

# Modellezés Petri-hálókkal

dr. Bartha Tamás

dr. Majzik István

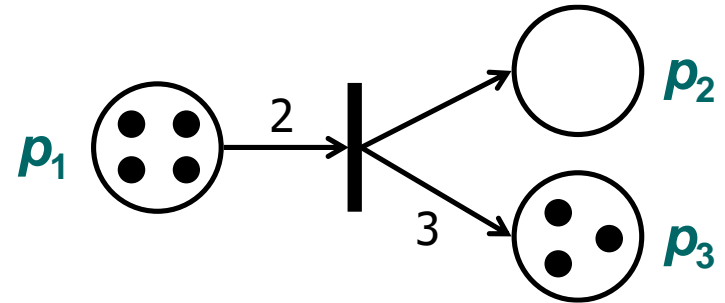
dr. Pataricza András

BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

# Ismétlés: Petri-hálók

- Alapelemek

- Helyek, tokenek, tranzíciók, élek (élsúllyal)
- Állapot: tokeneloszlás-vektor



- Szemantika

- Engedélyezett tranzíció:

- Bemenő élek végein lévő helyeken legalább annyi token van, mint ami az onnan vezető él súlya

- Tranzíció tüzelése (engedélyezett tranzíciók közül egy tüzel)

- Bemenő élek végein lévő helyekről annyi tokent **elvesz**, mint ami az onnan vezető él súlya
- Kimenő élek végein lévő helyekre annyi tokent **odatesz**, mint ami az oda vezető él súlya

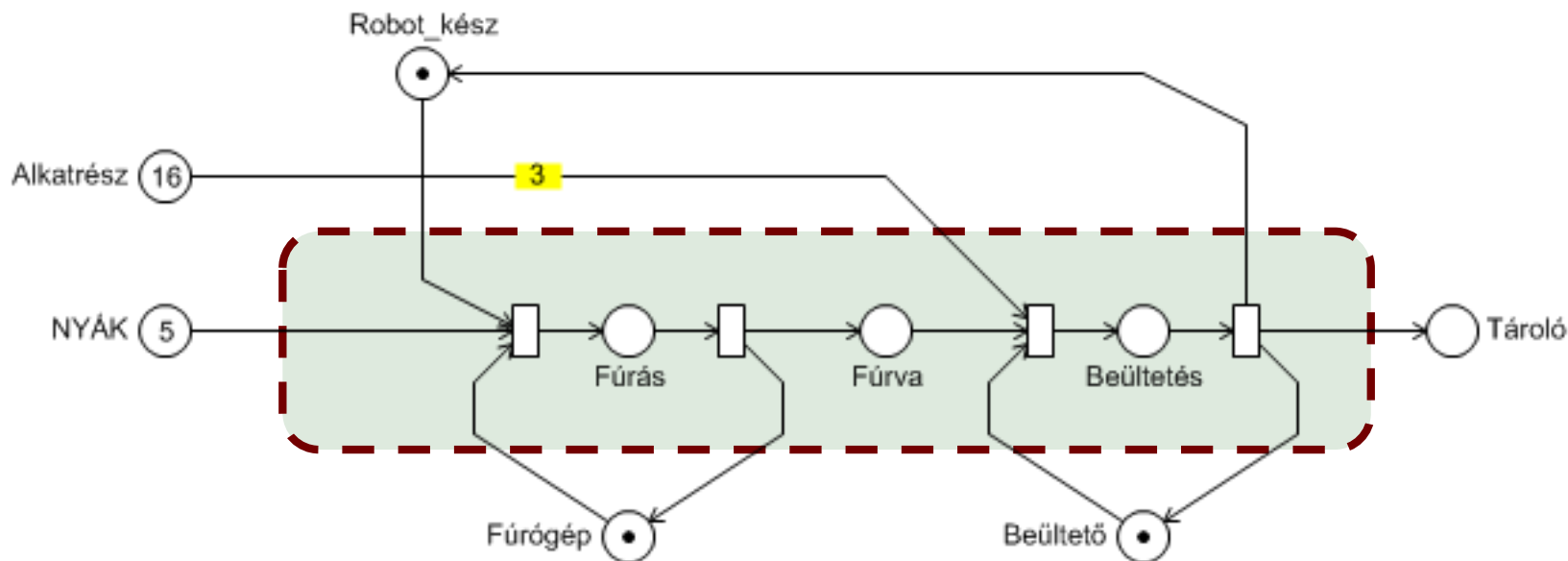
- Kiterjesztések

- Helyek kapacitáskorlátja (nem növeli a kifejezőképességet)
- Tranzíciók között prioritások
- Tiltó élek

# Ismétlés: Petri-hálók és működésük (1)

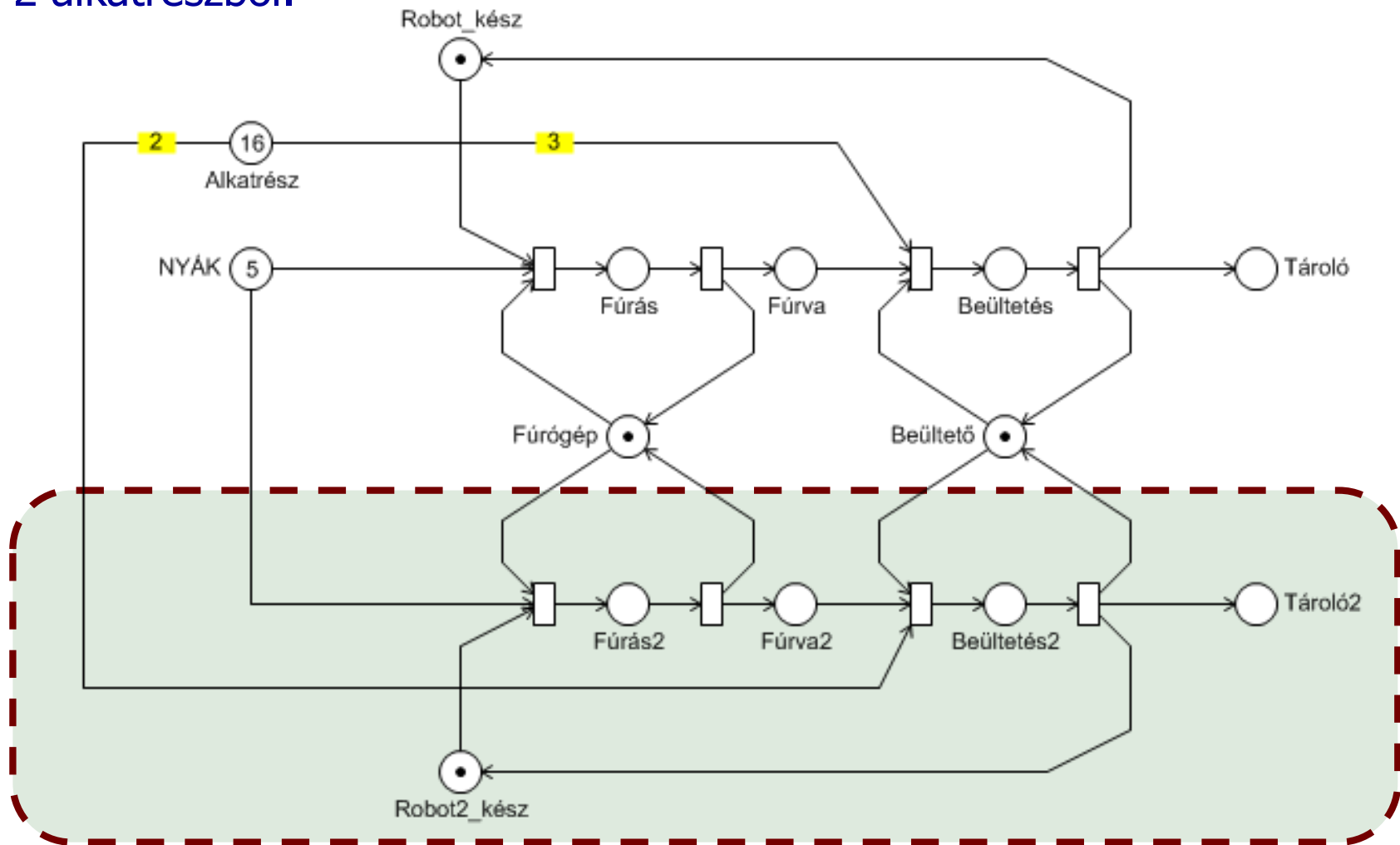
Munkafolyamat modellezése: Kártyagyártás (fúrás és alkatrész beültetés)

- Egy kártyához egy NYÁK és 3 alkatrész kell. Egy fúrógép és egy beültetőgép áll rendelkezésre, ezeket egy robot kezeli.
- Először a NYÁK-ot ki kell fúrni, majd ebbe beültetni az alkatrészeket.
- A kész kártyákat egy tárolóba kell tenni.
- Egy kártya teljes elkészítése után fog a robot a következő kártyához



# Ismétlés: Petri-háló és működésük (2)

Módosítás: A fűrőgépet és a beültetőgépet egy másik robot is használja, ami más konfigurációjú kártyákat készít ugyanazokból a NYÁK lapokból és 2 alkatrészből.



# A modellezés alapelvei

# A rendszermodellezés célja

- Informatikai rendszerek: általában jól tagoltak
  - **Komponensek** integrációjával történő rendszerépítés
    - Lépések, folyamatok, szálak, ...
  - **Kapcsolat** komponensek között
    - **Explicit** logikai kapcsolat: sorrendiség, ok-okozati függőség
    - **Implicit** függőség: pl. osztott erőforrás használata
- **Folyamatok modellezése: modellelem fajták**
  - **Tevékenységek**
  - **Erőforrások** (beleértve: adatok, üzenetek, csatorna)
  - **Interakciók** a tevékenységek és erőforrások között

# A modellépítés folyamata

## 1. A tevékenységek (folyamat) modellje

- Sorrendezés
- Erőforrás használat, üzenetváltás feltüntetése nélkül

## 2. Az erőforrások modellje

- Állapotok: foglalt, szabad, rendelkezésre áll, ... modellrész
- Üzenetek: státusz, tárolás (ha szükséges)

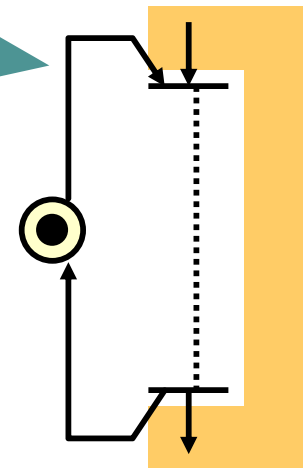
## 3. Az interakciók szerinti integrálás:

- Változások hatásának figyelembe vétele:  
Átmenetek összevonása a folyamat és erőforrás modelljében
  - Pl.: „Foglalás” összevonva a „szabad → foglalt” átmenettel
- Tevékenységek feltételeinek figyelembe vétele:  
Élek bekötése az erőforrások és tevékenységek között
  - Pl. „Hibamentes” állapot a tevékenység indításához
  - Társ-folyamat állapota szinkronizációhoz

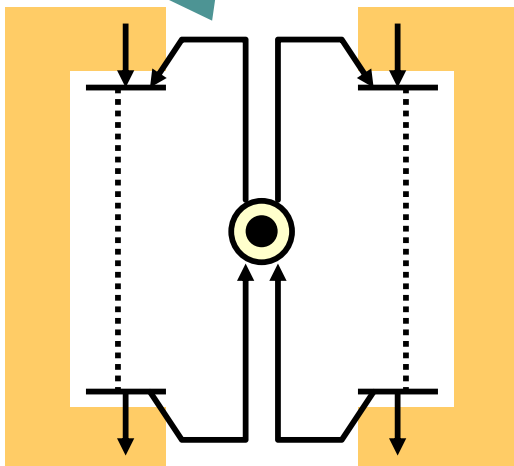
# Példa: Erőforrás alokáció modellezés

- Szükséges erőforrás foglalása
- Kölcsönös kizárás
- Állapot mint feltétel
- Korlátos kapacitású erőforrás igénybe vétele

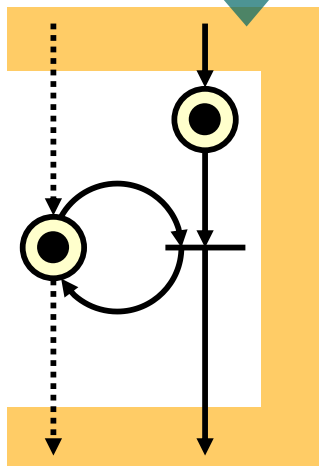
Erőforrás foglalása



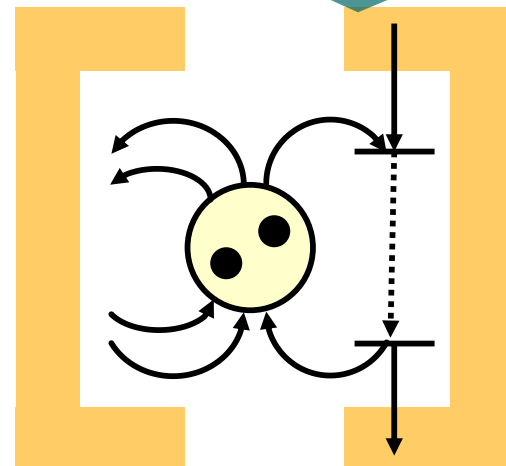
Kölcsönös kizárás megvalósítása



Állapot leolvasása



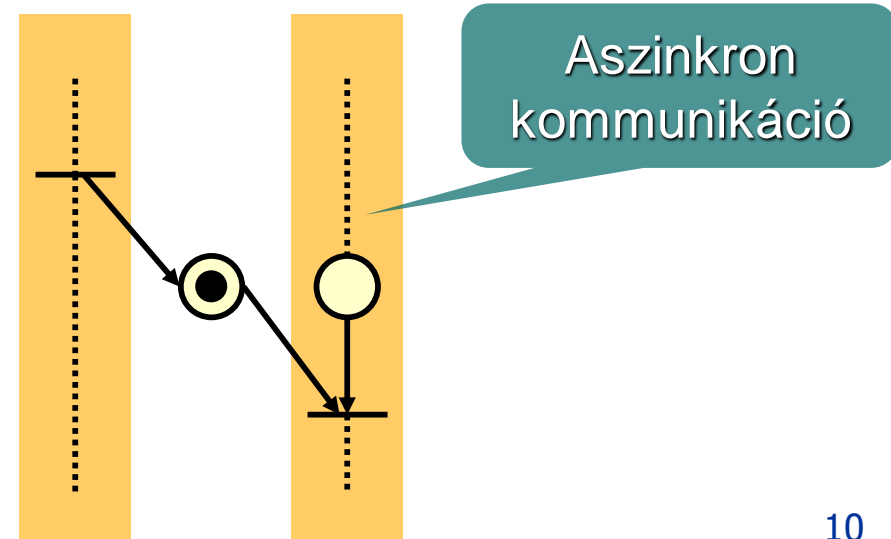
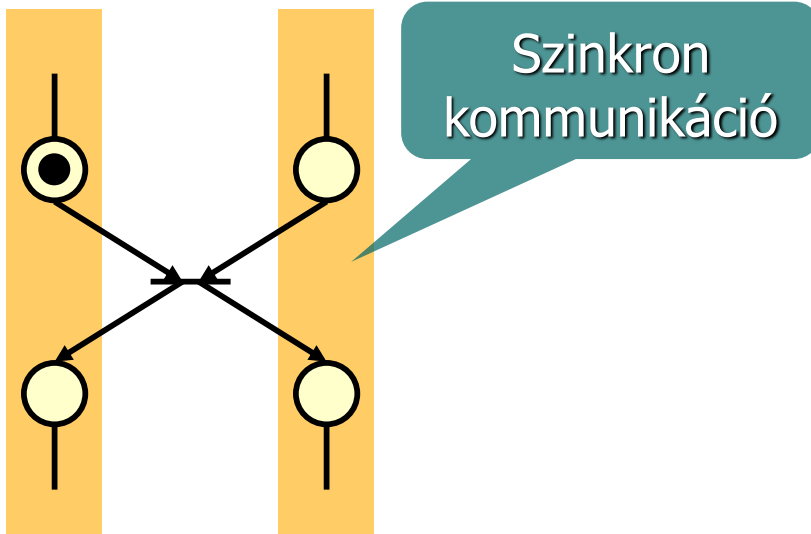
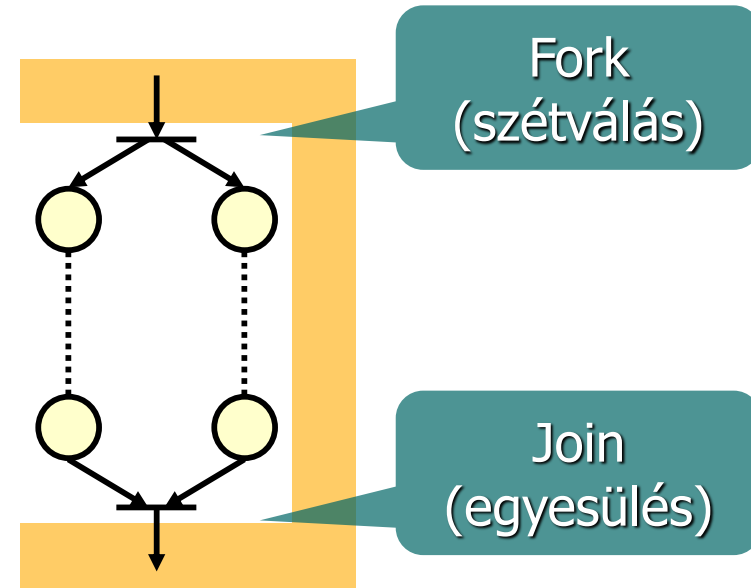
Korlátos erőforrás kapacitás modellezése





# Példa: Folyamatok közötti kapcsolatok

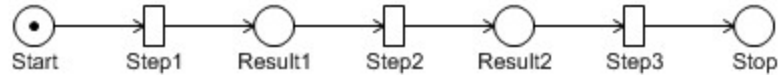
- Párhuzamosság
  - Fork és join
- Szinkron kommunikáció
  - Egymás bevárása
- Aszinkron kommunikáció
  - Levelesláda jellegű



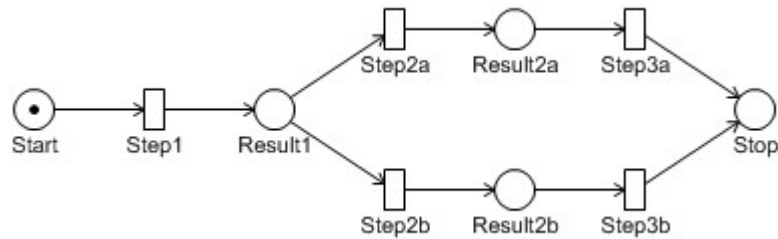
Példa: Munkafolyamat modellezési mintái

# Feldolgozási folyamatok

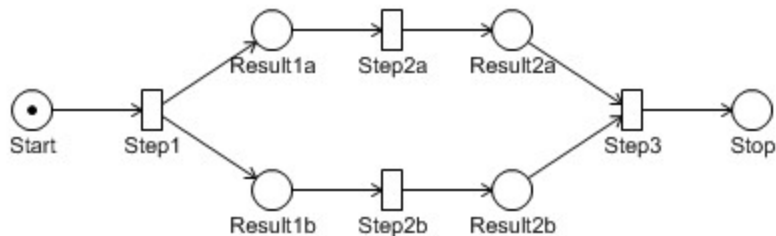
- Szekvenciális feldolgozás:



- Alternatív feldolgozás:

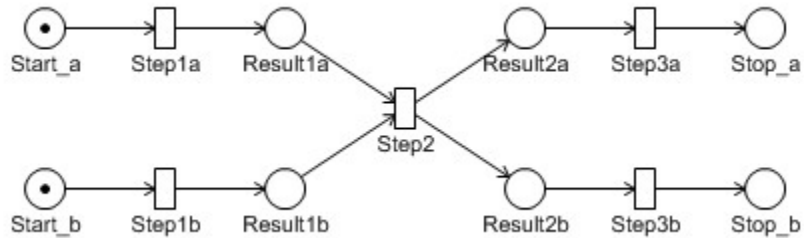


- Párhuzamos feldolgozás:

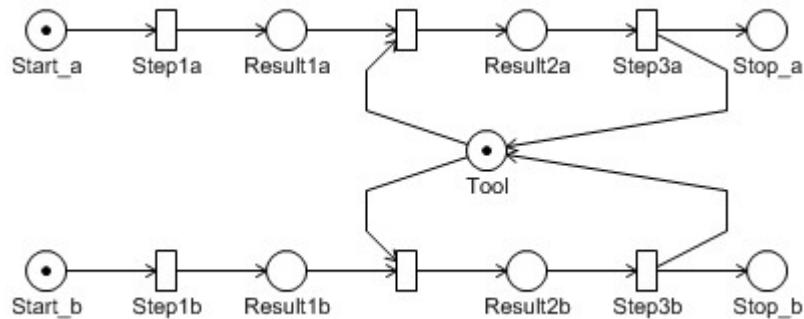


# Interakciók

- Szinkronizálás (randevú):

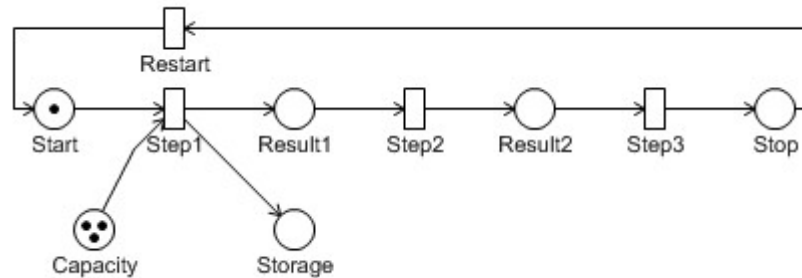


- Megosztott erőforrás (gép, eszköz, munkaerő):

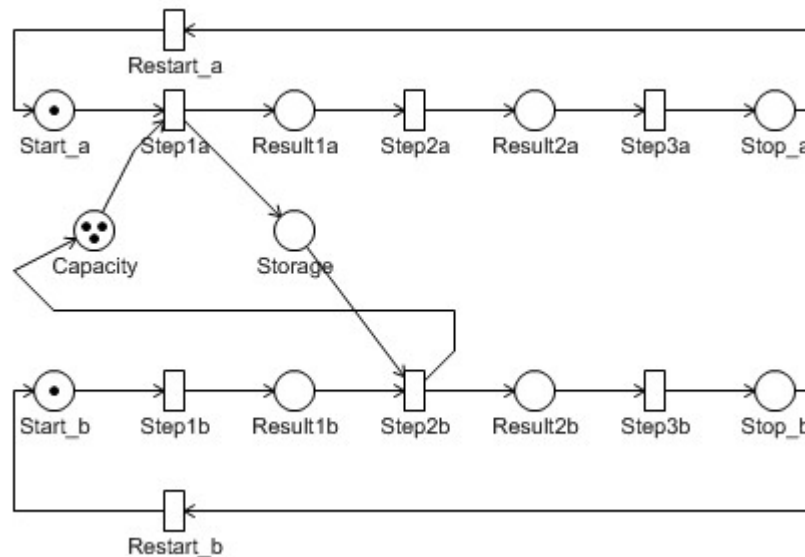


# Tárolók feldolgozáshoz

- Termelő és véges kapacitású tároló (betelik):

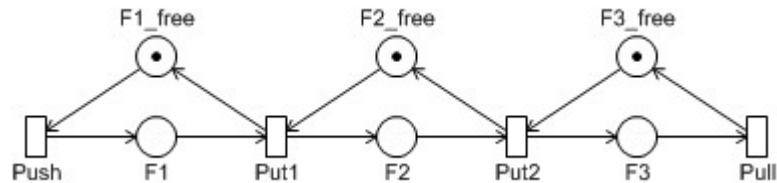


- Termelő és fogyasztó folyamat (interakció a tárolón):

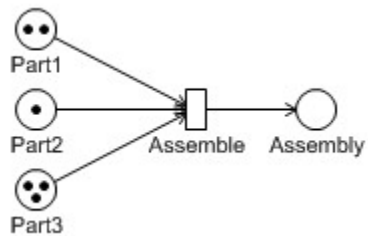


# Tárolók (folytatás)

- FIFO tároló:

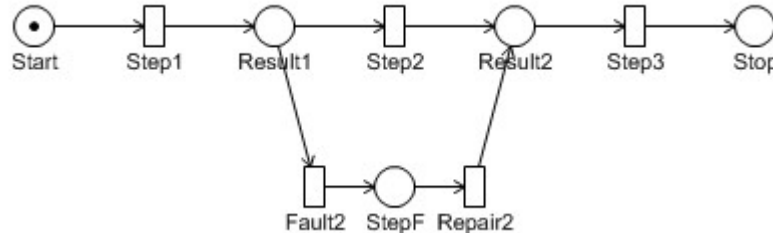


- Alkatrészek összeszerelése:

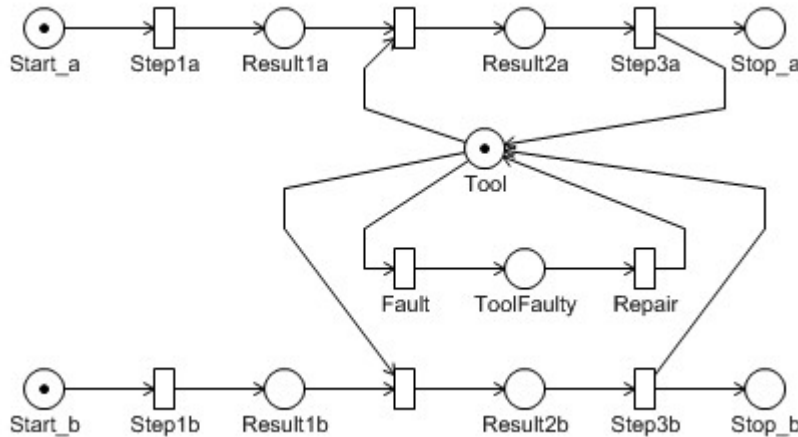


# Meghibásodások

- Hibás tevékenység a folyamat során:

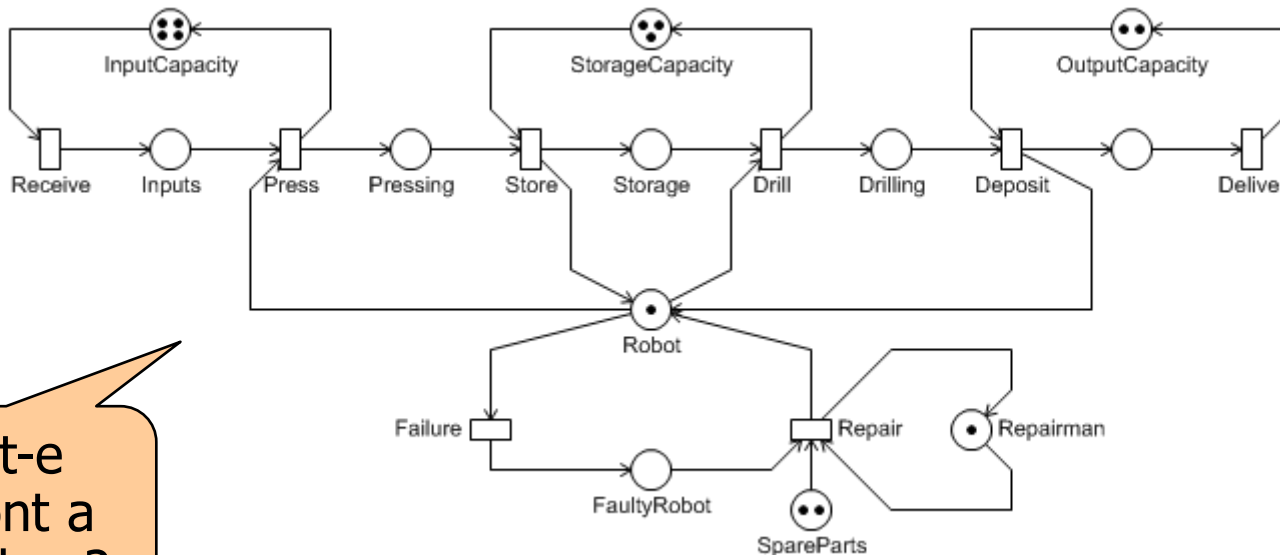
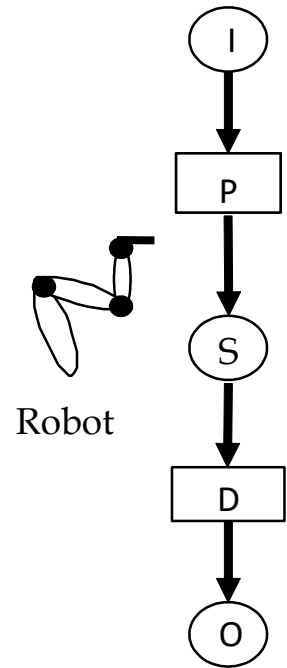


- Erőforrás (itt: megosztott erőforrás) meghibásodása a feldolgozás során:



# Robotcella

- Tevékenységek (prézelés és fúrás)
- Tárolók (input, tároló, output kapacitáskorláttal)
- Újrahasználható erőforrások (robot, szerelő)
- Meghibásodás (robot)
- Véges erőforrások (alkatrészek)



Lehet-e holtpont a modellben?



Demo: Sarkvidéki drón

# A feladat

- A drón a sarkvidéken végez küldetéseket

- A drón mozgása






- A terület cellákra van osztva, ezeken mozog
- Átlósan nem mozoghat

- A drón töltése

- Kezdetben a max. 4 egység
- Szomszédos cellák közötti mozgás egy egységet fogyaszt
- Az (1,3) és (3,1) cellában töltőállomás van 4-4 egységnyi töltéssel: ezekből feltölthető

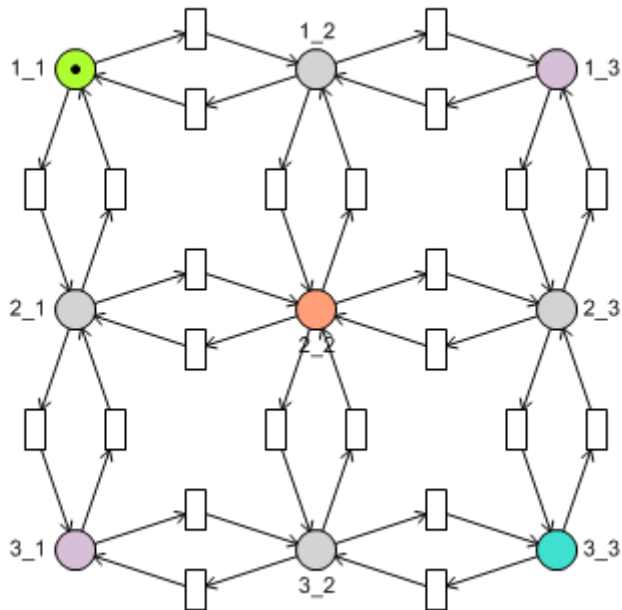
- A drón missziója

- Az (1,1) bázisról indulva felvenni a (3,3) cellában a segélycsomagot és a (2,2) cellában lévő balesethez vinni

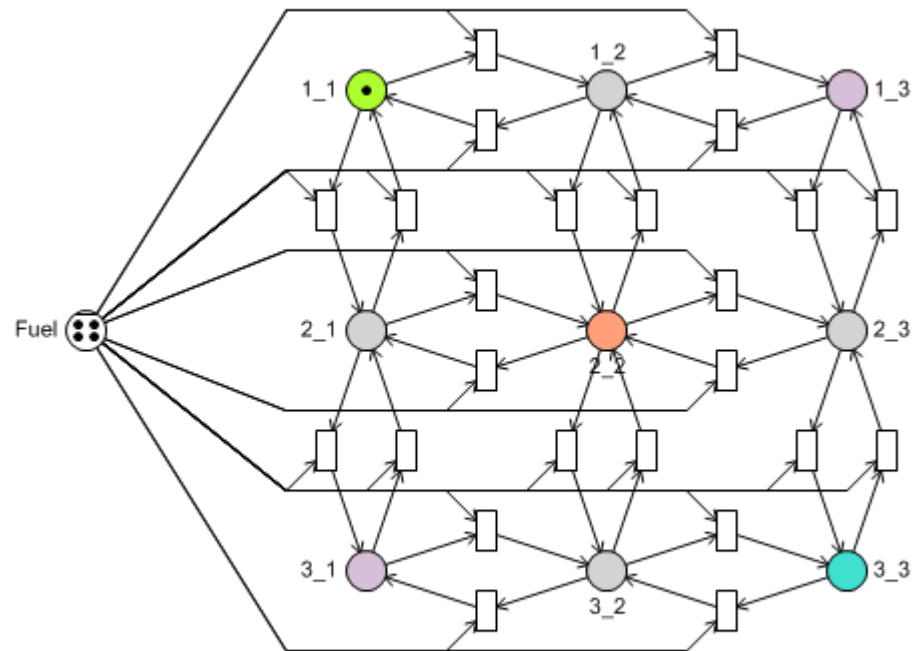
(1,1) 	(1,2)	(1,3) 
(2,1)	(2,2) 	(2,3)
(3,1) 	(3,2)	(3,3) 

# Modellezés

1. lépés: cellák és mozgások (honnan hová)



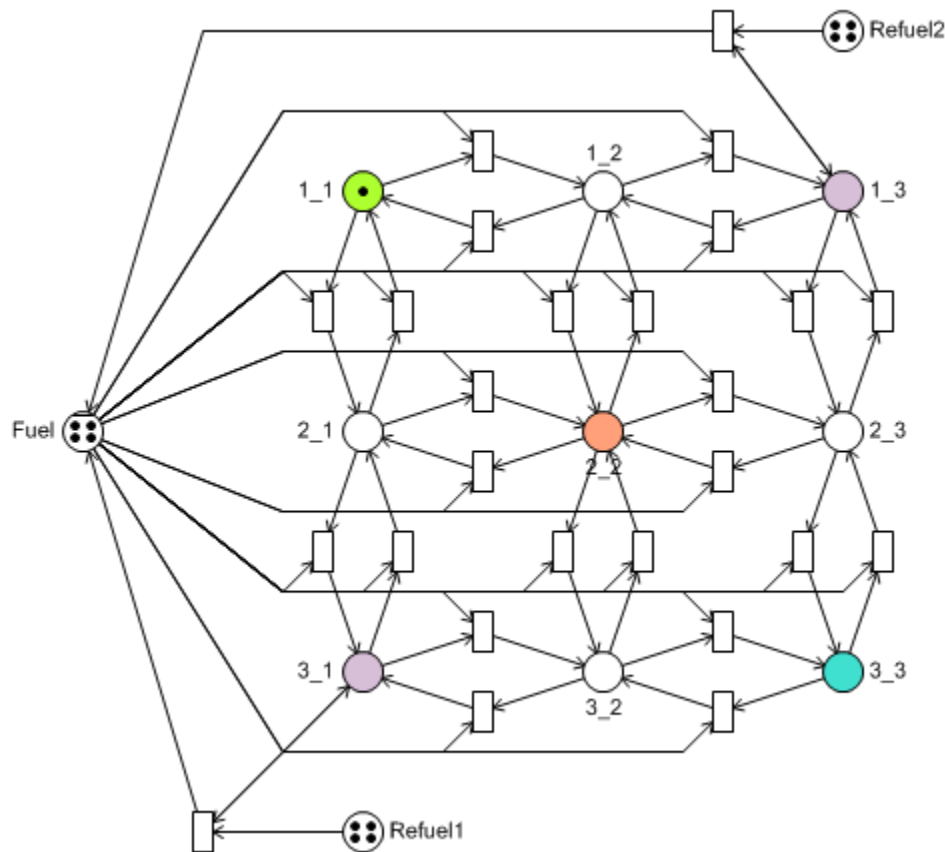
2. lépés: mozgás energiaigénye



Még hiányzik: A drón feltöltési lehetősége

# A teljes modell

- PN helyek: Cellák, töltöttség, töltőállomások
- PN tranzíciók: Drón mozgása (honnan-hová, töltést igényel), drón utántöltése (töltőállomáson)



# A modell analízise

- Szimuláció: Mozgás, töltés kifogyhat (holtpont)
- A modellezés helyességének ellenőrzése
  - Nőhet-e a tokenek száma (ld. drón, üzemanyag) a modellben?
    - Korlátos-e a modell? Melyek az egyes helyek tokenszám korlátai?
  - A drón mindig csak egy cellában tartózkodhat-e?
    - P-invariánsok lefedik a cellákat:  
 $\{1 \times 1_1, 1 \times 1_2, 1 \times 1_3, 1 \times 2_1, 1 \times 2_2, 1 \times 2_3, 1 \times 3_1, 1 \times 3_2, 1 \times 3_3\}$   
Tokenek összege a cellák helyein 1 (ld. kezdőállapotban 1 token volt)
- A viselkedés ellenőrzése
  - Leállhat-e a drón a jégmezőn (kifogyhat-e a töltése)?
    - Van-e holtpont?
  - Eljuthat-e egyáltalán a drón a segélycsomagért a (3,3) cellába?
    - CTL modellellenőrzés:  $EF(\text{Net1.3}_3 > 0)$
  - Elvégezheti-e a drón a missziót a bázisról (kezdőállapot) indulva?  
Bázis (1,1) – segélycsomag (3,3) – baleset helye (2,2) – bázis (1,1)
    - CTL:  $EF(\text{Net1.3}_3 > 0 \ \& \ (EF(\text{Net1.2}_2 > 0 \ \& \ EF(\text{Net1.1}_1 > 0))))$