

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 6

МОДЕЛИРАНЕ НА ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ ЧРЕЗ МРЕЖИ НА ПЕТРИ

1. Мрежи на Петри – основна теория

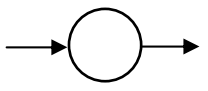
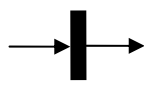
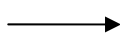
Мрежите на Петри носят името на създателя си Carl Adam Petri. Те са създадени специално за моделиране на системи със взаимодействащи си конкурентни компоненти, например комуникацията между асинхронни компоненти в компютърните системи. Чрез мрежи на Петри е възможно лесно графично да се моделират паралелно протичащи процеси, каквито са процесите в областта на телекомуникациите.

Петри предлага процесите да бъдат разглеждани като система от **състояния** и **събития**. От една страна събитията предпоставят като условие валидността на определени състояния, а от друга настъпилите събития променят валидността на състоянията, т.е. произвеждат следващи състояния. По този начин, можем да възприемем протичането на даден процес като поредица от състояния, които възникват едно след друго. Промяната на състоянията се предизвиква чрез събитията.

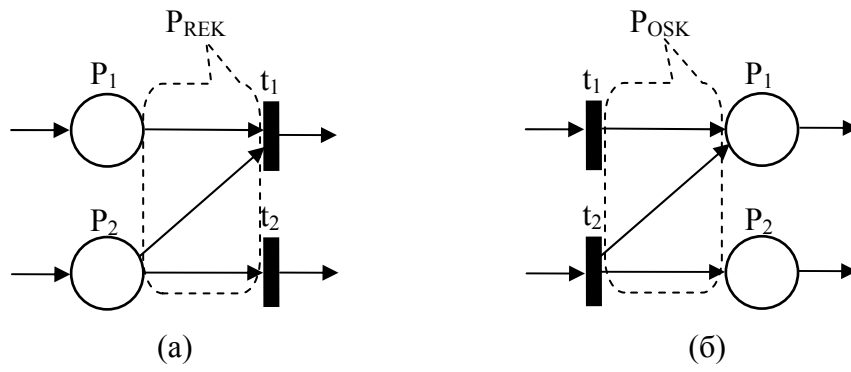
1.1. Структура и елементна база на мрежите на Петри

В мрежите на Петри се използват общоприетите означения, представени в табл. 6.1.

Табл. 6.1

Графични символи в мрежите на Петри			
Значение на символите в мрежите на Петри	място	преход	стрелка
Значение на символите на процеса	състояние	събитие	връзка между състояние и събитие

Една мрежа на Петри представлява граф, състоящ се от **места**, **преходи**, **маркери** и **насочени стрелки**. Местата и преходите съставят така нареченото **възлово множество** на графа, като чрез съответните стрелки се изразяват отношенията между местата и преходите. Целесъобразно е да бъдат различавани стрелките от места към преходи и тези от преходи към места. Първият тип стрелки се наричат **изходни** (P_{REK}) и са показани на фиг. 6.1a, а втория тип се наричат **входни** (P_{OSK}) - фиг. 6.1б. Ако с P означим множеството от места $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, а с T – множеството от преходи $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, където m и n са цели положителни числа, то мрежата на Петри C може да се представи като множеството $C = (P, T, P_{REK}, P_{OSK})$. Място никога не може да бъде преход и обратно.



Фиг. 6.1. Фрагмент от мрежа на Петри с (а) изходни стрелки; (б) входни стрелки

Структурата на мрежа на Петри може да се дефинира и по друг начин – като множеството $C=(P, T, I, O)$, състоящо се от множеството на местата в мрежата P , множеството на преходите T , входната I и изходната O функции, които свързват преходите и местата. Входната функция $I(t_i)$ е множество от всички места, входни за прехода t_i . Изходната функция $O(t_j)$ респективно е множество, съдържащо всички места, изходни за прехода t_j .

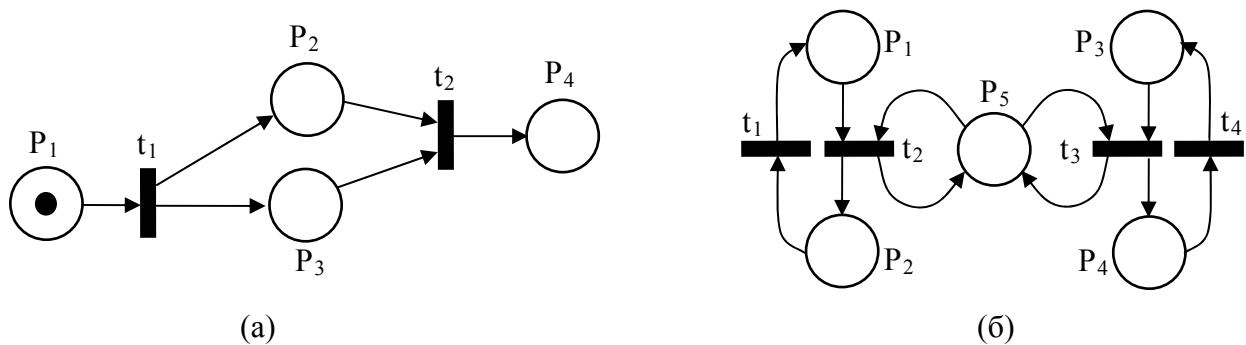
Ако е зададена графично мрежа на Петри, то описанието на множествата P и T , както и та функциите I и O не е сложно. За фрагмента от мрежа на Петри, даден на фиг. 6.2а, входната функция на прехода t_1 е $I(t_1)=\{P_1\}$, а изходната - $O(t_1)=\{P_2, P_3\}$. Очевидно на един преход могат да принадлежат повече от едно както предшествващи, така и следващи места. Окончателно, за фрагмента от фиг.6.2а $P=\{P_1, P_2, P_3, P_4\}$ и $T=\{t_1, t_2\}$, входната функция е $I(t_1)=\{P_1\}$, $I(t_2)=\{P_2, P_3\}$, изходната функция е $O(t_1)=\{P_2, P_3\}$, $O(t_2)=\{P_4\}$.

Обратната задача да се представи графично мрежа на Петри, ако са зададени множествата на местата и преходите, входната и изходната функции ще покажем със следния пример. За мрежа на Петри са известни $P=\{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5\}$, $T=\{t_1, t_2, t_3, t_4\}$, входна и изходно функции съответно:

$$\begin{array}{l}
 I(t_1)=\{P_2\}; \\
 I(t_2)=\{P_1, P_5\}; \\
 I(t_3)=\{P_3, P_5\}; \\
 I(t_4)=\{P_4\}.
 \end{array}
 \text{ и }
 \begin{array}{l}
 O(t_1)=\{P_1\}; \\
 O(t_2)=\{P_2, P_5\}; \\
 O(t_3)=\{P_4, P_5\}; \\
 O(t_4)=\{P_3\}.
 \end{array}$$

Графичното представяне на мрежата е дадено

на фиг.6.2б.



Фиг. 6.2. Фрагмент от мрежа на Петри

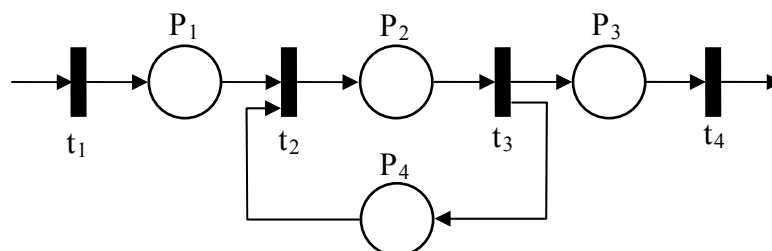
Можем да обобщим, че мрежата на Петри е мултиграф, който разрешава съществуването на множеството стрелки от един възел на графа до друг. В допълнение ако стрелките са насочени, това е насочен мултиграф. Ако възлите на графа могат да се разделят на две множества (места и преходи), така че всяка стрелка да бъде насочена от елемент на едно множество (място или преход) към елемент от другото множество (преход или място), това е двустранно насочен мултиграф или просто граф на мрежа на Петри.

Пример за представяне чрез мрежа на Петри е моделирането на обслужващ елемент от телекомуникационна система, дадена на фиг.6.3. Състоянията, в които може да се намира системата са:

- P_1 – наличие на заявка, която изчаква;
- P_2 – обслужване на заявка;
- P_3 – заявката е обслужена;
- P_4 – системата чака заявка.

Събитията, които могат да настъпят се изобразяват като преходи и са:

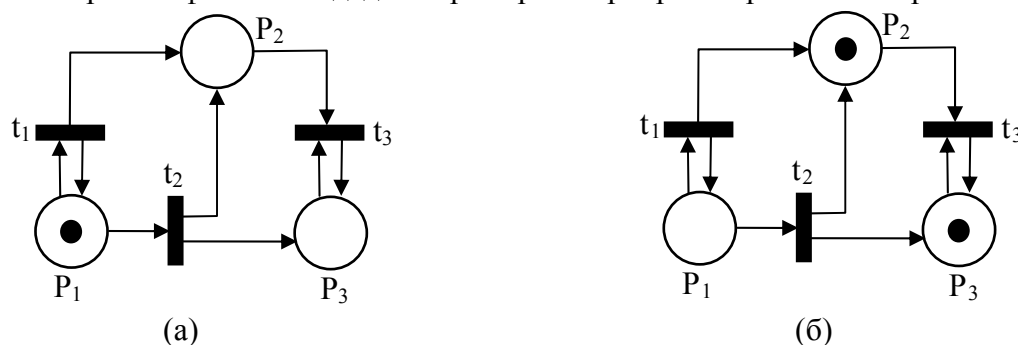
- t_1 – пристига заявка;
- t_2 – заявката започва да се обслужва;
- t_3 – системата завършва обслужването;
- t_4 – заявката се отправя.



Фиг. 6.3. Модел на обслужващ елемент от телекомуникационна система чрез мрежа на Петри

1.2. Маркиране на мрежите на Петри

Маркерът е основно понятие за мрежите на Петри, също като местата и преходите (табл. 6.1). Изобразява се като точка и се поставя в окръжностите, които представят местата в мрежата. Броят на маркерите в мрежа на Петри може да бъде най-малко един и най-много – безкраен брой. Броят и позицията на маркерите се променят по време на изпълнението на мрежата на Петри. На фиг. 6.4а е дадена примерна маркирана мрежа на Петри.



Фиг. 6.4. Маркирана мрежа на Петри

Изпълнението на мрежите на Петри се управлява чрез броя и разпределението на маркерите в мрежата. Мрежата на Петри се изпълнява чрез т. нар. **палене на преходи**. Преход може да се запали само ако е разрешен. Паленето се изразява в преместване на маркери от входни да дадения преход места и създаване на нови маркери, които се разпределят в изходните му места.

Преход е разрешен ако във всяко едно от неговите входни места има маркери и те са най-малко толкова на брой, колкото са стрелките от мястото до прехода. Маркерите във входните места, които разрешават преход се наричат **разрешаващи маркери** за дадения преход. Например, за мрежата от фиг. 6.3 при настоящото ѝ маркиране са разрешени и могат да бъдат запалени преходите t_1 и t_2 . Те имат по една входна стрелка, респ. едно входно място, което и за двата прехода е мястото P_1 . Ако запалим например, прехода t_2 , маркерът от входното място P_1 ще се премести и в двете изходни за прехода места P_2 и P_3 . Ще се получи маркирането, дадено на фиг. 6.3б, при което преходът t_1 вече не е разрешен защото в единстреното му входно място P_1 няма маркер. Същото важи и за прехода t_2 . Новото маркиране (фиг. 6.4б), обаче, разрешава прехода t_3 , защото и двете му входни места P_2 и P_3 са свързани с по една входна стрелка с него и съдържат минималния необходим брой маркери – по един. Ако дадено входно място е свързано с три входни стрелки към даден преход, то мястото трябва да съдържа най-малко три маркера за да се разреши прехода.

Нека обобщим същността на изпълнението на мрежите на Петри: Преход се пали чрез преместване на всички негови разрешаващи маркери от входните му места във всяко от неговите изходни места по един маркер за всяка стрелка от прехода към мястото. Паленето на преход като цяло ще промени маркирането на мрежата на Петри в друго маркиране. Само разрешени преходи могат да се палят, броят на марките във всяко място винаги остава неотрицателен, когато даден преход е запален. Ако няма достатъчно маркери в някое входно място на преход, тогава преходът не е разрешен и не може да се запали.

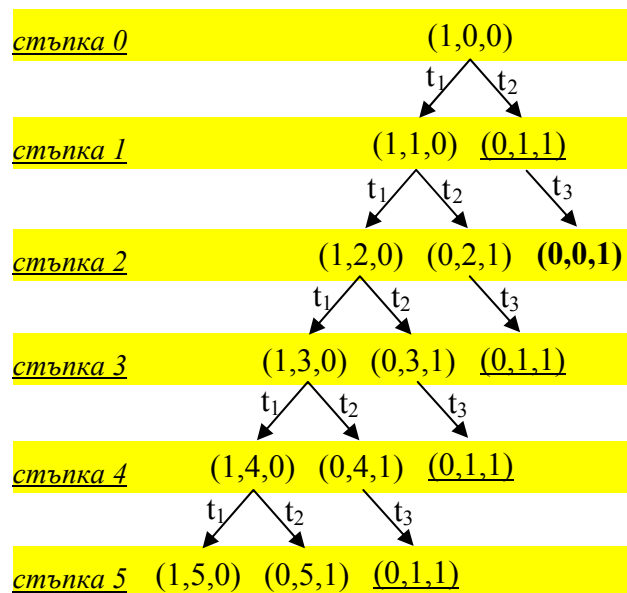
1.3. Дърво на достижимост за мрежите на Петри

Дървото на достижимост представя множеството на достижимост в мрежите на Петри. Множеството на достижимост предсавлява всяко възможно маркиране. За да обясним изграждането на дървото на достижимост, ще разгледаме маркираната мрежа на Петри от фиг. 6.4а.

Първоначалното маркиране $(1,0,0)$ показва броя на маркерите във всяко от трите места (P_1, P_2, P_3) и се нарича “**корен**” на дървото. На фиг. 6.5 то е обозначено като стъпка 0. При първоначалното маркиране са разрешени два прехода t_1 и t_2 . Запалването на всеки един от тях води до маркиранията от стъпка 1. Стрелките в дървото на достижимост отбелязват паленето на преход и водят от първоначалното маркиране към ново маркиране.

От маркирането $(1,1,0)$ от стъпка 1, може отново да се запали прехода t_1 и тогава ще се получи маркирането $(1,2,0)$. За $(1,1,0)$ може да се запали и прехода t_2 , което ще доведе до $(0,2,1)$. От второто маркиране $(0,1,1)$ на стъпка 1 може да се запали само прехода t_3 ,

получавайки $(0,0,1)$. Тези три маркирания са всички възможни за стъпка 2. Този процес се повтаря и за тях, водейки до нови маркирания в добавка към дървото както е показано на фиг. 6.4, стъпка 3.



Фиг. 6.5. Дърво на достижимост (първите пет стъпки) за мрежата на Петри от фиг. 6.4

Забелязва се, че маркирането $(0,0,1)$ от стъпка 2 е "мъртво", защото за него никакви преходи не са разрешени, т.е. в дървото не се произвеждат нови маркирания от това "мъртво маркиране". Очевидно паленето на преход t_3 води до мъртво маркиране.

Забелязва се още, че маркирането, получено чрез паленето на преход t_1 (най-левите клонове на дървото на достижимост) води до непрестанно увеличаване на маркерите в място P_2 , тъй като този преход възпроизвежда непрестанно маркера в място P_1 , правейки по този начин преход t_1 винаги разрешен. Ако тази процедура се повтаря многократно дървото на достижимост би могло да бъде неограничено. То представя всички възможни последователности на запалвания на преходи. Понеже дървото на достижимост за мрежите на Петри е средство за важни анализи, трябва да се търсят начини за ограничаването му.

"Мъртвите" маркирания спомагат за ограничаване на дървото на достижимост и са известни още като "терминиращи" възли. Такъв е възелът $(0,0,1)$ от стъпка 2.

Друг клас маркирания са такива, които са се появили предварително в дървото. Те са известни като "дублиращи" възли и наследниците им няма нужда да бъдат разглеждани. Всички тези наследници ще бъдат получени от първото появяване на "дублиращ" възел в дървото. Така в дървото на фиг. 6.5, маркирането $(0,1,1)$, което се получава от серията преходи $t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow t_3$, не произвежда никакви допълнителни разклонения в дървото, тъй като те се появяват по-рано в дървото като резултат на запалването на прехода t_2 от първоначалното маркиране от стъпка 0. Дублиращите маркирания в дървото от фиг.6.5 са подчертани $(0,1,1)$.

За ограничаване на дървото на достижимост се разглежда последователност от

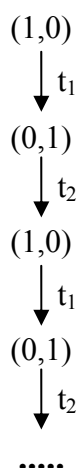
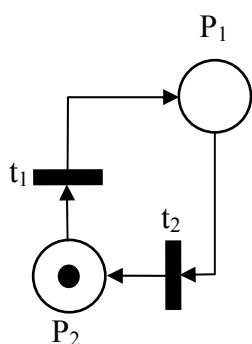
запалвания на преходи s , които завършват в маркиране, което се различава от началното само по натрупването на “допълнителни” маркери в някои от местата. Тъй като запалванията на преходите не са породени от допълнителните маркери, последователността s може да бъде запалена отново. В общия случай това може да се повтори n пъти, като по този начин местата, които придобиват маркери от последователността s , се сдобиват с произволно голям брой маркери. Например, в мрежата на Петри от фиг. 6.5, преход t_1 може да се запали толкова пъти, колкото се иска за произвеждане на произволен брой маркери в място P_2 . Така множеството на достижимост е безкрайно и съответното дърво на достижимост също е безкрайно. Възможно е, обаче, ограничено множество на достижимост да има неограничено дърво на достижимост (фиг. 6.6).

За представяне на неограничен брой маркирания, които са в резултат от тези типове цикли се използва специален символ - ω , наречен “безкрайност”, представящ броя на маркерите, който може да бъде направен произволно голям. Маркирането се нарича **разширено**, когато броя на маркерите в едно място е или цяло неотрицателно число или безкрайност - ω .

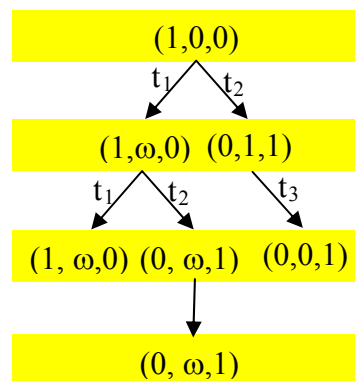
Всеки възел може да бъде класифициран като **граничен**, **терминиращ**, **дублиращ** или **вътрешен** възел. **Граничните** възли са възли, които все още не са били обработени от алгоритъма. След като се обработят от алгоритъма, те се преобразуват в **терминиращи**, **дублиращи** или **вътрешни** възли. **Вътрешен** възел е възел от който започва стрелка към граничен възел.

Когато всички възли в дървото на достижимост бъдат определени като терминиращи, дублиращи или вътрешни, процесът спира.

На фиг. 6.7 е показано дървото на достижимост на мрежата на Петри от фиг. 6.4 при разширено маркиране.



Фиг. 6.6. Мрежа на Петри с ограничено множество на достижимост и неограничено дърво на достижимост



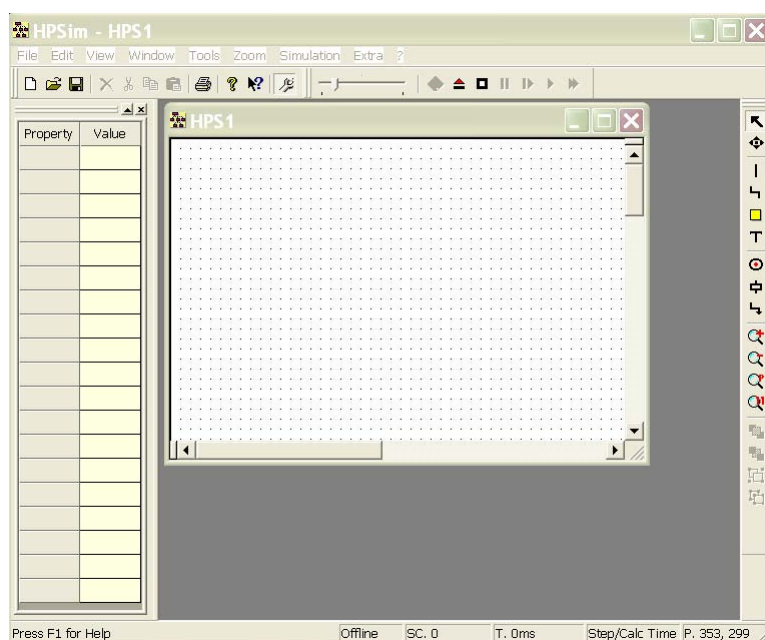
Фиг. 6.7. Дърво на достижимост при разширено маркиране за мрежата на Петри от фиг. 6.4

2.Описание на програма HPSim за дизайн и анализ на мрежи на Петри

2.1. Основни команди

Програма HPSim е програма за дизайн и симулация на мрежи на Петри както графично, така и интуитивно. Тя моделира три типа мрежи на Петри - мрежи места/преходи (Place/Transition Nets), стохастични мрежи на Петри (Stochastic Petri Nets) и мрежи по време (Petri Nets with Time). Размера и сложността на мрежата са ограничени само от параметрите на използваната компютърна конфигурация. Например, за РС (PII, 300MHz, 128MB) е възможно моделиране и симулация на няколко мрежи, всяка с около 1000 обекта (места и преходи, стрелки). Симулацията на работата на мрежа на Петри се визуализира като преместване на маркерите в резултат на паленето на преходите (Token Game Animation) и може да бъде реализирано стъпка по стъпка или в непрекъснат режим. Възможен е и бърз режим на изпълнение, при който графичното представяне на маркерите и симулацията на настоящата конфигурация не са синхронизирани.

Програмата се стартира с файла HPSim.exe. Това може да стане по-лесно ако на екрана се изведе икона (short cut). При стартиране на HPSim за пръв път, в паметта се въвежда разширението на файловете, използвани от програмата *.hps. Така при следващо стартиране двойно кликуване върху hps-файл също може да стартира програмата. Главният прозорец на програмата, които се отваря при стартирането ѝ е даден на фиг. 6.8.



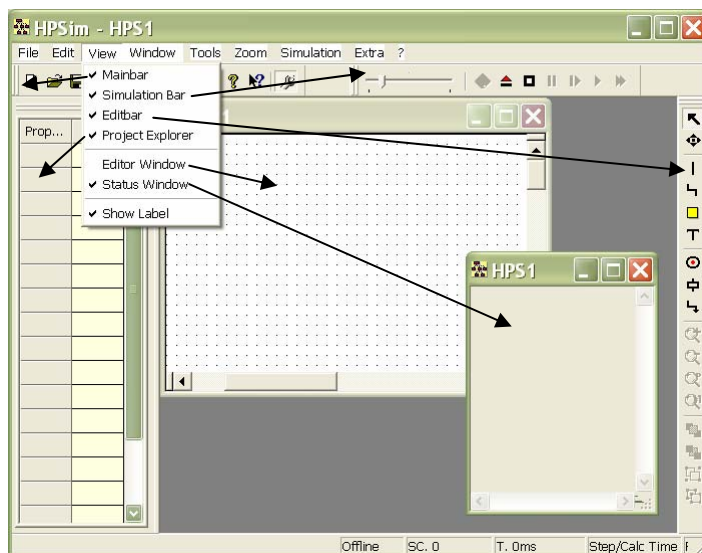
фиг.6.8

Моделът на мрежа на Петри, представен чрез програма HPSim е документ (hps-файл), изграден от елементи. Елементите от различни файлове (мрежи, документи) не си взаимодействат. Възможно е няколко файла да се отворят и стартират едновременно без взаимно да си влияят.

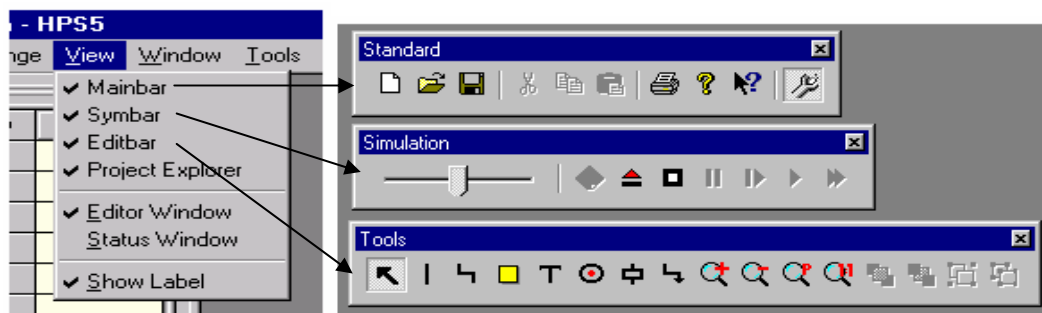
Всички команди могат да се изберат от менюто или от лентите с икони (tool bars). Тъй като иконите дават интуитивна информация за предназначението си, ще пропуснем

описанието им. Командите, които не са активни в настоящия момент или за текущата версия на програмата HPSim са оцветени в сиво.

Опцията “View” от менюто дава възможност да се изведат или не лентите с икони и прозорците (фиг. 6.8a). На фиг.6.9б са дадени детайлно лентите с икони “Mainbar”, “Symbar” и “Editbar”.





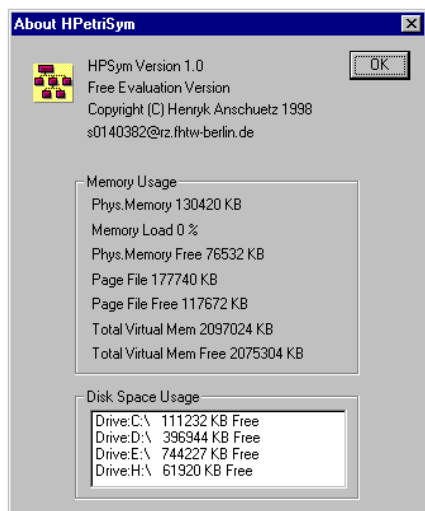
(a)



(б)


фиг. 6.9

Ако изберем “?-About” от менюто или иконата , ще извикаме прозорец с информация за версията на програмата и наличните ресурси на системата (фиг.6.10). Меню “?-About HPetriSym...” или иконата  извеждат Help на програмата.



фиг.6.10

Нов документ (New Document)


Ако не е стартирана чрез двойно кликуване върху hps-файл, HPSim стартира по подразбиране нов празен документ (файл) със стандартните настройки. За да се отвори нов файл трябва от менюто да се избере “File-New” или чрез иконата .


Затваряне на програмата (Termination of HPSim)

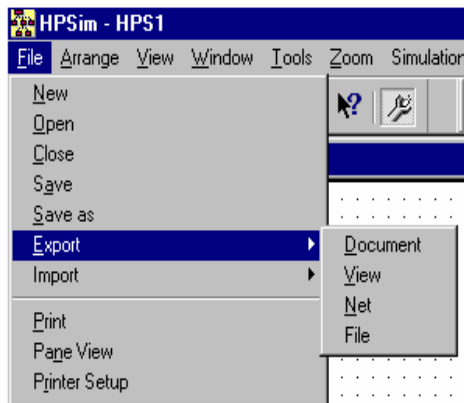
HPSim може да бъде затворена или чрез “File-Close” от менюто или като се натисне “X” горе вдясно на главния прозорец. Ако е необходимо, програмата ще подскаже настоящият проект да бъде запомнен преди да се напусне програмата.

Зареждане и запис (Load and Save)

Зареждането на съществуващ файл става по един от следните три начина:

- ❖ От менюто се избира “File-Open” или иконата . Отваря се прозорец, от който се избира желанния файл;
- ❖ Чрез “drag&drop” желаният hps-файл се отнася и поставя в прозореца на програма HPSim;
- ❖ Чрез двойно кликване върху желания hps-файл.

Записването на файл става чрез опцията ”File-Save” от менюто или чрез иконата . Опцията ”File-SaveAs” дава възможност текущия документ да се запише под ново име.



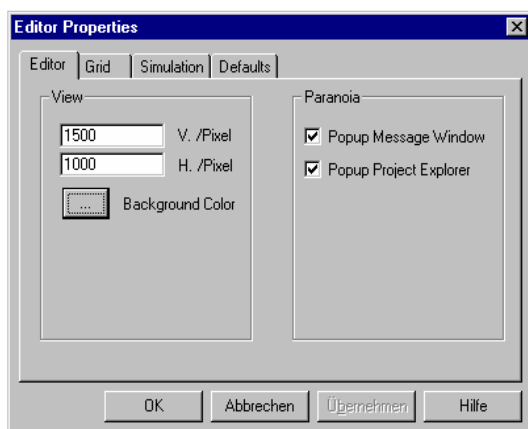
фиг. 6.11

Експорт и импорт (Export and Import)

Освен файловият формат *.hps, HPSim поддържа и формат *.hrx, чиято цел е съвместимост с други и бъдещи версии на програмата. За да се запише (export) даден активен документ във формат *.hrx, от менюто се избира “File-Export-File” (фиг. 6.11) и се въвежда името на файла в отворения се прозорец. Извикването (import) на hrx-файл става чрез менюто “File-Import-File”, което отваря прозорец със списък на съществуващите файлове.

Програма HPSim може да запише въведена като графичен документ мрежа на Петри като Windows Bitmap. Това става чрез менюто “File-Export-Document”. Запомнянето само на видимата на монитора част от текущата мрежа като bitmap се избира “File-Export-View”. Менюто “File-Export-Net” дава възможност текущата мрежа да се запише като текстови файл. Този формат дава възможност файла да се импортира към други приложения за по-нататъшен анализ на мрежата.

Document Properties



фиг. 6.12

За да се променят настройките на настоящ документ се избира менюто “ExtraProperties” (фиг. 6.12). Веднъж променени, настройките са валидни само за настоящия документ, записват се заедно с него и го придружават при повторното му зареждане.

Editor

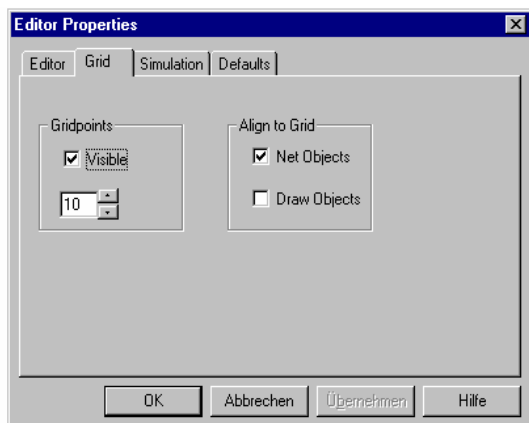
❖ Разрешаваща способност на изображението (Size of View) – може да се определи броя пиксели на вертикалната и хоризонталната настройки на

изображението. Разрешените стойности са от 100 до 15000 пиксела;

- ❖ Цвет на фона (Background Color) – дава възможност за избор на цвят на фона на изображението;

- ❖ Прозорец за съобщения (Message Window) – избира се дали той да се стартира автоматично при всяко стартиране на режима за симулации;

- ❖ Project Explorer – дали да се стартира автоматично всеки път когато е избран обект.



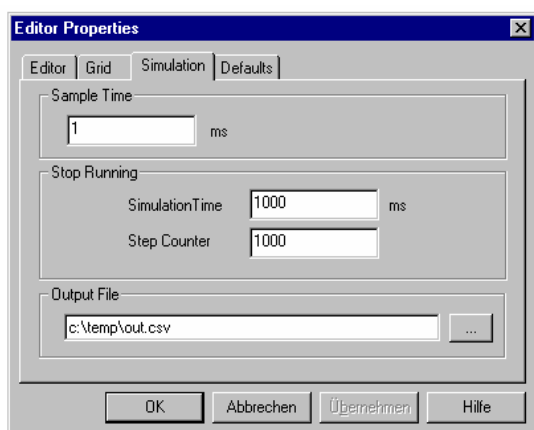
фиг. 6.13

Grid (фиг.6.13)

- ❖ Растерната мрежа (Grid) – определя се колко фина да бъде видимостта и разстоянието в пиксели;

- ❖ Обекти на мрежата (Net Objects) – когато е избрано, обектите на мрежата на Петри се подравняват по мрежата (grid);

- ❖ Графични обекти (Draw Objects) - когато е избрано, графичните обекти се подравняват по растерната мрежа (grid).



фиг. 6.14

Simulation (фиг.6.14)

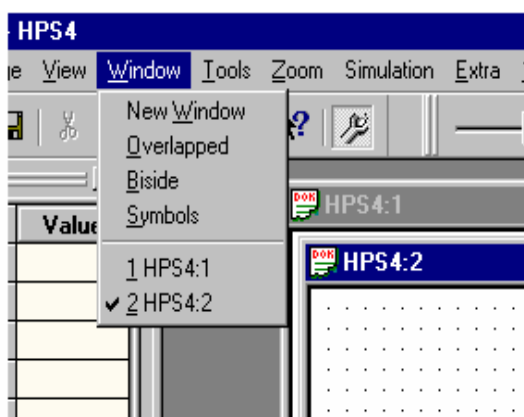
- ❖ Период от време (Sample Time) – избира се времевата база за симулациите, т.е. времето между две последователни стъпки от симулацията;

- ❖ Спиране на симулация (Stop Running) – избира се кога симулацията да спре автоматично при изтичане или на определено време или на брояч на стъпки на симулацията;

- ❖ Изходен файл (Output File) – избира се място, където да се запише изходен файл, с разширение *.csv, в който се записват данните за симулацията.

Този формат е съвместим с програмата MS-Excel.

Defaults - Тази особеност не е налична за настоящата версия на програмата.



фиг. 6.15

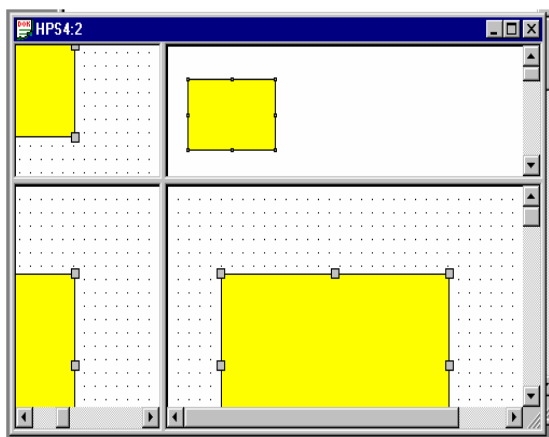
Window

При програмата HPSim, за една и съща мрежа на Петри (hps-файл) може да има няколко отворени прозореца за въвеждане (Editor Windows), но само един отворен Status Window. Няколкото отворени прозореца за въвеждане са полезни когато се работи с големи мрежи и е необходима визуализация с различни мащаби (zoom-фактори), които трябва да се въведат в различни прозорци.

Така може да се наблюдава промяната на важни детайли в един от прозорците, без да се губи общия поглед върху цялата мрежа в друг прозорец. Промяна в мрежата, направена в един от прозорците веднага се отразява и в останалите прозорци, показващи същата мрежа в различен мащаб. На фиг. 6.15 документът HPS4 може да се види в два прозорца с различен мащаб.

Нов прозорец (New Window) – менюто “Window-New Window” отваря друг нов прозорец за същата мрежа.

Подредба на прозорците (Arrange Windows) – аранжира отворените прозорци чрез застъпване, ако се избере “Window-Overlapped” или един под друг при избор на меню “Window-Tile”.



фиг. 6.16

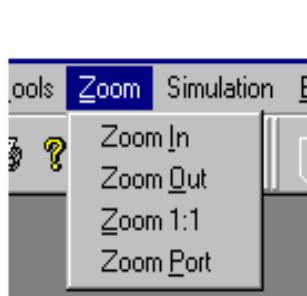
Splitting a Window

Всеки прозорец за ввеждане има една хоризонтална и една вертикална скроол линия (scroll bar). В ляво на хоризонталната и над вертикалната се намират двата разделителя на прозореца, чрез които той може да се раздели на най-много четири полета (фиг. 6 16), които показват една и съща мрежа на Петри. Така може да се работи в до четири различни части на мрежата, всеки с индивидуален мащаб (zoom). Разделянето става като разделителя се издърпва с

мишката до желаната позиция.

Zooming

Промяната на мащаба на изображение на мрежа на Петри дава възможност то да се види различно детайлно. Това се постига чрез менюто “Zoom” или от четирите икони от Editbar, дадени на фиг.6.17.



фиг.6.17



“Zoom-Zoom In” увеличава изображението чрез кликване на мишката в прозореца. Друга възможност и да се издърпа квадратно поле с мишката върху желаната част от мрежата.



“Zoom-Zoom Out” намалява постепенно изображението чрез кликване на мишката в прозореца.



“Zoom-Zoom 1:1” връща изображението към реалните му размери.

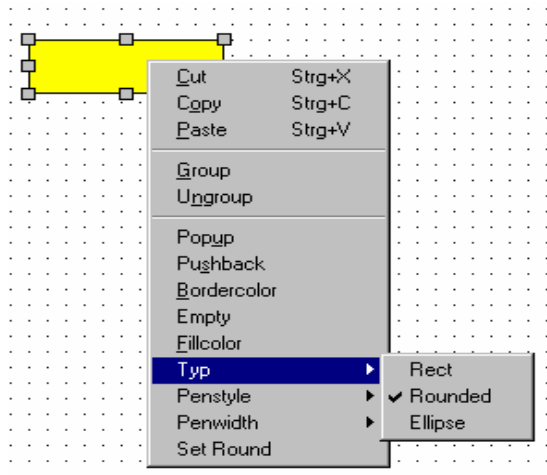


“Zoom-Zoom Port” връща изображението към размерите, зададени в ”ExtraPropertiesEditorView”. Вижда се цялата мрежа, която се разпорега в прозореца според размера му.

Локално меню (Context Menu)


Извежда се чрез десния бутон на мишката и съдържа различни опции в зависимост от

това върху какво е позиционирана тя. Съдържанието му съвпада с това на “View” от гравното меню, когато мишката е върху главния прозорец на програмата. А когато тя е върху прозореца за въвеждане на мрежа на Петри, то съвпада с “Arrange” от главното меню. Съдържанието му е различно когато са посочени различни обекти от мрежата. На фиг. 6.18 е показано такова меню.



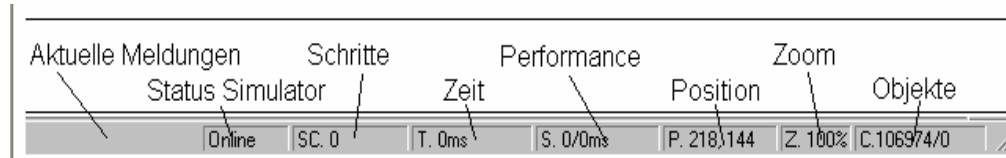
фиг. 6.18

Project Explorer

Активира се чрез меню “View-Project Explorer” (фиг.6.9a) или чрез иконата 

Project Explorer осигурява интерфейс за извеждане на екрана и въвеждане на информация за параметрите на обектите от мрежата, която е в режим на симулация. Посредством мишката, той може да бъде преместван навсякъде в основния прозорец на програмата. Ако е деактивиран, изборът на нов обект за моделирането на текущата мрежа го активира автоматично докато този обект е избран. След деселектирането на обекта прозореца на Project Explorer се затваря и отново се отваря при избора на следващия обект. Това поведение може да бъде деактивирано ако се избере “Editor-Paranoia-Popup Project Explorer” от меню “Extra-Properties”

Status Bar (фиг.6.19)



фиг. 6.19

Намира се в долната част на главния прозорец на програмата. Значението на полетата в Status Bar е следното:

”Current Information” дава информация за текущата използвана функция, като показва времевия прогрес на изпълнението ѝ.

”Status Simulator” показва активен (Online) или не (Offline) е симулатора.

”Step Count” показва текущия брой стъпки на симулацията.

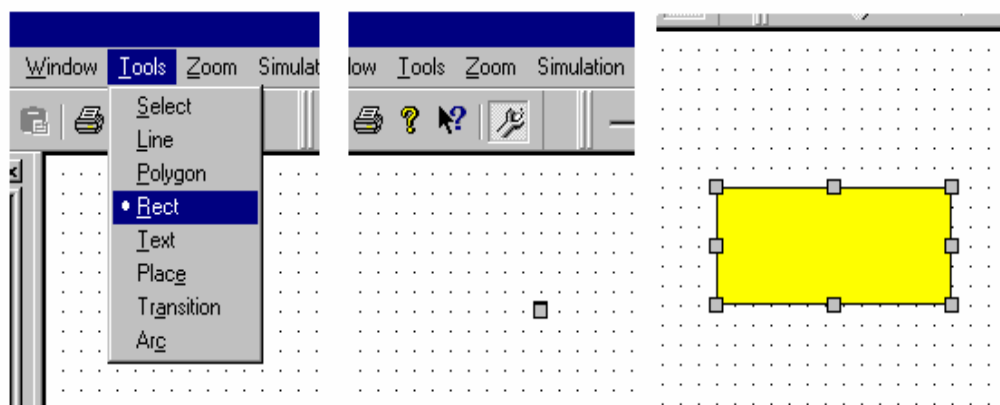
”Time” показва изтеклото до момента време на текущата симулация в милисекунди.

”Performance” показва първоначално неизползваното време между две последователни стъпки от изчислителния процес в милисекунди, и след това за изчисляване на една стъпка, отново в милисекунди.

”Position” показва x,y-координатите на текущото положение на курсора в пиксели. Началото на координатната система е горният ляв ъгъл на прозореца.

”Zoom” показва мащаба на текущото изображение

Creating a Graphical Object

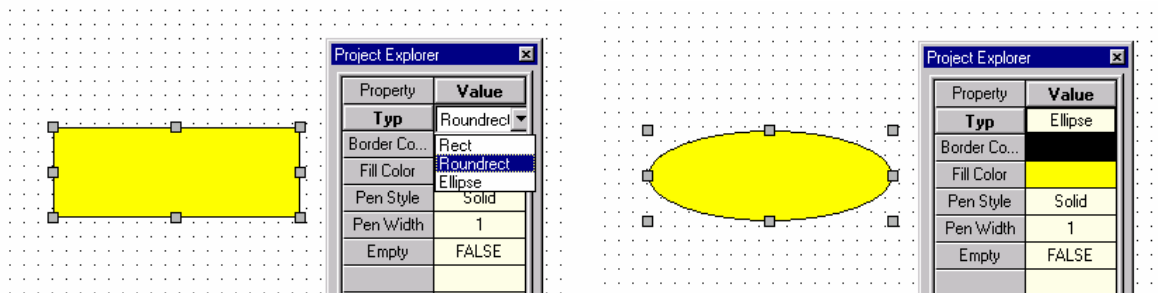


фиг. 6.20

В меню “Tools” или от “Editbar”, се избират графичните обекти за моделиране на мрежите на Петри (фиг.6.20). Те се поставят в прозореца за въвеждане (Editor Window) с кликуване на мишката на желаното място. Размерът на някои обекти може да се промени чрез разпъване с мишката, както и да бъдат премествани.


Change the Properties of an Object

Някои от параметрите на обектите могат да бъдат променени чрез локалното меню. Мишката се позиционира върху обекта и с десния бутон се активира локалното меню. Всички параметри на обекта могат да се видят и променят в прозореца на Project Explorer. В лявата му колона са наименованията на параметрите, а в дясната техните стойности. За да се промени дадена стойност тя или се въвежда като стойност или се избира от падащото меню. На фиг.6.21 е показана промяната от геометричната форма закръглен правоъгълник (RoundRect) в елипса (Ellipsis) чрез Project Explorer.



фиг. 6.21

Selecting Objects


Активира се чрез иконата  или чрез опцията “Select” от главното меню “Tools”. За да се избере даден обект просто се кликва с мишката върху него. Ако няколко обекта са застъпени един върху друг ще се избере само най-горния. Няколко обекта едновременно се избират като се оградят те чрез издърпване с мишката при натиснат ляв бутон. Всяко следващо избиране отказва предходното. Направена селекция може да се откаже чрез клавиша “ESC” или чрез кликуване с мишката на място без обекти в работното поле. Параметрите на даден обект могат да бъдат въведени или променени само след като той е

избран.

Пасивни графични обекти (Passive Graphical Objects)


Програма HPSim различава два вида графични обекти в работния прозорец (Editor Window). Обектите се наричат пасивни, когато се използват за илюстрация и описване на мрежата. Такива са линиите (lines), правоъгълниците (rectangles), области (polygons), текст (texts) и надписи (labels).

Линия (Line)

От меню "Tools" се избира опцията "Line" или се използва иконата . Линията свързва две точки. Та може мести както само откъм единия си край, така и цялата.

<u>Property</u>	<u>Input Type</u>	<u>Possible Values</u>
Line Color	Color Dialog	All available Colors
Line Type	Drop Down	Solid, Dashed, Dotted, Dashed-Dotted
Line Width	Direct Input	1 to 5

Правоъгълник (Rectangle)

От меню "Tools" се избира опцията "Rect" или иконата . Правоъгълникът може да бъде или със закръглени ъгли или с остри ъглир както и елипсата може да се трансформира в кръг. Радиусът на закръгление на ъглите на правоъгълника "RoundRec" се задава от локалното меню "SetRound".

Additional mouse handles on the object will now be displayed. Drag one of those additional handles to adjust the radius to your needs. Ето параметрите на правъгълник:

<u>Property</u>	<u>Input Type</u>	<u>Possible Values</u>
Line Color	Color Dialog	All available Colors
Line Type	Drop Down	Solid, Dashed, Dotted, Dashed-Dotted
Line Width	Direct Input	1 to 5
Type	Drop Down	Rectangle, RoundRec, Ellipsis
Fill Color	Color Dialog	All available Colors
Empty	Boolean	TRUE, FALSE

Polygon

От меню "Tools" се избира опцията "Polygon" или иконата .


Обектът polygon се използва за представяне на начупена линия, а кагото първата и последната точки съвпадат се получава област (polygon), която може да бъде запълнена с цвят или шриховка (transparent). Област може да бъде премествана както изцяло, така и конкретни нейни точки. Като се кликне между две точки може да се въведе нова точка. Една или всички точки могат да бъдат изтрети чрез "Delete Point" или "Del All Points" от локалното меню, когато мишката е върху обекта.

<u>Property</u>	<u>Input Type</u>	<u>Possible Values</u>
Line Color	Color Dialog	All available Colors

Line Type	Drop Down	Solid, Dashed, Dotted, Dashed-Dotted
Line Width	Direct Input	1 to 5
Type	Drop Down	Polygon, Polyline
Fill Color	Color Dialog	All available Colors
Empty	Boolean	TRUE, FALSE

Дебелината на линията за обектите “Line”, “Rect” и “Polygon” може да се променя само когато тя е непрекъснатата..

Text

От главното муню “Tools” се избира “Text” или иконата  или ”Text” от локалното меню. Обектът ”Text” представя описателен текстови блок в няколко линии и може да бъде разполаган навсякъде без ограничения. Ето някои параметри на обекта:

<u>Property</u>	<u>Input Type</u>	<u>Possible Values</u>
Font	Font Dialog	All available Fonts
Color	Color Dialog	All available Colors


Label

Етикетът надписва пасивните графични обекти. Те могат да се добавят и идтриват. Надписът автоматично се изписва със създаването на обекта и местоположението му може да бъде променяно с мишката. Ако обекта бъде преместен, надписът автоматично се мести с него. Същността, стойността на надписа само тогава когато се промени съответния параметър на графичния обект. Взаимното разположение на надписите спрямо съответните им графични обекти може да се върне към първоначалното чрез ”Reset Labels” от локалното меню.

Активни графични обекти (Active Graphical Objects)

Активните графични обекти са функционалните компоненти на мрежите на Петри като места (place), преходи (transition) и стрелки (arc).

Място (Place)


Избира се чрез опцията “Place” от главното меню “Tools” или иконата . Така се извежда графичният символ на място в мрежа на Петри. Капацитетът му е отбелязан с номер. Ето параметрите на активния графичен обект място:

<u>Property</u>	<u>Input Type</u>	<u>Possible Values</u>
Name	Direkteingabe	Beliebiger String
Size	Drop Down	Very Small, Small, Normal, Big, Very Big
Show Name	Boolean	TRUE, FALSE
Show Capacity	Boolean	TRUE, FALSE
Initial Tokens	Direct Input	0 bis 16M
Actual Tokens	Direct Input	0 bis 16M
Capacity	Direct Input	0 bis 16M

Token Counter Direct Input 0 bis 16M

Началният брой на маркерите може да се променя чрез Project Explorer. Броячът на маркери чрои всички маркери, преминали през даденото място. Броячът се нулира при стартиране на нова симулация.

Преход (Transition)

От меню “Tools” се избира “Transition” или чрез иконата  се извижда преход на мрежа на Петри. Може да се въведе време за отваряне на прехода. След като то изтече, прехода моментално се отваря. Времето за отваряне на прехода може да бъде избрано като незабавно или определено, по експоненциално или нормално разпределение. Случайните числа се генерират от генератор на случайни величини.

<u>Property</u>	<u>Input Type</u>	<u>Possible Values</u>
Name	Direct Input	Any String
Size	Drop Down	Very Small, Small, Normal, Big, Very Big
Show Name	Boolean	TRUE, FALSE
Show Delay	Boolean	TRUE, FALSE
Time Model	Drop Down	Immediate, Deterministic, Exponential Distribution, Uniform Distribution
Initial Delay	Direct Input	0 to 16M
Range Delay	Direct Input	0 to 16M
Current Delay	Direct Input	0 to 16M
Tokens Fired	Direct Input	0 to 16M



Времевия модел “Deterministic” изисква въвеждането на начално закъснение (Initial Delay), което дефинира времето до отварянето, разрешаването на прехода. Времевият модел “Exponential Distribution” също използва параметъра “Initial Delay” но като средна стойност на функцията на разпределение за времето до отваряне на прехода. При времевия модел “Uniform Distribution” параметъра “Initial Delay” е долната, а “Range Delay” е горната граница (в абсолютни единици) на функцията на разпределение на времето до разрешаването на прехода.

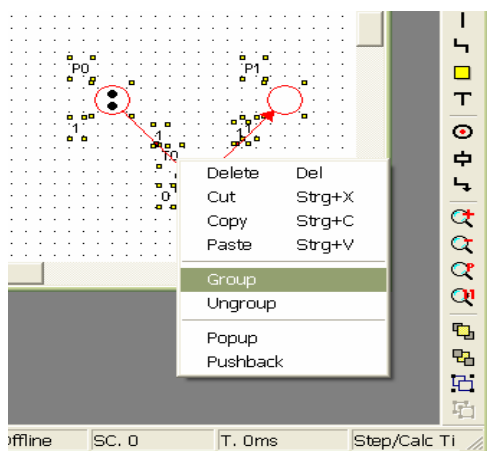
Стрелка (Arc)

Опцията “Arc” от меню “Tools” или иконата  изобразяват графично стрелка. Стрелките в мрежите на Петри свързват местата с преходите и обратно и се чертаят чрез издърпване с мишката при натиснат ляв бутон от място до преход или от преход до място. Ако програмата откаже създаването на стрелка се появява текстово обяснение за причината. Създадена стрелка може в последствие да се издърпа с мишката и да стане начупена линия. Освен стандартните стрелки, програмата използва още тестови (test) и възпрепятстващи (inhibitor) стрелки.

<u>Property</u>	<u>Input Type</u>	<u>Possible Values</u>
Weight	Direct Input	1 to 16M
Type	Drop Down	Normal, Test, Inhibitor
Show Weight	Boolean	TRUE, FALSE



Deleting Graphical Objects

Маркирани обекти се изтриват с избор на опцията “Delete” от меню “Edit” или . Те ще се преместят в клипборда чрез “Cut” от меню “Edit” или . За да се запази логиката в мрежата всички обекти, свързани с изтрития обект, също трябва да се изтрият.



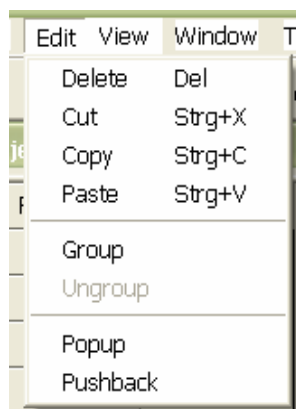
фиг. 6.22

Групиране и дегрупиране (Grouping and Ungrouping)

Маркирани обекти могат да бъдат групирани чрез опцията “Group” от локалното меню или чрез иконата  и дегрупирани чрез “Ungroup” или  (фиг.6.22).

Clipboard

Чрез клипборда могат да се обменят данни от един прозорец към друг в програмата. Използва се формат непознат за други програми. Следователно HPSim отказва копирането на данни с непознат фирмат. Използват се опциите “Cut”, “Copy” и “Paste” от главното меню ”Edit” (фиг.6.23), локалното меню или съответните икони. Програма HPSim не поддържа функцията “Undo”.



фиг.6.23



“Cut” премества в слипборда маркираните обекти.



“Copy” копира в клипборда маркираните обекти.





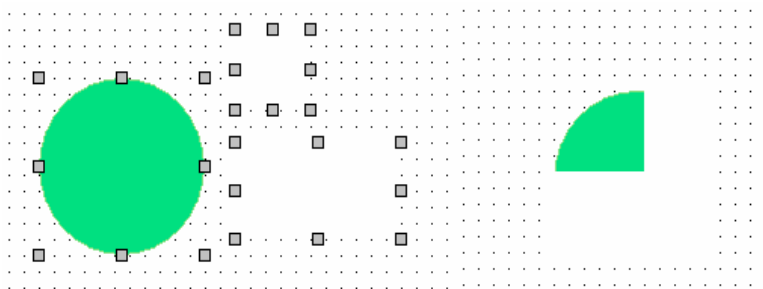
“Paste” копираните в клипборда обекти ще бъдат вмъкнати .

Когато обектите от двете страни на стрелките са копирани в клипборда, стрелките също автоматично се копират. Същото важи и за надписите на обектите.

Маскиране (Masking)

Застъпващи се графични обекти ще бъдат поставени един върху друг по реда на вмъкването им в документа, т.е. по-късно добавен елемент може частично или напълно да покрие съществуващ вече обект. Това маже да послужи за графичното оформяне на сложни форми, невключени в меню “Tools”. На фиг.6.24 е показано как може да се получи сектор от окръжност чрез припокриването ѝ с два правоъгълника. Последователността на застъпване

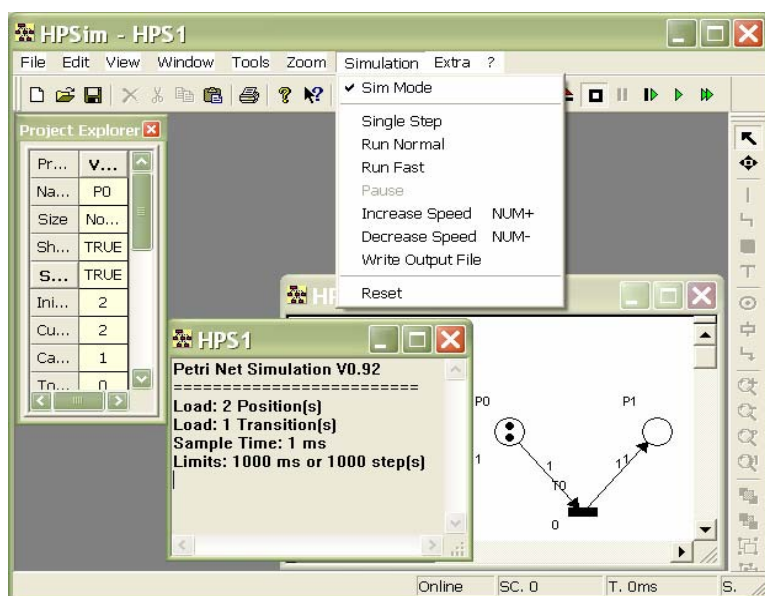
на обектите може да се промени чрез иконите  ("Pop-up" от меню "Edit") и  ("Pushback" от меню "Edit")



фиг. 6.24


Стартиране на симулация (Starting a Simulation)


Режимът на работа на програмата може да бъде симулация или въвеждане и се избира



фиг. 6.25

Разпечатване (Printing)

Диалоговият прозорец за разпечатване се извиква чрез иконата  или "File-Print". Страницата, която ще се разпечатва може да се види от меню "File-Pane View".


от меню "Simulation-Sim Mode" или от бутона ON/OFF . При извикване на режима симулация, програмата напомня въведеният модел да се запомни като hps-файл, ако е необходимо. Автоматично ще се появи Status Window (фиг.6.25). Той подсказва действия и съобщава за проблеми и грешки по време на симулацията. Може да бъде изведен и чрез менюто "View-Status Window".

If the option "Paranoia Pop-up Message Window" of the



"ExtraPropertiesEditor" dialog box is activated, the Status Window will be opened automatically each time a simulation is started.


Командите "Step", "Run", "Run Fast" от меню "Simulation" или от иконите стават активни. В режим на симулация само активните графични обекти (места, преходи и стрелки) могат да се видят като мащаба на цялото изображение може да се променя. Те, обаче не могат да се местят, изтриват или да се добавят нови елементи. Растерната мрежа обикновено се изключва в режим на симулация.



Начално установяване на симулацията (Resetting the Simulation)


Атрибутите "Tokens Fired" и "Current Delay" на всички преходи ще бъдат нулирани, а броячите на маркери "Token Count" на всички места ще приемат стойностите, които са били въведени в "Initial Tokens", когато се стартира "Simulation-Reset" от менюто или от . Броячът на стъпки и време също ще бъде нулиран.

Активиране на изходен файл с данни (Activation of the Output File)

След избор на “Simulation-Write Output File” или  програмата ще запише данните от симулацията в csv-файл. Този формат е познат за много приложения, сред които и MS-Excel, например. Мястото, където да се запише този файл се задава чрез ”Extra-Properties-Simulation”. Трябва да се държи сметка за големината на файла, тъй като всяка стъпка от симулацията се записва. Така създаденият csv-файл после може да се анализира чрез Excel. За да се отвори csv-файла, трябва “Simulation-Write Output File” или  първо да се освободи (uncheck). Ако преди началото на всяка симулация “Write Output File” се избира (check), а след края ѝ се отказва (uncheck), съответният csv-файл ще съдържа само данните от текущата симулация

“Single Step” симулацията се стартира от меню “Simulation-Single Step” или . Разположението на маркерите на всяка стъпка се вижда, но всяка стъпка се стартира чрез натискане на бутона “Single Step”.

“Run Normal” режима се стартира от меню “Simulation-Run Normal” или . Разположението на маркерите след всяка стъпка се вижда, но не стартира ръчно а се изпълнява автоматично до приключване на симулацията. Непрекънатата симулация може да бъде спряна сама ако изтече времето или броят зададени стъпки на симулация, ако се достигне до мъртво маркиране или след намеса на оператора. Ограниченията за симулацията по отношение на време или брой стъпки се задава от меню “Extra-Properties-Simulation”. Време интервала между две последователни стъпки на симулацията може постепенно да се уточни в “Simulation-Increase Speed” и “Simulation-Decrease Speed” или да се настрой плавно чрез плъзгача “Symbar”  .

“Run Fast” симулацията се стартира от меню “Simulation- Run Fast” или . Изчисляването на мрежата се извършва с възможно най-голямата скорост при което движението на маркерите не е видимо след всяка стъпка. Симулацията спира при същите условия, при които спира и при режима “Run Normal”.

Симулация може да бъде временно спряна чрез “Simulation-Pause” или .

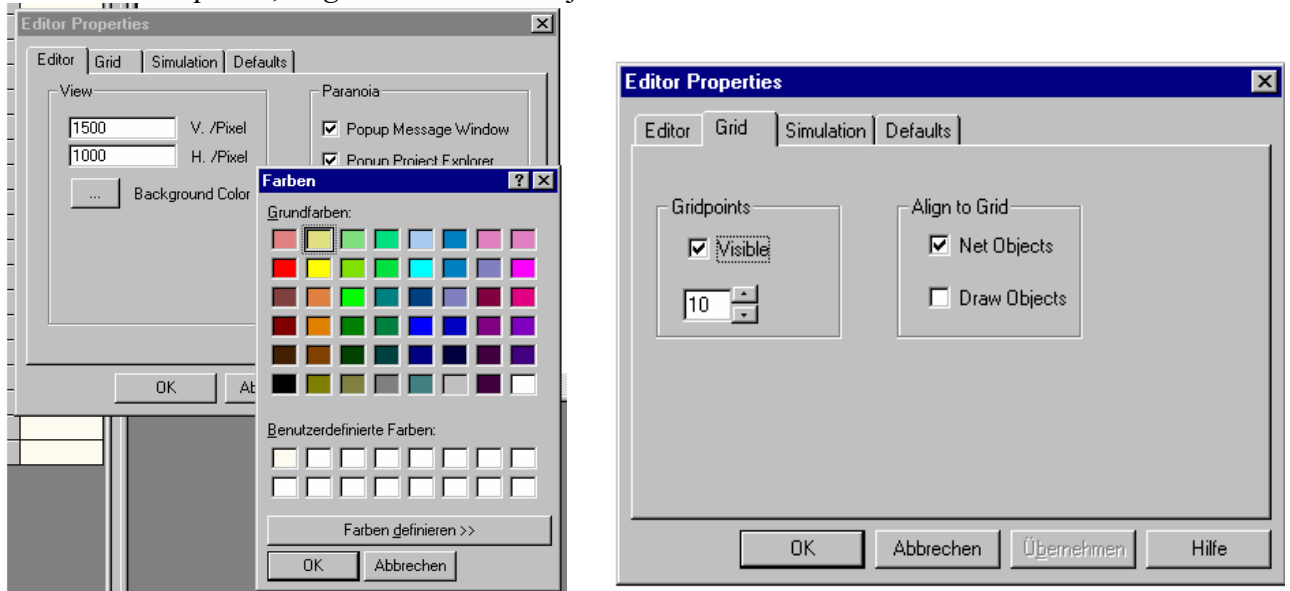
2.2. Моделиране и симулиране на примерна мрежа на Петри

Ще разгледаме един пример за създаване и симулиране на несложна мрежа на Петри с цел да демонстрираме начинът за работа с проглама HPSim.

Стъпка 1: Настройване на параметрите на работното поле

- ❖ Избираме меню “Extra-Properties”
- ❖ Избираме цвят за фона на работния прозорец.
- ❖ Избираме размери на работното поле в пиксели (дължина X височина) 1000 X 1500 pixel.
- ❖ Избираме полето да има растерна мрежа “Grid”, и подравняване на обектите на мрежата по него.
- ❖ Запазваме стандартните настройки както следва: *Grid: Visible, Grid Spacing: 10*

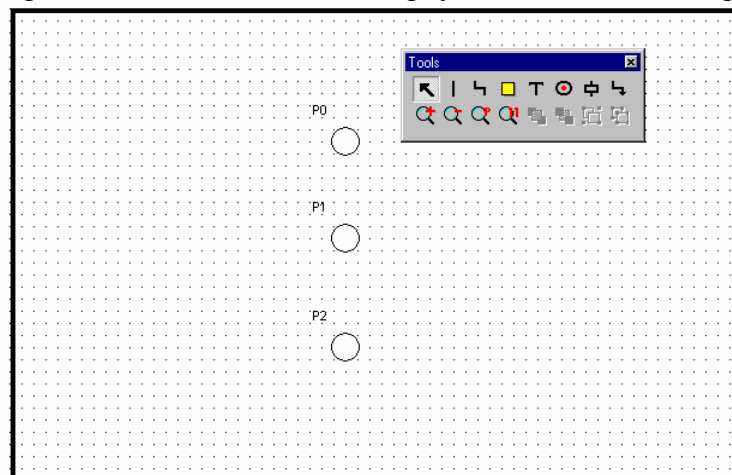
points, *Align to Grid: Net Objects*



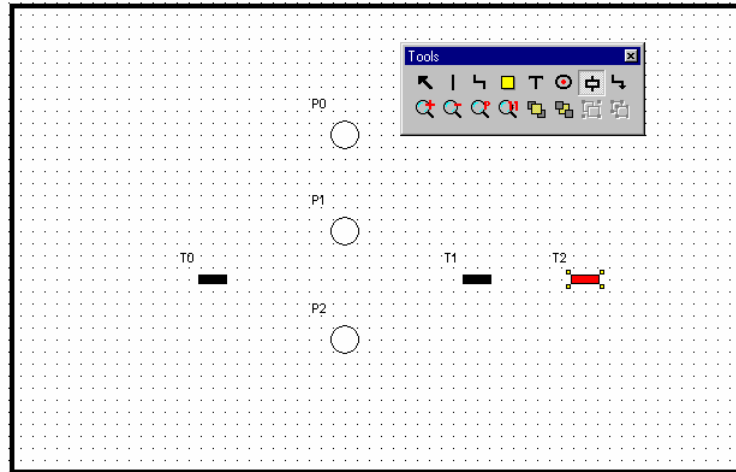
Стъпка 2: Изобразяване на мрежата

За да изберем графичен обект с цел да го разположим в работния прозорец или да променим аксесоарите му чрез "Project Explorer" трябва първо да откажем селекцията на текущия обект. Това се прави чрез меню "Tools-Select" или

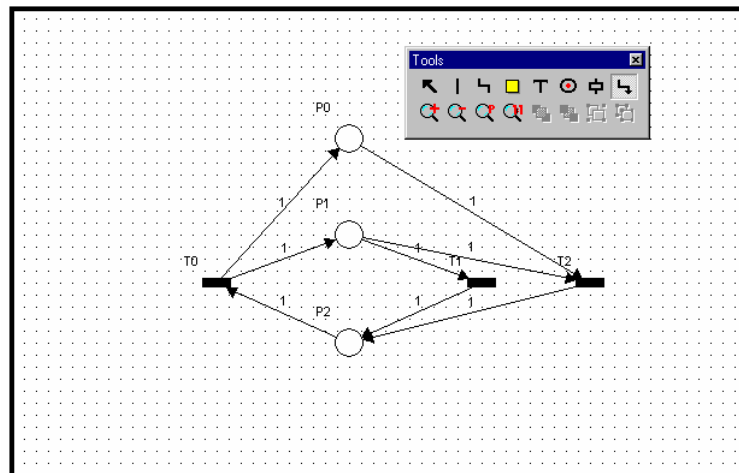
- ❖ Избираме модула "Place" и разполагаме върху работния прозорец нужния брой места чрез кликане на мишката върху желаните места от работния прозорец.



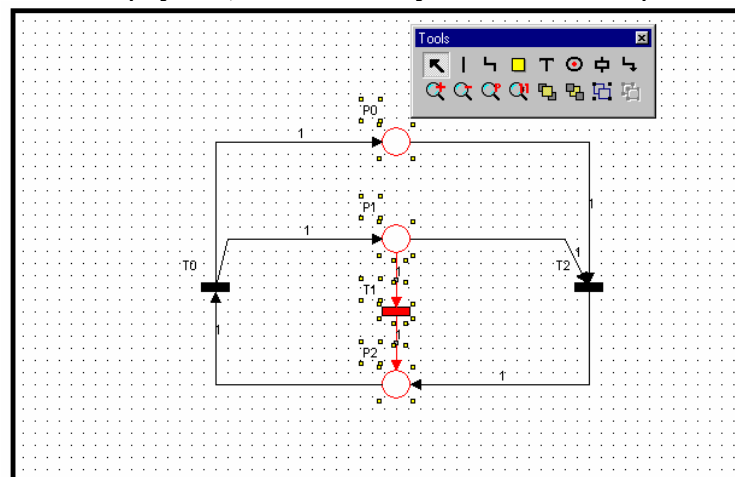
- ❖ Избираме модула "Transition" и разполагаме нужния брой преходи върху работното поле чрез кликане на мишката.



- ❖ Последством модула “Arc” свързваме местата и преходите. Стрелките могат да се изобразят чрез издърпване с мишката от началния към посочвания обект като двата са от различен тип (място или преход).



- ❖ Стрелките могат да бъдат пре моделирани чрез издърпване на малките квадратчета върху тях, соито се получават когато стрелката е избрана.



Записваме моделираната мрежа като hps-файл - “File-Save”.

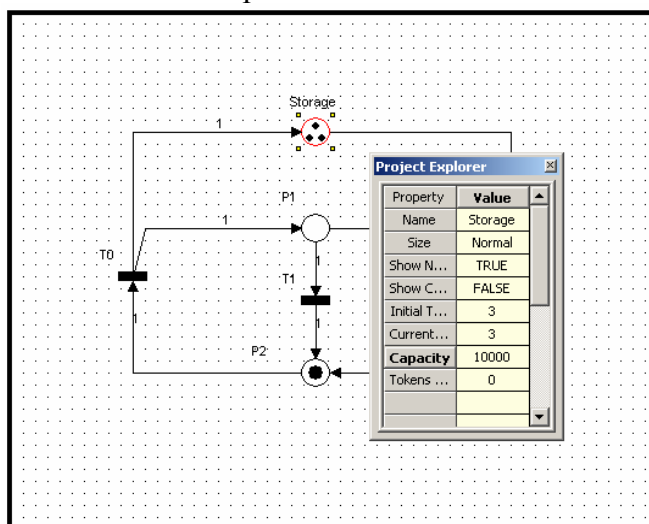
Стъпка 3: Настройване на параметрите на обектите на мрежата

Избираме , с което се отказваме от последния избран графичен модул и от меню

“View” избираме “Project Explorer”.

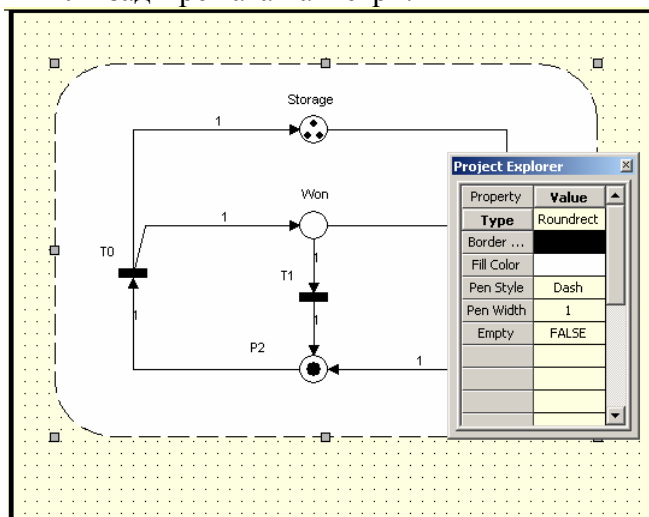
- ❖ В позиция “Name” променяме името на място P0 на Storage, въвеждаме в поле “Capacity” 1000 и броят на началните маркери става 3.
- ❖ Променяме теглото на стрелката от място P0 на 2, което е еквивалентно на две паралелни стрелки.
- ❖ Променяме броя на началните маркери на място P2 на 1.

Всички тези промени изискват първо съответния обект на бъде избран с мишката.

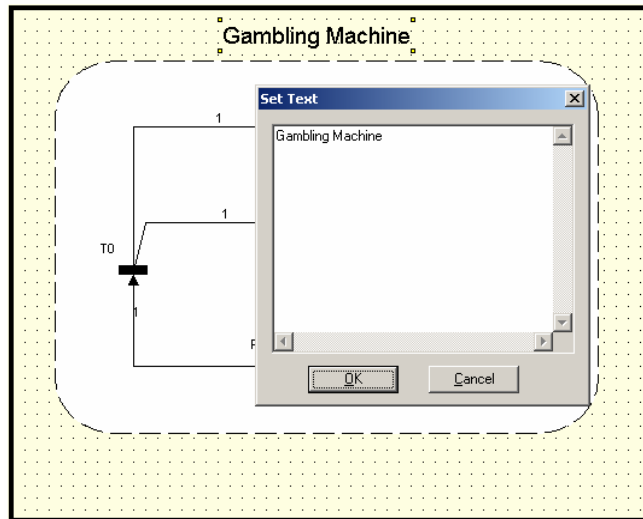


Стъпка 4: Декориране и надписване на мрежата

- ❖ Чрез меню “Tools-Rectangle” или съответната икона от “Editbar” с мишката начертаваме правоъгълник.
- ❖ Позиционираме го и променяме размерите му чрез малките квадратчета по ръбовете му, които се появяват когато правоъгълника е избран
- ❖ Настройваме полетата на неговия “Project Explorer” като избираме *Type*-Roundrect; *Border*-черен цвят; *Full Color*-бял цвят; *Pen Style*-Dash; *Pen Width*-1. След това с “Pushback” от локалното меню поставяме правоъгълника със закръглени ъгли зад мрежата на Петри.

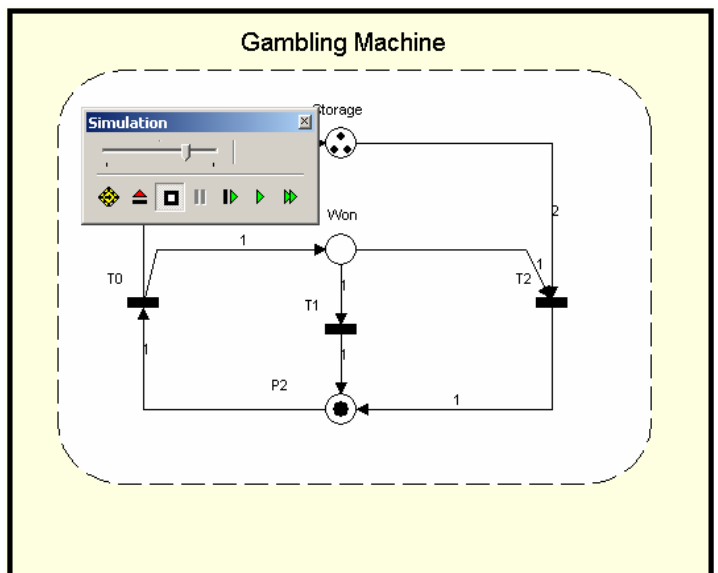
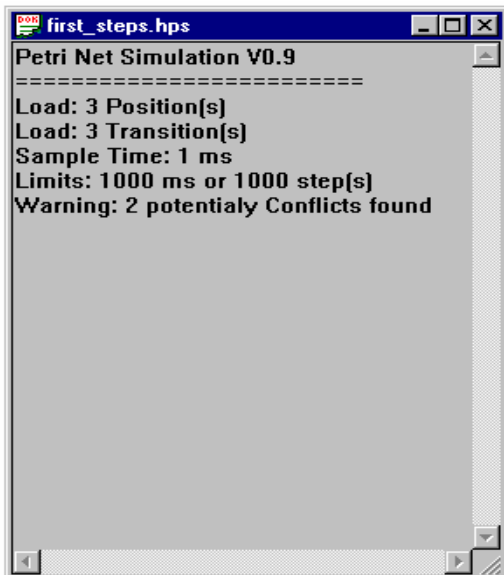


- ❖ Избираме “Tool-Text”, клекваме на мястото, на което искаме да напишем заглавие на мрежата. Деселектираме с “Tool-Select” и с десния бутон на мишката върху мястото отваряме локално меню, от което отново избираме “Text”. Отваря се прозорец “Set Text”, в който въвеждаме желаното заглавие ”Gambling Machine”.
- ❖ По същият начин могат да се въвеждат и по-обширни описания.



Стъпка 5: Симулация

- ❖ Избираме режим на симулация “Simulation-Sim Mode”. Автоматично се отваря Status Window, който ще показва важна информация по време на симулацията. Status Window може да се изведе и от меню “View”.

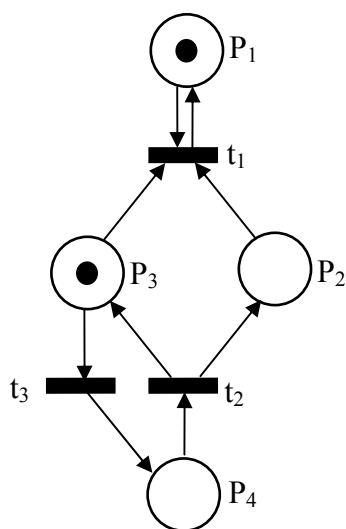


- ❖ Стартираме симулацията от “Simulation-Run Normal” и наблюдаваме преместването на маркерите непрекъснато стъпка след стъпка.

3. Задачи за изпълнение

Задача 1

Моделирайте чрез програма HPSim зададената мрежа на Петри. Постройте дърветата



на достижимост при следните начални маркирания:

А) (1,0,1,0);

Б) (1,0,0,3).

Първото начално маркиране е изобразено на графа на мрежата. Нека капацитетът на всяко от местата бъде 5 маркера, а времето на симулация - неограничено.

Начертайте двете дървета на достижимост и при разширено маркиране, ако такова е възможно при отпадане на ограниченията за капацитета на местата.

Симулирайте работата на мрежата докато се реализира възможно най-дългия клон от съответното дърво на достижимост. Запишете съответния csv –файл и обяснете

структурата и значението на записаните в него данни.

Задача 2

Моделирайте чрез програма HPSim следния протокол за комуникация в компютърна мрежа от три възела – 1, 2, и 3, свързани всеки със всеки. Възел 1 опитва да прати съобщение към възел 2. Ако до определено време възел 1 не получи потвърждение от възел 2, то възел 1 опитва да прати същото съобщение по обходния маршрут през възел три. Ако не получи потвърждение в определеното време се регистрират загуби и изпращането на съобщение се прекратява.