

Gyakorló feladatok:
Formális modellek, temporális logikák,
modellellenőrzés

Majzik István
BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

Alapszintű formális modellek

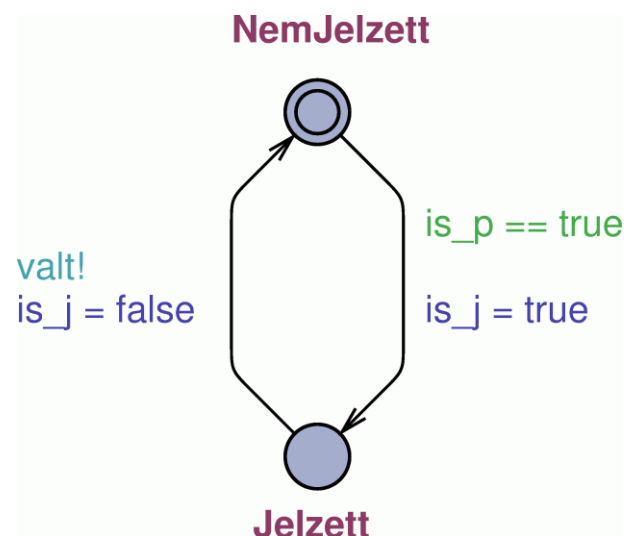
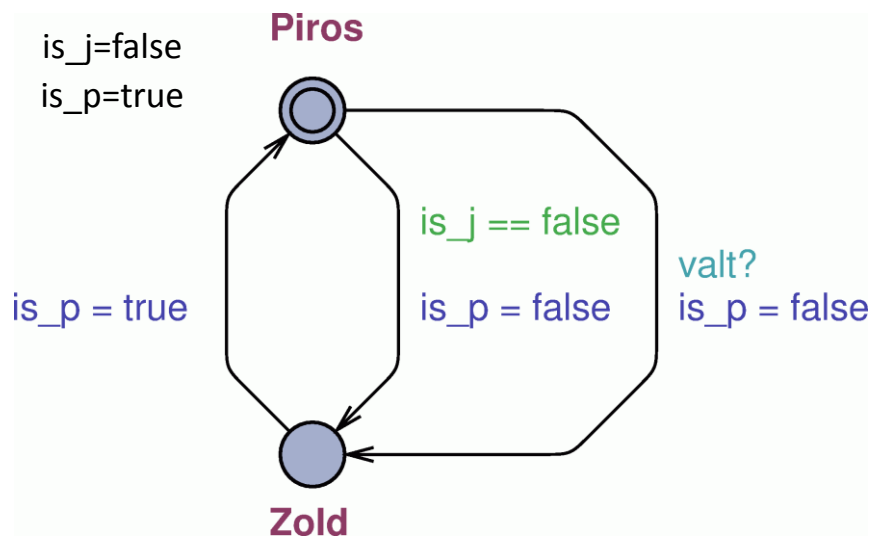
Elméleti kérdések

- Definiálja a következő formalizmusokat:
 - Kripke-struktúra (KS)
 - Címkézett tranzíciós rendszer (LTS)
 - Kripke tranzíciós rendszer (KTS)
- Döntse el, hogy igazak-e a következő állítások:
 - Egy KTS modell egy állapota csak egy atomi kijelentéssel címkézhető.
 - Az LTS modellek esetén egy tranzíció több akcióval is címkézhető.
 - LTS modellek esetén állapot címkék és tranzíció címkék is használhatók.

Formális modell értelmezése

Az alábbi ábrákon látható két (az UPPAAL eszközben felvett) automata, ezek egy jelzőlámpa és egy gyalogos viselkedését modellezzik. A kezdeti állapotban $is_p=true$, $is_j=false$.

- Készítse el a két automata együtteseként tekintett **teljes rendszer Kripke-struktúra modelljét**, a jelzőlámpa és a gyalogos elérhető **állapotkombinációit** és a köztük lévő átmeneteket felvéve. A Kripke-struktúra minden állapotát **címkézze** meg azzal, hogy a jelzőlámpa és a gyalogos mely állapotait reprezentálja.



Követelmények formalizálása temporális logikákkal

Temporális logikai kifejezések értelmezése

Indokolja meg, hogy következő LTL ekvivalencia helyes-e:

1. $F(\text{Start} \vee \text{Stop}) \equiv (F \text{ Start}) \vee (F \text{ Stop})$
2. $G \text{ Normal} \equiv \text{not } F(\text{not Normal})$

Indokolja meg, hogy következő CTL ekvivalencia helyes-e:

1. $AF(\text{Start} \vee \text{Stop}) \equiv (AF \text{ Start}) \vee (AF \text{ Stop})$
2. $AF(\text{Start} \wedge \text{Stop}) \equiv (AF \text{ Start}) \wedge (AF \text{ Stop})$
3. $EF(\text{Start} \wedge \text{Stop}) \equiv (EF \text{ Start}) \wedge (EF \text{ Stop})$

Indokolja meg, hogy az alábbi kifejezés szintaktikailag helyes-e CTL illetve CTL* temporális logikában!

1. $A(X \text{ Stop} \vee F \text{ Start})$
2. $A(\text{Stop} U (AX \text{ Start}))$

Követelményformalizálás: Vasúti kereszteződés

- Egy vasúti kereszteződést biztosító **fénysorompó** viselkedését az állapotaihoz rendelt következő atomi kijelentésekkel jellemezzük: {kikapcsolt, fehér, piros}
- A kereszteződéshez érkező **autós** viselkedését az állapotaihoz rendelt következő atomi kijelentésekkel jellemezzük: {érkezik, körülnéz, megáll, áthalad}
- Formalizálja LTL kifejezések segítségével az alábbi követelményeket, amelyek az autós viselkedésére **minden esetben (folyamatosan)** vonatkoznak:
 1. **Kikapcsolt** állapotú fényorompó esetén az autós **körülnéz** és a következő időpillanatban vagy **áthalad**, vagy **megáll**.
 2. Az autós előbb-utóbb **át fog haladni** a vasúti kereszteződésen.
 3. Ha egy autós **érkezésekor** a fényorompó **piros**, akkor az autós addig **nem halad át**, amíg **fehérre** nem vált a fényorompó.

Követelményformalizálás: Szerverterem

- Egy bonyolult szimulációt futtató **szerver** állapotait a következő atomi kijelentésekkel jellemezzük:
{kikapcsolt, várakozó, bemelegítés, szimuláció}
- A serverszoba **hűtésének** működését a következő atomi kijelentésekkel jellemezzük: {készlet, normál, maximális}
- Formalizálja LTL kifejezések segítségével az alábbi követelményeket, amelyek a rendszer működésére minden esetben (folyamatosan) vonatkoznak:
 1. Ha egy adott pillanatban a **szimuláció** a hűtés **készlet** állapota mellett zajlik, akkor a következő pillanatban a szerver **várakozó** állapotra kapcsol.
 2. Előbb-utóbb elkezdhető a **szimuláció**.
 3. Csak úgy hajtható végre **szimuláció**, ha közvetlenül előtte volt **bemelegítés** a hűtőberendezés **normál** működése mellett.

Tulajdonságok ellenőrzése formális modelleken

Modellellenőrző algoritmusok alapjai

1. Rajzolja fel a **tabló felbontás szabályát** a PLTL temporális logika **U** operátora esetén!
Írja le, mikor adódhat **ellentmondásos ág** az **U** operátorral felírt kifejezés így megadott felbontásának elvégzése során!
2. Írja le, hogyan azonosíthatók azok az állapotok a modellben, amelyekben igaz az **$E(P \ U \ Q)$** tulajdonság!
3. Írja le, milyen átalakítási lépésekkel kapunk **ROBDD-t** egy bináris döntési fából!
4. Írja le a **korlátos modellellenőrzés** alapötletét!

Modellellenőrzés: Szerverek

- Egy informatikai rendszer egy **adatbáziszserverből** és egy **alkalmazáserverből** áll, amelyek kikapcsolt vagy bekapcsolt állapotban lehetnek. **Alaphelyzetben** mindkét szerver ki van kapcsolva.
- A servereket hibamentes esetben egyszerre kapcsolják ki/be.
- Az **üzemállapot** az, amikor mindkét erőforrás be van kapcsolva.
- Ha az üzemállapotban az adatbáziszservert hiba következtében kikapcsolják, az rendszerszinten **üzemképtelen** állapotnak tekinthető. Ezután az alkalmazáservert is kikapcsolják, majd mindkét erőforrás bekapcsolásával indítják újra a rendszert.
- Feladatok:
 1. Rajzolja fel a **rendszer** itt leírt működését modellező **Kripke-struktúrát** az egyes serverek bekapcsolását és kikapcsolását figyelembe véve! Az egyes állapotokat jellemezze a következő atomi kijelentésekkel:
{alaphelyzet, üzemállapot, üzemképtelen}
 2. Ellenőrizze a modellen, hogy az **üzemállapotból** tekintve teljesül-e a következő CTL kifejezés:
E(–üzemképtelen U alaphelyzet)

Modellellenőrzés: Informatikus hallgató

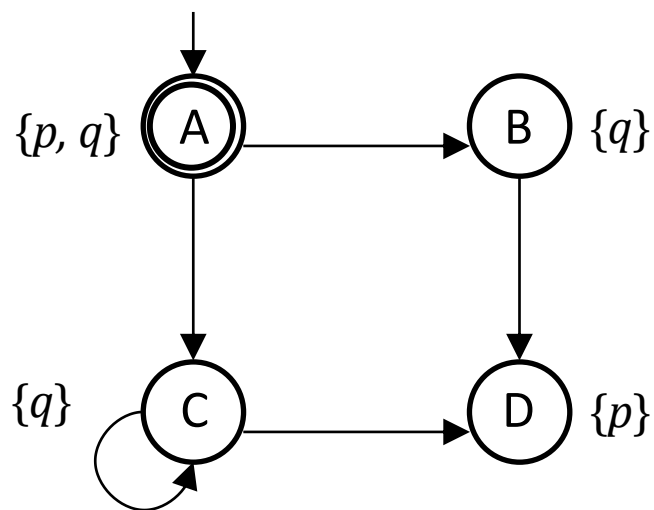
- Egy informatikus hallgató három „állapotát” különböztethetjük meg: **tanul**, **pihen**, vagy **vizsgál**.
- Az állapotváltásokat a következők jellemzik:
 - A hallgató alapállapota a tanulás.
 - A tanulást a vizsgálásig nem hagyja abba.
 - Tanulás nélkül a hallgató nem vizsgál.
 - A vizsgálást követően csak pihenés után tanul újra.
- Feladatok:
 1. Rajzolja fel a **hallgató** itt leírt viselkedését modellező **Kripke-struktúrát!**
Az egyes állapotokat jellemezze a következő atomi kijelentésekkel:
{pihen, tanul, vizsgál}
 2. Ellenőrizze a modellen, hogy a hallgató alapállapotából (ami a tanulás) kiindulva teljesül-e a következő CTL kifejezés:
E(¬vizsgál U pihen)

CTL tulajdonság ellenőrzése címkézéssel

Adott az alábbi Kripke-struktúra.

- A tanult iteratív állapotcímkézési eljárást végrehajtva ellenőrizze a modellen, hogy teljesül-e a kezdőállapotból az alábbi CTL kifejezés: **$A(p \text{ U } (\text{EX } \neg q))$** .

Az iteráció minden lépéséhez adja meg a címkéző kifejezést és (felsorolással) a címkézett állapotok halmazát!

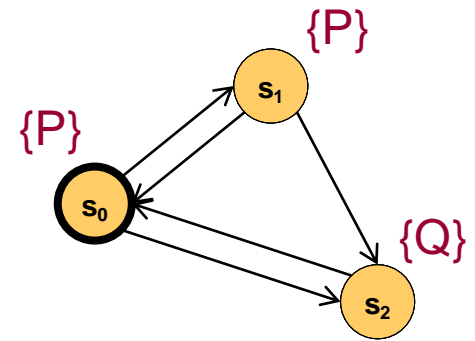


Modellellenőrzés tábló módszerrel (1)

Adott a rajzon látható Kripke struktúra.

Végezzük el a következő kifejezés ellenőrzését a tábló módszert alkalmazva:

$$\neg (P \cup Q)$$

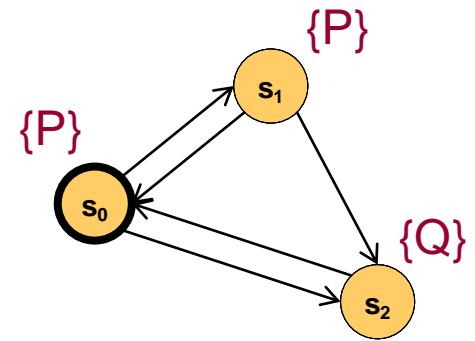


Modellellenőrzés tábló módszerrel (2)

Adott a rajzon látható Kripke struktúra.

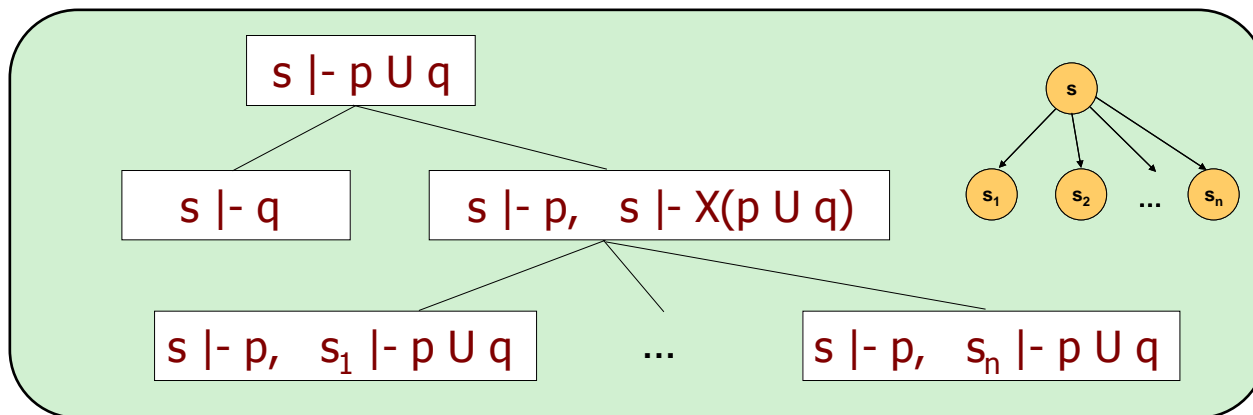
Végezzük el a következő kifejezés ellenőrzését a tábló módszert alkalmazva:

$$\neg (P \cup Q)$$



Tudnivalók:

- Negált kifejezés (ellenpélda kereséshez): $(P \cup Q)$
- Tábló szabálya: $(P \cup Q) = Q \vee (P \wedge X(P \cup Q))$

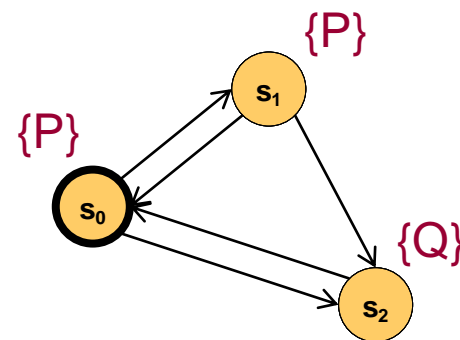


Modellellenőrzés tábló módszerrel (3)

Adott a rajzon látható Kripke struktúra.

Végezzük el a következő kifejezés ellenőrzését a tábló módszert alkalmazva:

$$\neg (P \cup Q)$$



Tudnivalók:

- Negált kifejezés (ellenpélda kereséshez): $(P \cup Q)$
- Tábló szabálya: $(P \cup Q) = Q \vee (P \wedge X(P \cup Q))$
- A tábló építésben ellentmondásra jutunk:
 - Atomi kijelentésre vonatkozó lokális állítás nem teljesül
 - X operátor van, de az útvonal véget ér Q teljesülése nélkül
 - Ciklus alakul ki P teljesülésével, de Q teljesülése nélkül
- A tábló sikeres ágai (itt ellenpéldát adnak):
 - Atomi kijelentésekre vonatkozó állítások listája teljesül
 - Ciklus alakul ki ellentmondás nélkül

ROBDD kézi összeállítása

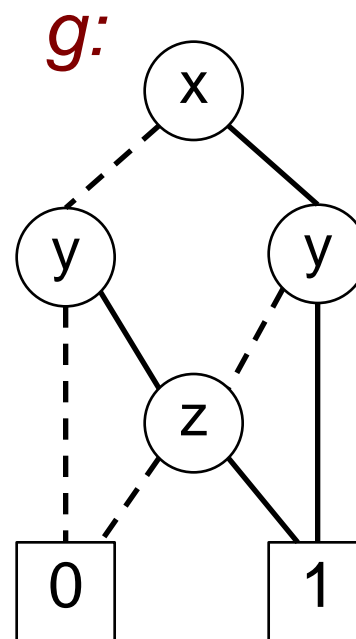
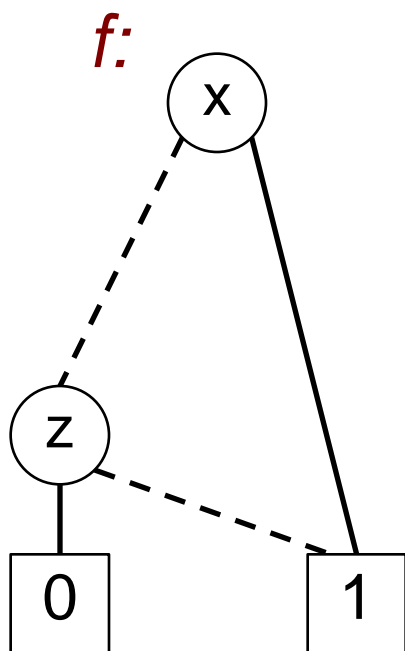
Adott a g logikai függvény igazságtáblázata:

x	y	z	f(x,y,z)
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

1. Rajzolja fel a g logikai függvény döntési fáját!
A rajzoláshoz az x, y, z változósorrendet használja.
2. Ez alapján adja meg a g függvényt redukált rendezett bináris döntési diagram (ROBDD) alakban!
3. Adja meg a függvényt algebrai (képlet) alakban!

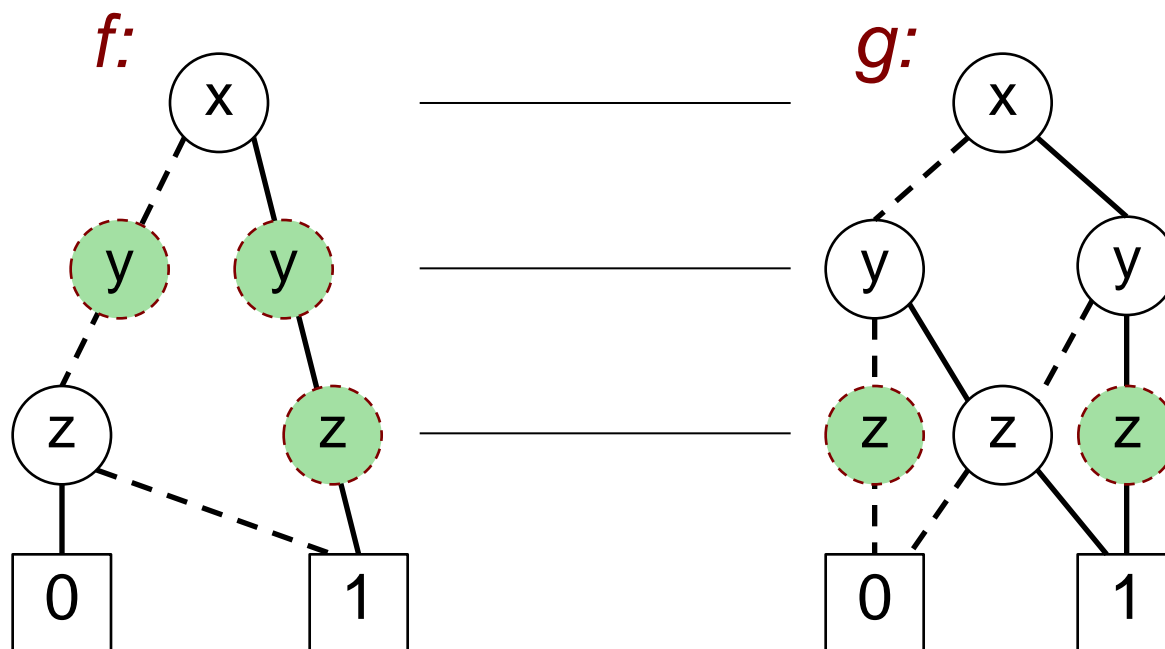
ROBDD alapú műveletek függvényeken (1)

Tekintse az alábbi, ROBDD alakban megadott f és g függvényeket, és rajzolja fel ezek alapján ROBDD alakban az $f \wedge g$ függvényt!



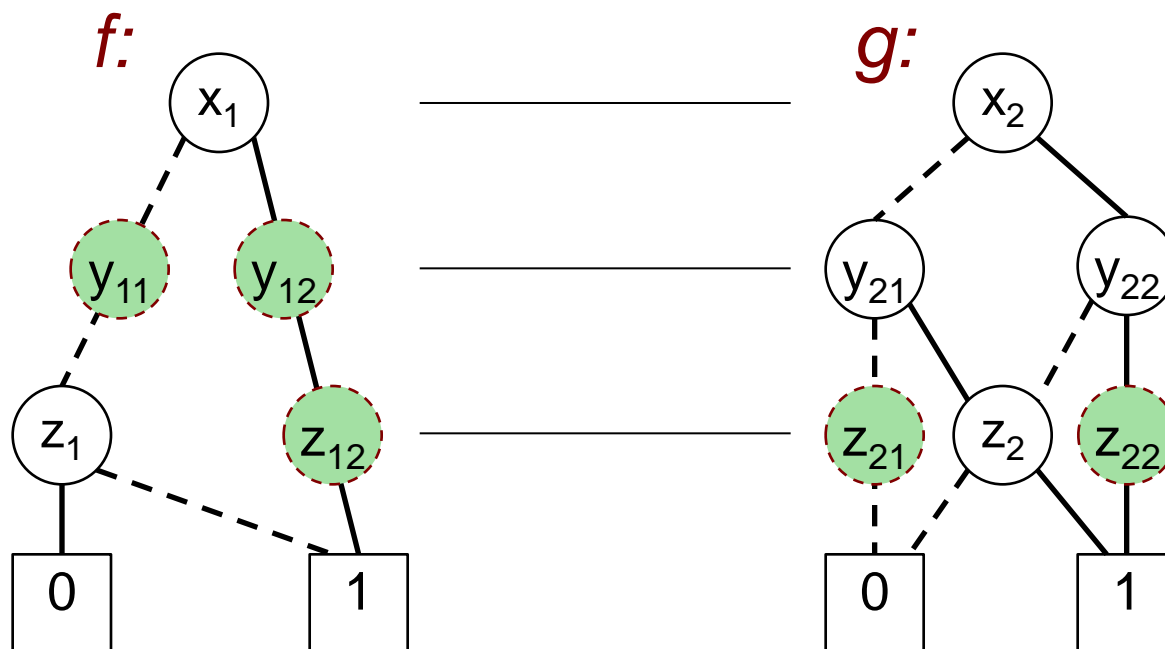
ROBDD alapú műveletek függvényeken (2)

Tekintse az alábbi, ROBDD alakban megadott f és g függvényeket, és rajzolja fel ezek alapján az $f \wedge g$ függvényt ROBDD alakban!



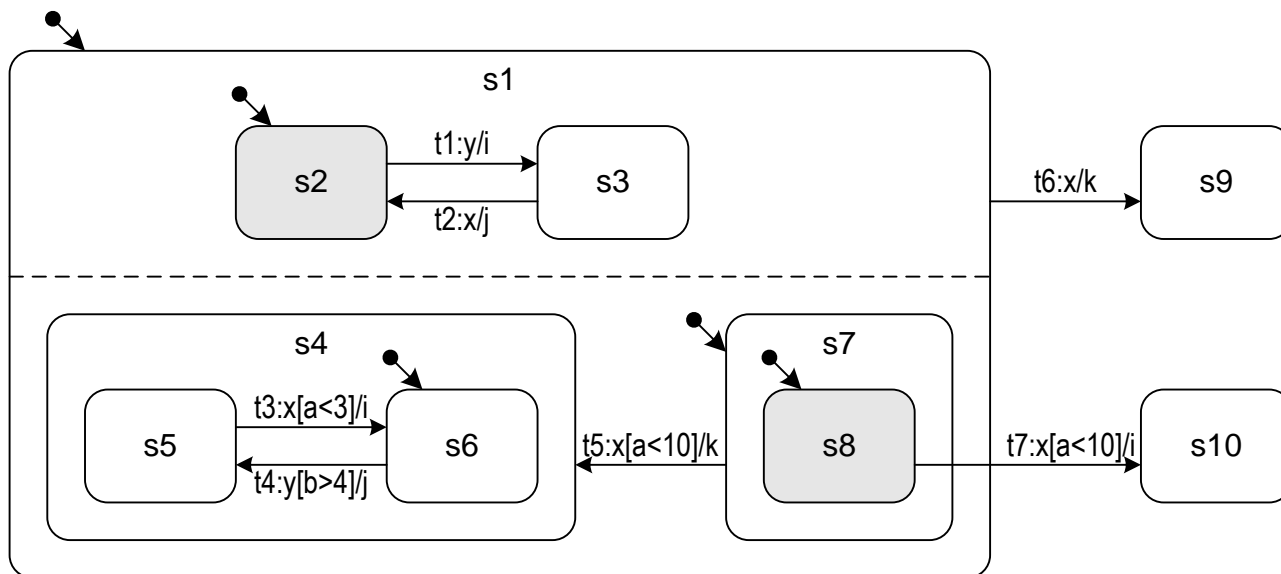
ROBDD alapú műveletek függvényeken (3)

Tekintse az alábbi, ROBDD alakban megadott f és g függvényeket, és rajzolja fel ezek alapján az $f \wedge g$ függvényt ROBDD alakban!



Modellezés állapottérképekkel

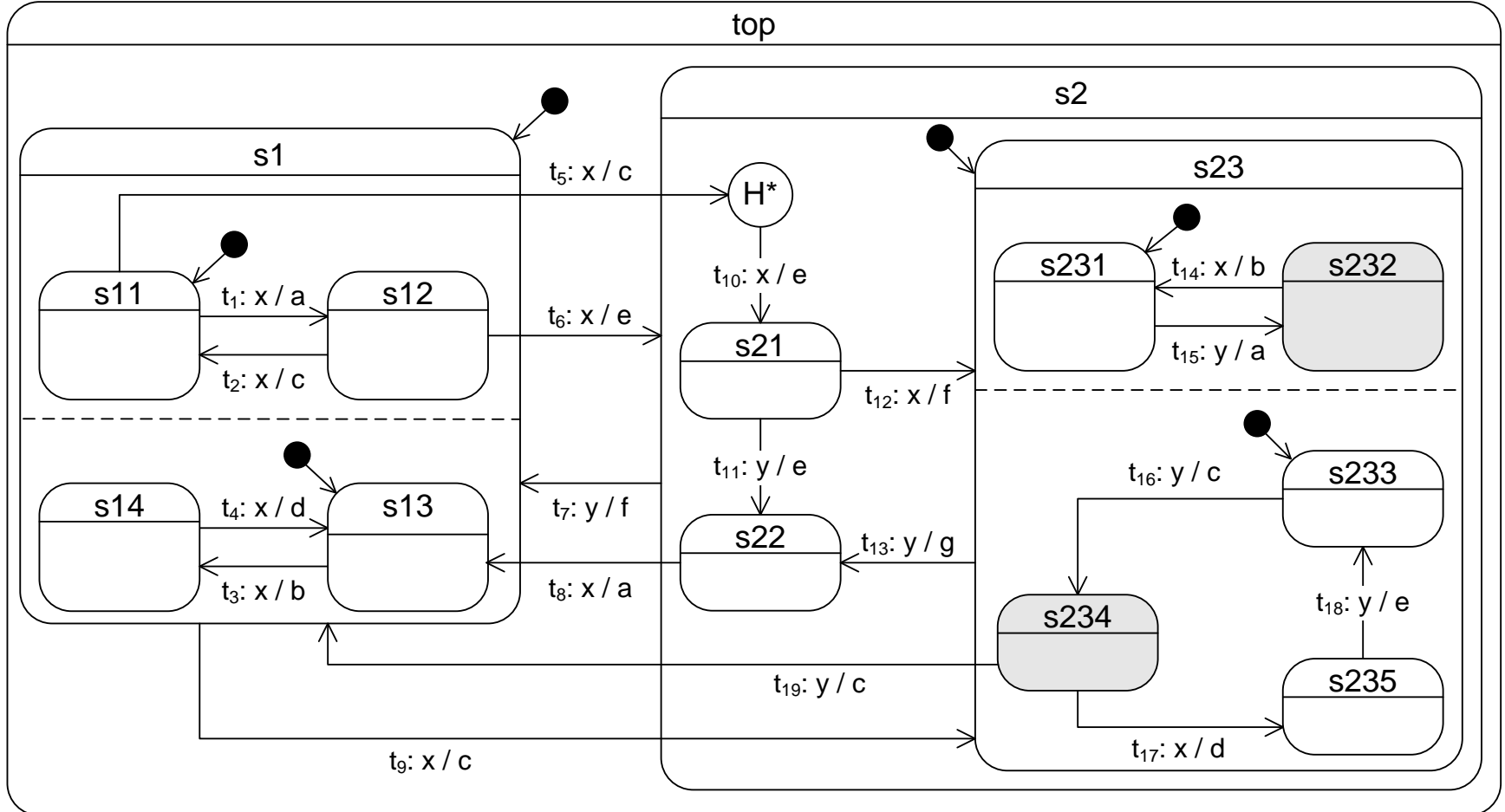
Állapotterképek 1.



A kezdő állapotkonfigurációban az a változó értéke 8 és egy x esemény érkezik. Minden állapotban van **entry** és **exit** akció.

1. Melyek az engedélyezett állapotátmenetek?
2. Mely engedélyezett állapotátmenetek vannak konfliktusban?
3. Hogy néz ki a tüzelhető állapotátmenetek halmaza?
4. Hogy néz(nek) ki a következő stabil állapotkonfiguráció(k)?
5. Milyen akciók és milyen sorrendben hajtódnak végre?

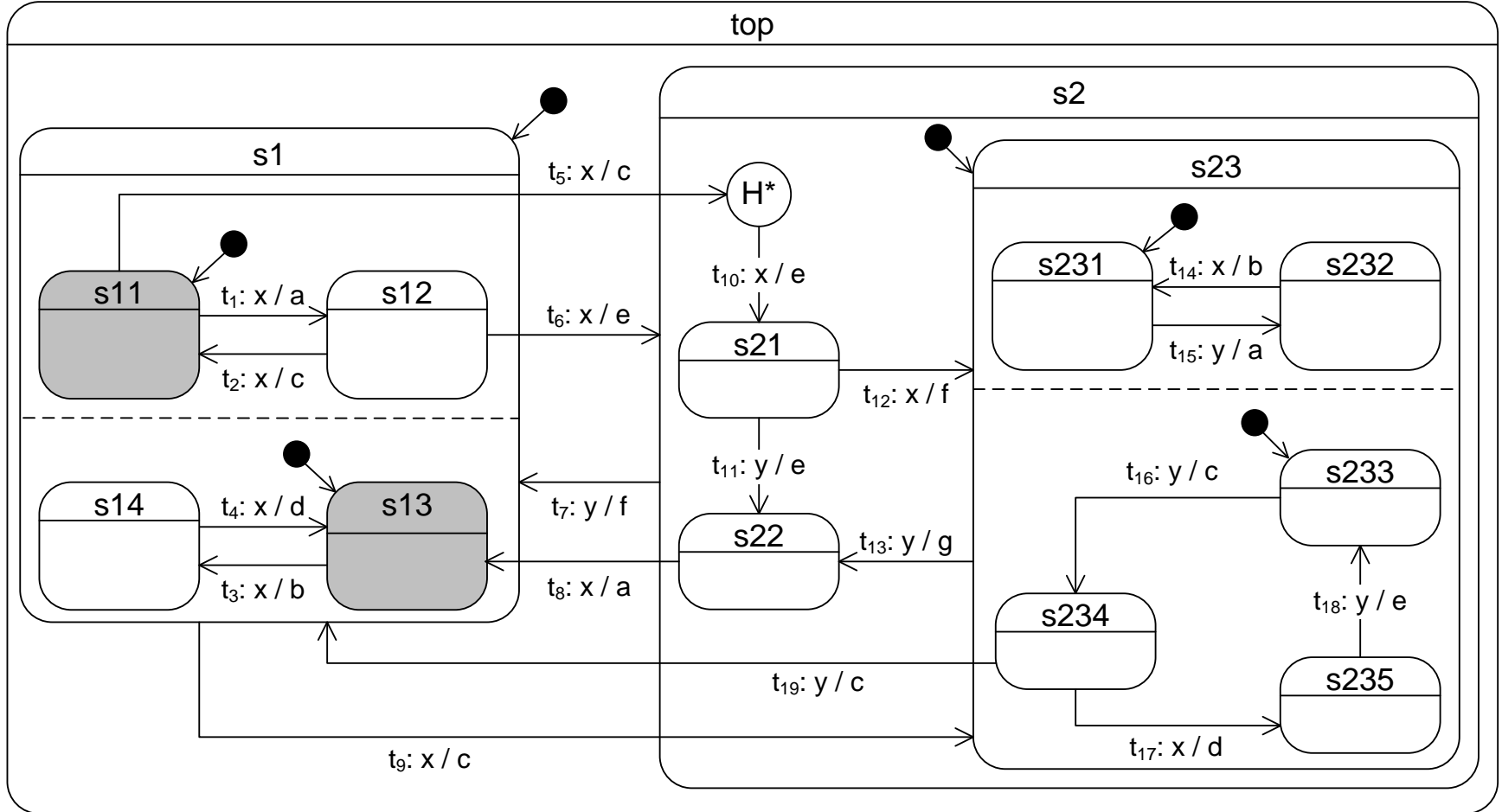
Állapotterképek 2.1.



A $\{top, s2, s23, s232, s234\}$ állapotkonfigurációban az y esemény érkezik az eseménykezelőtől.

- Ennek hatására az új állapotkonfiguráció a $\{top, s1, s11, s13\}$ lesz.

Állapotterképek 2.2.



Ezután (az ábrán szereplő új állapotkonfigurációban) az x esemény érkezik.

1. Melyek az engedélyezett, a konfliktusban lévő, illetve a tüzelő átmenetek?
2. Mi lesz az új állapotkonfiguráció? Milyen akciók hajtódnak végre?