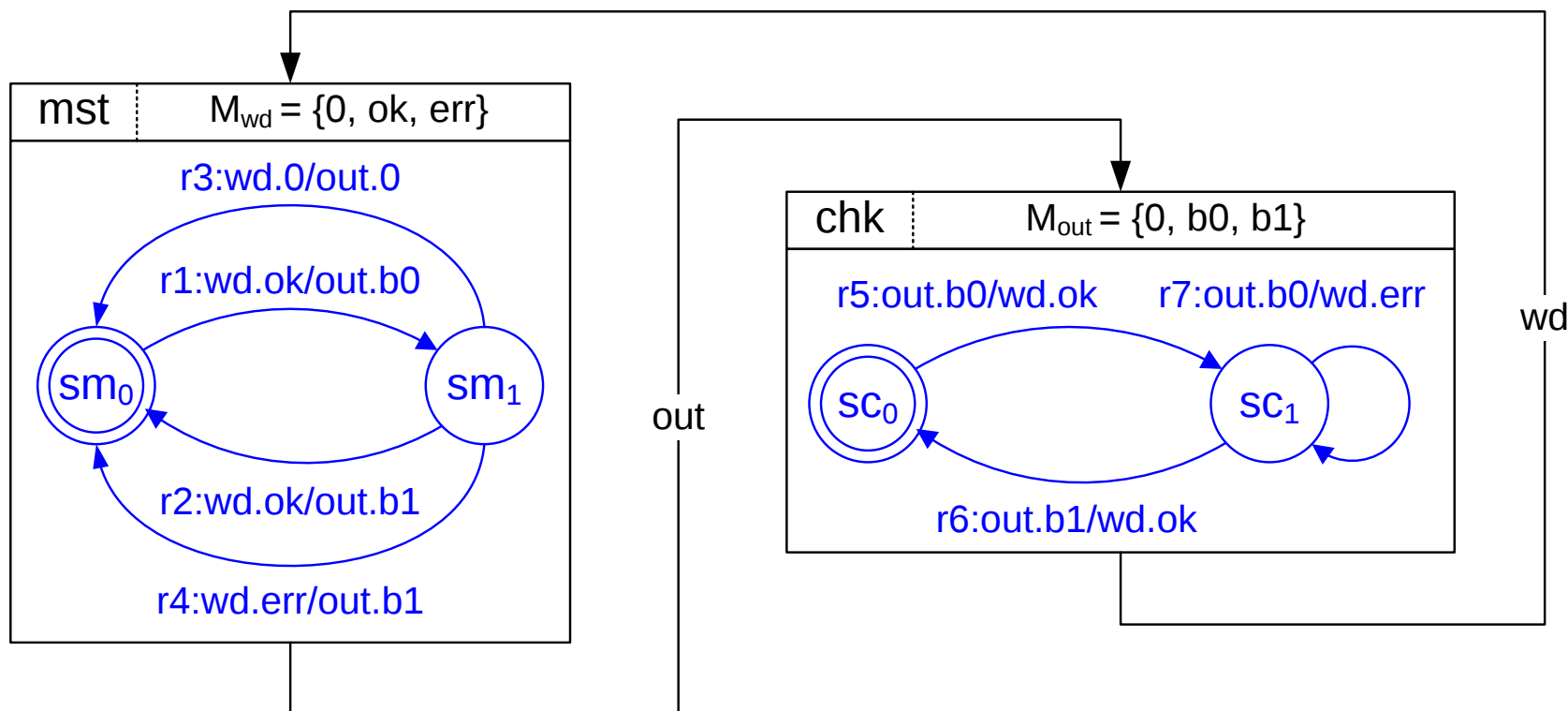
n2

- $r_{n2}1 = \langle \text{good}; \text{int}=a; \text{good}; \text{out}=a \rangle$
- $r_{n2}2 = \langle \text{good}; \text{int}=b; \text{good}; \text{out}=b \rangle$
- $r_{n2}3 = \langle \text{fty}; \text{int}=a; \text{fty}; \text{out}=a \rangle$
- $r_{n2}4 = \langle \text{fty}; \text{int}=b; \text{fty}; \text{out}=b \rangle$

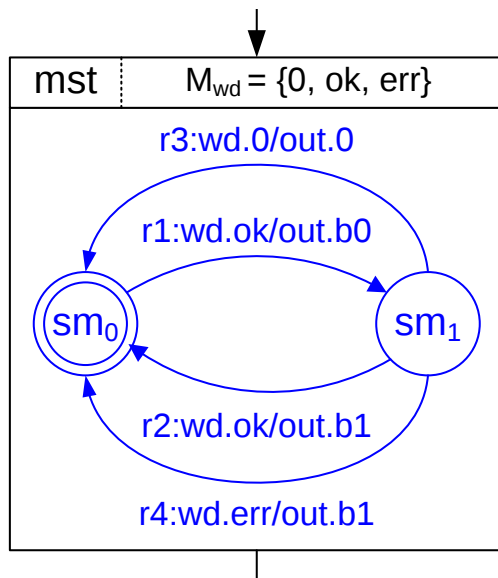
Adatfolyam hálók széthajtogatása

Példa adatfolyam háló

- master: $mst = (\{wd\}, \{out\}, \{sm0, sm1\}, sm0, \{r1, r2, r3, r4\}, \{ok, err, b0, b1\})$,
- checker: $chk = (\{out\}, \{wd\}, \{sc0, sc1\}, sc0, \{r5, r6, r7\}, \{b0, b1, ok, err\})$.

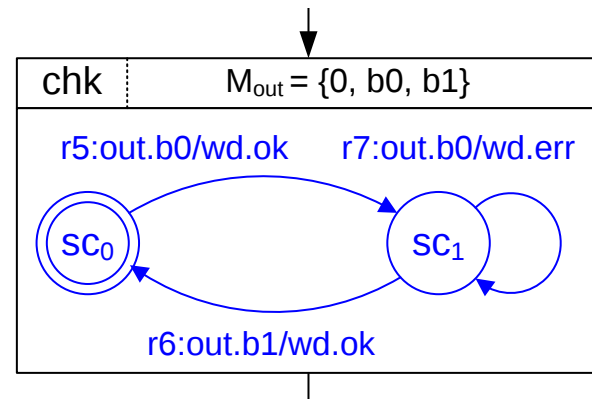
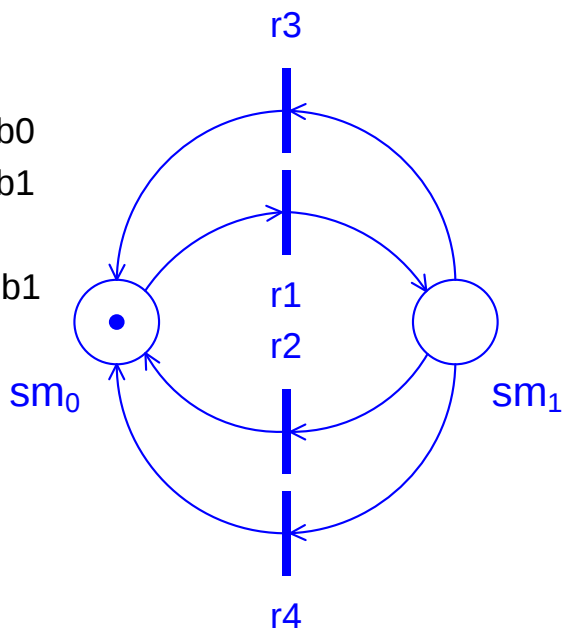


Csomópontok Petri-háló struktúrája



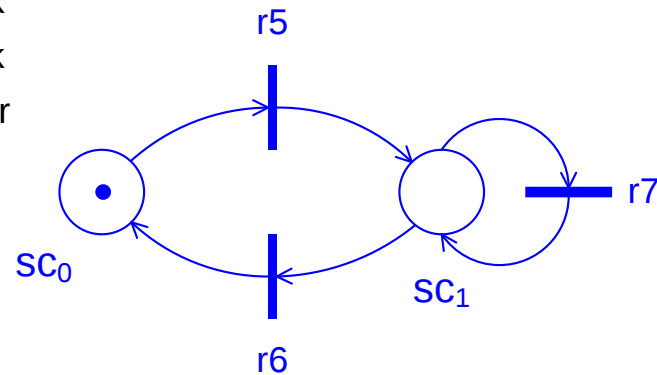
mst

r1:wd.ok/out.b0
r2:wd.ok/out.b1
r3:wd.0/out.0
r4:wd.err/out.b1

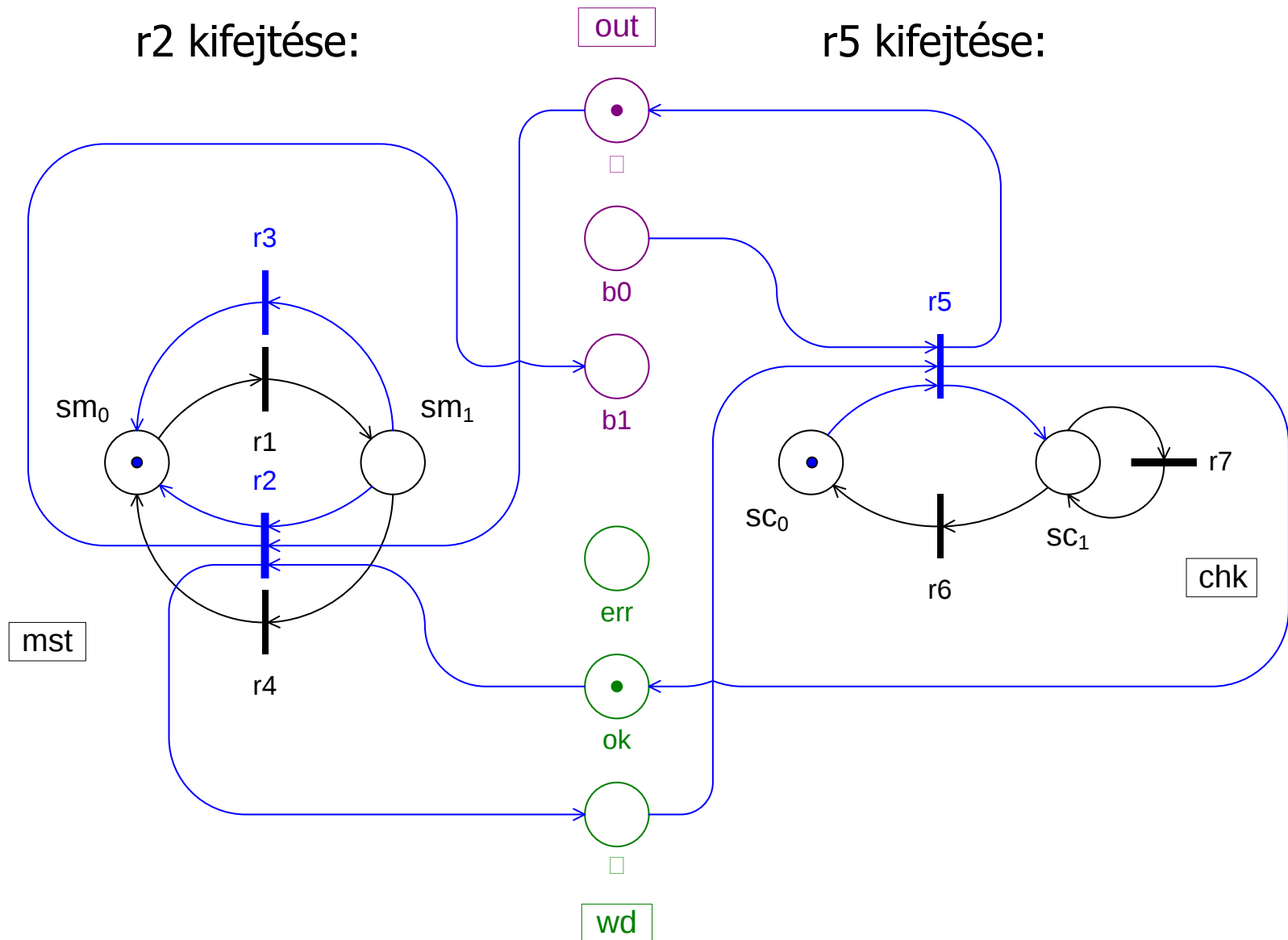


chk

r5:out.b0/wd.ok
r6:out.b1/wd.ok
r7:out.b0/wd.err

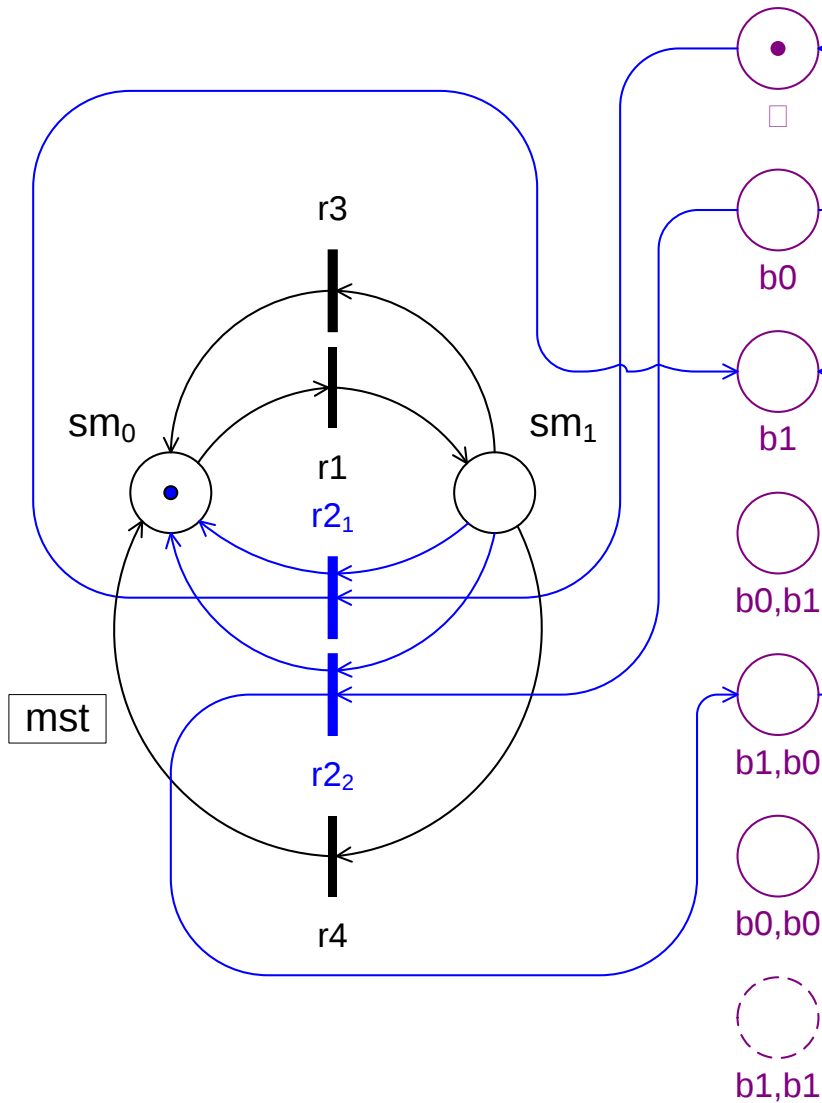


Tüzelési szabályok és 1 kapacitású csatornák



Tüzelési szabályok és 2 kapacitású csatornák

r2 kifejtése:



r5 kifejtése:

