

Тема: **Загальні відомості про роботу в OrCAD 9.2**

Мета роботи: *Знайомство з основними принципами побудови моделюємих схем в системі OrCAD 9.2*

---

«Как много нам открытий чудных готовит просвещения дух ...»  
А.С.Пушкин

Радий Вас вітати відпочилих і повними сил після канікул (в кого вони, звичайно ж, були ☺). Ця лабораторна робота відкриває новий курс (*Ви перші будете його вивчати й оцінювати, тому якщо будуть виникати питання або пропозиції по поліпшенню матеріалу – буду Вам щиро вдячний*) з предмету „Радіоелектроніка та моделювання радіоелектронних кіл”.

Основним інструментом для проведення цих лабораторних робіт буде служити система автоматизованого проектування **OrCAD 9.2**. Цей величезний курс буде складатися з двох великих частин: перша з них присвячена знайомству з графічним редактором принципів схем та редактором сигналів, друга – моделюванню радіоелектронних пристроїв, побудованих на основі аналогових і цифрових компонентів.

При виконанні першої частини циклу Ви будете в основному користуватися наступними основними модулями системи проектування:

1. Для введення принципів схем, а також створення бібліотеки компонентів – модуль **OrCAD Capture**.
2. Для моделювання виконаних схем – модулем **OrCAD PSpice A/D** (моделювання змішаних аналогово-цифрових пристроїв).

На цій лабораторній роботі Ви розглянете основні принципи роботи з графічним редактором системи **OrCAD - Capture** для введення принципів схем. Щоб вивчення даного матеріалу не показалося Вам нудним, паралельно з вивченням теоретичної частини Ви одночасно будете займатися побудовою схеми генератора тактової частоти.

### **Передумови для виконання лабораторної роботи**

Як вже сказано вище, наше завдання – це побудова (введення) принципової схеми генератора синхронізуючих послідовностей. Поставимо ряд вимог до нашого проекту:

1. Частота генерації  $f_{CLK1} = 1\text{МГц} \pm 5\%$  .
2. Частота генерації  $f_{CLK2} = \frac{1}{2} f_{CLK1}$ ; При цьому ці дві частоти повинні бути в протифазі.
3. Амплітуда генеруємих сигналів повинна бути на рівні ТТЛ.
4. Необхідно передбачити вхід скидання **RESET**.
5. Генератор виконується у вигляді окремого функціонального блоку, іншими словами – у вигляді «чорної шухляди», що має відповідні входи і виходи.
6. Використовуючи спроектований генератор, необхідно застосувати його в системі.

Звичайно ж, простіше всього це виконати, побудувавши простий дешифратор сигналів: синхронізуючі імпульси надходять з генератора на вхід лічильника а виходи лічильника у свою чергу дешифруються за допомогою дешифратора. Типова функціональна схема пристрою представлена на [рис. 1.1.](#)



СИ – синхронізуюча послідовність

4р. - кількість розрядів (в данном випадку чотири)

Рис.1.1. Функціональна схема проектуемого пристрою

## Необхідні інструменти САПР OrCAD

### 1.1. Створення проекту

#### Вибір типу проекту

Проекти, створені за допомогою програми **OrCAD Capture**, заносяться у файли з розширенням **\*.opj** (по термінології, прийнятій в програмі, проект називається **Project**), що містять посилання на імена усіх використовуваних файлів: файлів окремих схем (**\*.dsn**, по прийнятій термінології файли схем називаються **Design**), бібліотек, текстових **VHDL-файлів**, файлів звітів про проект і ін.). Можна створити новий проект і потім створити нові схеми, бібліотеки. Для створення нового проекту виконується команда **File > New Project**, після чого в діалоговому вікні, що відкрилося ([рис.1.2](#)), на рядку **Name** вказується ім'я проекту, а на рядку **Location** – ім'я підкаталогу, де його файл повинен бути розташований (при цьому для перегляду файлової структури зручно користуватися кнопкою **Browse**).

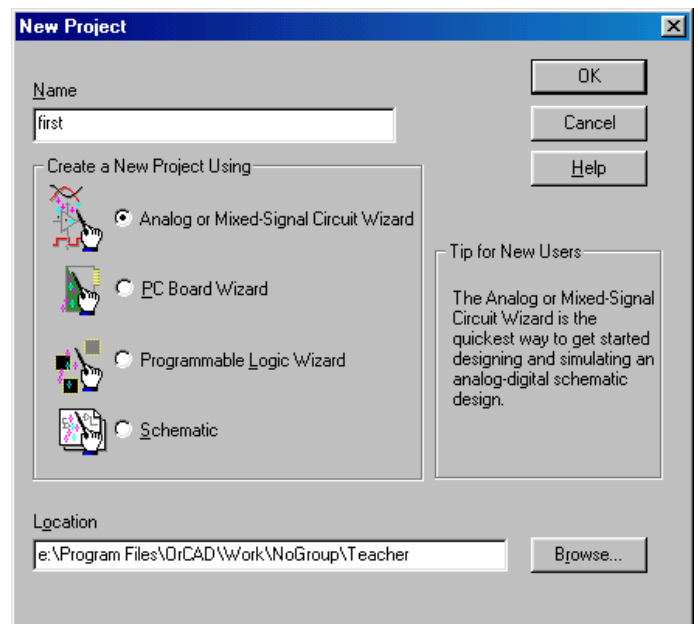


Рис.1.2. Вікно менеджера створення нового проекту

*При виборі каталога, де Ви будете зберігати свої «перлини», будь ласка, виконуйте наступні рекомендації:*

*а) на диску Z (Work.Students\$) знайдіть каталог своєї групи, якщо його немає, попросіть адміна створити його;*

*б) у каталозі групи створіть каталог зі своїм прізвищем (зверніть увагу: каталог має бути з Вашим ПРІЗВИЩЕМ, інакше він буде видалений адміном), якщо раніше Ви його не створювали;*

в) у своєму каталозі створить **унікальний каталог**, де Ви будете працювати (приклад: Z:\DK-11\Shuliakivsky\OrCAD).

Такі рекомендації дозволять Вашим наробіткам безболісно дочекатися Вашого наступного відвідування лабораторних робіт.

У діалоговому вікні **Create PSpice Project** виберіть опцію **Create a blank project**.

Після натискання кнопки **OK** система формує новий проект. У лівій частині екрана програми **Capture** розташовується вікно **Project Manager**. У середній частині вікна системи відкривається створена нова сторінка для введення принципової схеми.

Далі у вікні **Analog Mixed A/D** Вам у свій проект необхідно додати потрібні бібліотеки. У нашому випадку додайте бібліотеку **7400.olb** (натискаєте правою кнопкою миші на **Library** і вибираєте **Add File**). Ця серія по технологічним (ТТЛ-логіка) і функціональним властивостям відповідає добре знайомій Вам серії K155 (серія 74LS00.olb відповідає K555). Відповідність по функціональності Ви можете знайти в довіднику [1].

На [рис.1.3](#) показаний стан менеджера проекту.

У режимі **File** розгортається плоска файлова структура проекту, у режимі **Hierarchy** – його ієрархічна структура (на даному етапі ієрархічна структура має лише

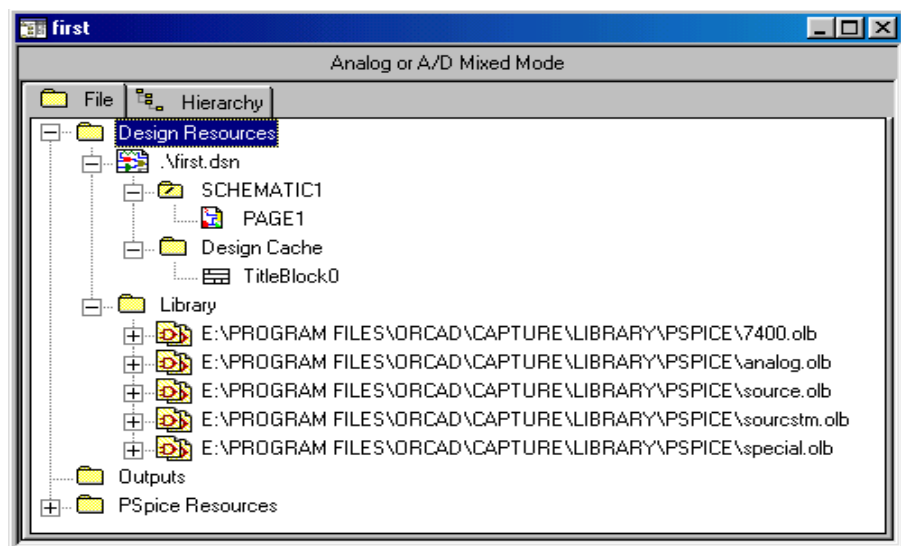


Рис.1.3. Менеджер проекту

один рівень ієрархії **SCHEMATIC1**). Файлова структура проекту містить ряд розділів:

- **Design Resource** – опис проекту (файл проекту \*.dsn, файли окремих сторінок схеми, перелік компонентів **Design Cache**, **VHDL-файли**, перелік використовуваних бібліотек компонентів \*.olb), **Outputs** – результати проектування, і ін.

- **PSpice Resources** – необхідні файли для моделювання даної схеми.

Варто звичайно помітити, що деякі розділи відсутні на малюнку. Вони будуть з'являтися по мірі роботи над проектом.

Подвійне натискання лівої кнопки миші по імені конкретного файлу або по його значку завантажує його у відповідний редактор (при виборі файлу схем

завантажується редактор схем, при виборі текстового файлу – вбудований текстовий редактор).

Натискання правої кнопки миші по значку окремого файлу або каталогу розвертає меню, склад якого залежить від типу обраного об'єкта:

**Add File** – додати файл;

**Edit** – редагування файлу;

**Properties** – перегляд і редагування властивостей об'єкту;

**New Schematic** – створити нову схему;

**Design Properties** – редагування параметрів проекту.

*У файлі проекту можуть утримуватися посилання на одну або кілька папок (ці папки зображуються у вікні менеджера проектів), асоційованих з файлами принципових схем. Папка принципової схеми містить одну або кілька сторінок схеми. Файл схеми містить також **Design cache** – кеш проекту, що містить копії символів компонентів, використовуваних у схемі. Проект може містити посилання на кілька бібліотек. Однак він може мати тільки одну структуру (файл із розширенням імені \*.dsn).*

**Save** – зберегти внесені зміни, **Save As** – зберегти внесені зміни в проекті з новим ім'ям.

Створення проекту на цьому ми розглядати завершимо.

Тепер повернемося до нашого завдання. Розглянемо послідовність побудови нашої схеми. В якості лічильника підійде будь-який двійковий лічильник, наприклад K555IE5 (7493): на першому етапі побудови буде використовуватися тільки його блок дільника на 8 (як Ви вже знаєте ☺ він складається з двох частин: дільника на 2 і на 8, якщо раптом не знаєте, почитайте матчастину: звичайно ж, довідник [1]).

*Тоді саме до Вас запитання: поясніть, будь ласка, поняття – **дільник на 8**.*

У якості дешифратора застосуємо „простенький” 4-х входовий дешифратор K555 (74154). Побудову принципової схеми почнемо з простого: помістимо на неї лічильник і дешифратор. Крім цього, вирішимо питання по організації нашого проекту.

Ітак, продовжимо розгляд інструментів САПР **OrCAD**.

### **Створення принципової схеми проекту**

#### **Структура принципової схеми проекту**

Електричні схеми більшості проектів розміщуються на декількох сторінках не найбільшого формату. Існує два способи організації схем великого обсягу: плоскі звичайні *багатосторінкові* структури й *ієрархічні* структури.

Електричні кола, розташовані на різних сторінках багатосторінкової схеми, з'єднуються поміж собою за допомогою так званих межсторінкових з'єднувачів (**off-page connectors**), що мають однакові імена. Всі сторінки таких схем утримуються в одній папці на тому самому рівні. Їхня структура показується в менеджері проектів при натисканні клавіші **File**.

На схемах ієрархічних проектів розміщуються спеціальні символи, які називаються *ієрархічними блоками* (**hierarchical block**). Принципова електрична схема кожного такого блоку створюється у вигляді окремої схеми, що розміщується в

папку на тій же рівні ієрархії, що й основна схема. Ієрархічна структура показується в менеджері проектів при натисканні клавіші **Hierarchy**.

*У Вас при побудові проекту ієрархічна структура буде поступово ускладнюватися. На початку вона має тільки один рівень **SCHEMATIC1**.*

*Для переходу в режим побудови принципової схеми двічі клацніть на назві схеми в розділі **SCHEMATIC1** у менеджері проекту. Зробіть активним вікно, що з'явилося, при цьому стає доступним панель інструментів для введення елементів принципової схеми (рис.1.4).*

#### **Налаштування конфігурації проекту**

Перед створенням нового проекту за допомогою програми **OrCAD Capture** необхідно задати параметри його конфігурації за допомогою трьох команд меню **Options** менеджера проектів:

- по команді **Preferences** задаються параметри схеми, що зберігаються у

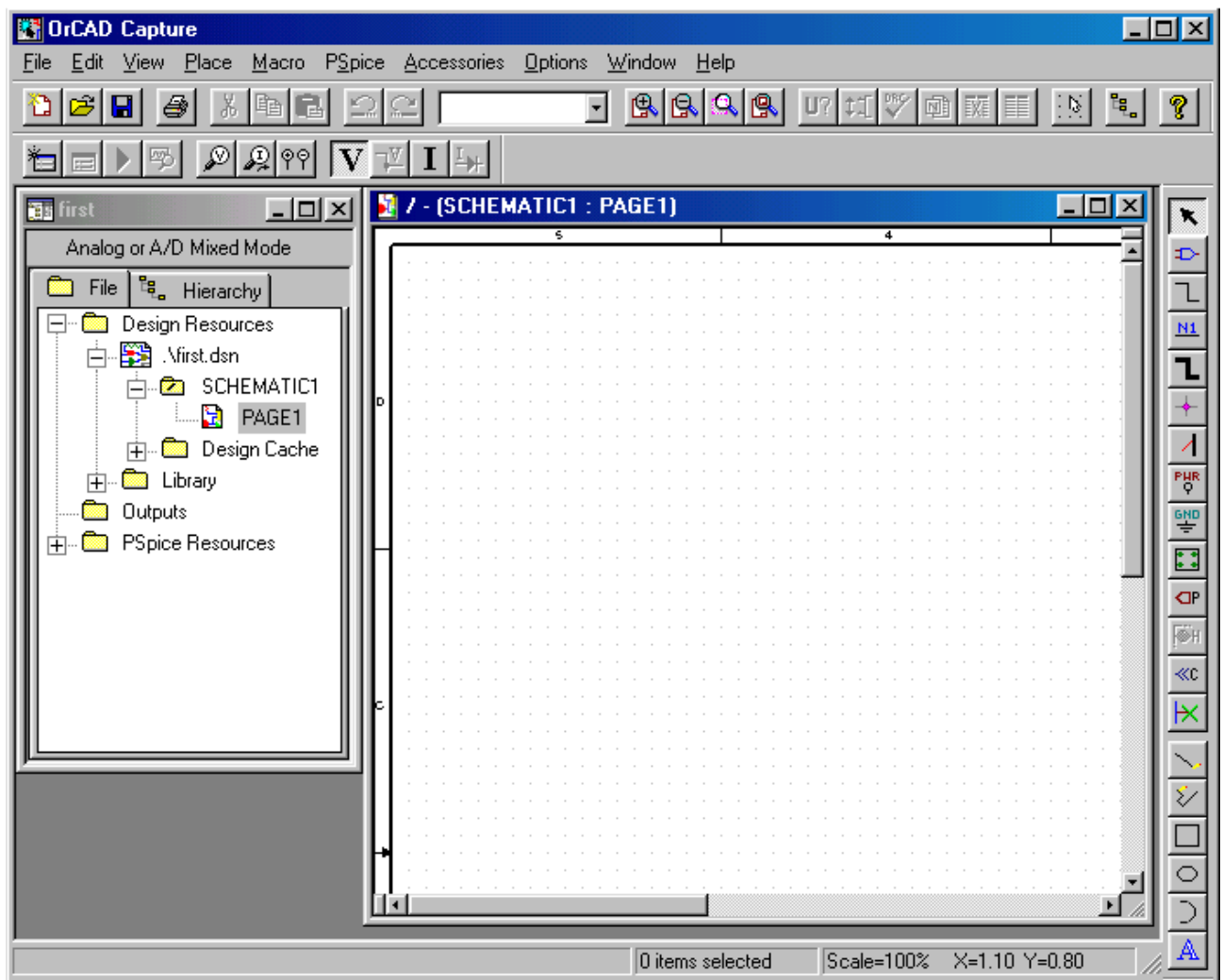


Рис.1.4. Стан екрану системи **OrCAD (Capture CIS)** в режимі побудови принципових схем

файлі конфігурації **Capture.ini** і ініціалізуються при кожному запуску програми **OrCAD Capture**; зміни цих параметрів вносяться у вже існуючі схеми;

- по команді **Design Template** задаються параметри схеми, встановлювані за замовчуванням при створенні всіх нових проектів (вони заносяться в розділ **[Design**

**Template]** файлу **Capture.ini**); зміни цих параметрів не вносяться у вже існуючі схеми, тому перед створенням нових схем має сенс переглянути і при необхідності змінити їх значення;

- по команді **Design Properties** або **Schematic Page Properties** задаються параметри індивідуальної поточної схеми.

Налаштування мають тривіальний вигляд, тому життєво необхідні Ви будете розглядати в ході всього курсу лабораторних робіт.

На цьому ми закінчимо розгляд налаштування конфігурації проекту.

## 1.2. Розміщення символів компонентів і електричних з'єднань

### Розміщення символів компонентів

Бібліотеки програми **Capture** містять у собі символи компонентів, джерел живлення і «землі». Ми з Вами вирішили, що побудову нашої системи почнемо з розміщення на схемі компонентів дешифратора (**74154**) і лічильника(**7493**).



Розміщення компонентів на схемі активізується шляхом натискання кнопки на панелі інструментів, або по команді меню **Place > Part**.

У діалоговому вікні цієї команди ([рис.1.5](#)) спочатку в списку **Libraries** вибирається ім'я однієї або декількох бібліотек, зміст яких відображається на панелі **Part** (для вибору декількох бібліотек, а за замовчуванням система сама вибирає їх усіх, натискається й утримується клавіша **[Ctrl]**). Після цього на панелі **Part** вибирається ім'я компонента, символ якого повинен бути поміщений на схему (якщо обрано кілька бібліотек, то після імені кожного компонента міститься символ / і потім ім'я бібліотеки). У розділі **Graphic** вибирається звичайне (**Normal**) або еквівалентне

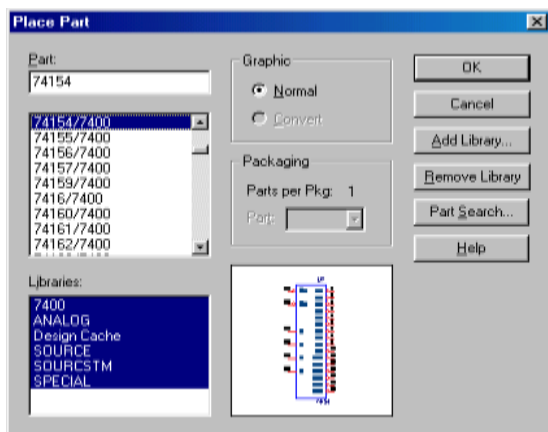


Рис.1.5. Діалогове вікно команди **Place Part**

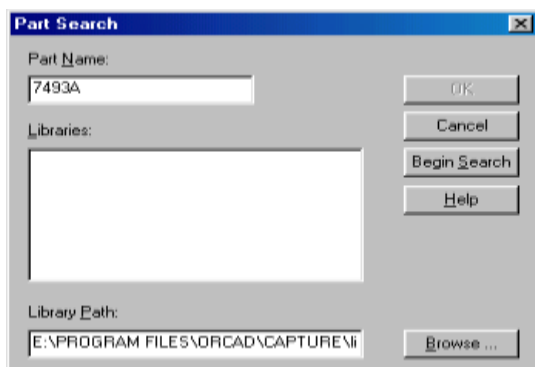


Рис.1.6. Діалогове вікно пошуку компонентів

зображення логічних компонентів у стилі **DeMorgan (Convert)**. У розділі **Packaging** вказується номер секції компонента, після чого в розташованому нижче вікні виводиться зображення обраної секції компонента з номерами цоколювання його виводів (на рядку **Parts per Pkg** вказується загальна кількість секцій компонента).

Введіть ім'я компонента **74154**, внизу у списку система надасть Вам відповідні компоненти. Виберіть **74154/7400**. У вікні перегляду Ви можете спостерігати умовне графічне зображення (УГЗ) обраного компонента.

Натискання на кнопку **Add Library** відкриває діалогове вікно для додавання бібліотек у список **Libraries**,



натискання на кнопку **Remove Library** видаляє обрану бібліотеку зі списку. Кнопка **Part Search** призначена для пошуку конкретного компонента в бібліотеках зі списку **Libraries**. Після натискання на кнопку **OK** символ обраного компонента переноситься на схему. Рухом курсору компонент переміщується в потрібне місце схеми і фіксується натисканням лівої кнопки миші. Після цього на схему може бути розміщена ще одна копія цього ж символу. Для завершення введення обраного компонента натисніть праву кнопку миші й у спливаючому меню виберіть пункт **End Mode** або просто натисніть кнопку **Esc**.

Тепер необхідно помістити на схему УГЗ лічильника. Для цього знову відкриємо діалогове вікно **Place Part**. У вікні скористаємося кнопкою **Part Search**. Після натискання цієї кнопки, з'являється діалогове вікно **Part Search** (рис.1.6).

В поле **Part Name** введіть необхідний нам компонент (**7493A**). В поле **Library Path** задається шлях доступу до бібліотек, у яких необхідно зробити пошук компонента.

Натисніть кнопку **Begin Search**.

Всі знайдені компоненти відобразяться у вікні **Libraries**. Виділіть потрібний компонент і натисніть кнопку **OK**. Ви повернетеся у вікно **Place Part**, але при цьому вже в списку **Part** буде виділений знайдений компонент. Встановіть знайдений компонент на принципову схему.

Після розміщення останнього компонента, виберіть один з компонентів і натисніть праву кнопку маніпулятора.

Натискання правої кнопки миші відкриває спливаюче меню, у якому дублюються команди основного меню для обертання (**Rotate**), дзеркального відображення (**Mirror**), зміни масштабу зображення (**Zoom**), редагування параметрів компонента (**Edit Properties**), розкриття ієрархії і закриття ієрархії (відповідно **Descent** і **Ascent Hierarchy**). Завершення розміщення на схемі символу обраного компонента робиться після вибору в цьому меню команди **End Mode** або натискання на клавішу **Esc**.

*Якщо, не перериваючи режиму розміщення символів компонентів на схемі, в спливаючому меню на [рис.1.7](#) вибрати команду **Edit Properties**, виводиться діалогове вікно редагування параметрів поточного символу. Але це нам поки що не потрібно, тому не будемо відволікатися, йдемо далі.*

Вставку компонентів Ви виконали. Тепер необхідно проставити позиційні позначення (правильно). Система **OrCAD** у режимі введення проставляє по порядку номери розміщених Вами компонентів. Для простановки позиційних позначень існують спеціальні засоби.

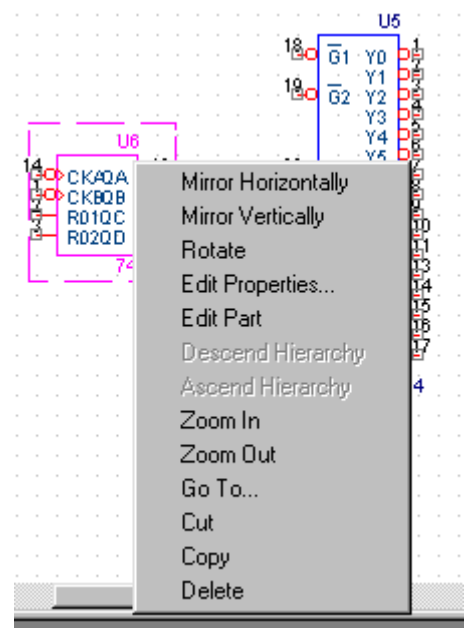


Рис.1.7. Спливаюче меню (виділили компонент **7493A** і натиснули праву кнопку миші)

### Проставлення позиційних позначень компонентів

Позиційні позначення компонентів (**Part Reference**) і номери секцій (**Designator**) можуть вказуватися вручну або при введенні компонентів, або при редагуванні їхніх параметрів.

В **автоматичному режимі** позиційні позначення компонентів і упакування секцій компонентів у корпуси проставляються на схемі по команді **Tools>Annotate** менеджера проектів або натисканням на відповідну кнопку. У системі **OrCAD** набір пунктів меню залежить від поточного об'єкта редагування. При редагуванні принципової схеми Вам не доступні команди для проставлення позиційних позначень. Для одержання доступу до них Вам необхідно перейти в менеджер проектів і виділити пункт **Design** проекту. У нашому випадку це буде виглядати як показано на [рис.1.8](#).

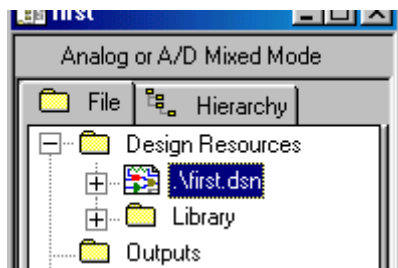


Рис.1.8. Одержання доступу до меню

Натисніть на кнопку.

Діалогове вікно цієї команди приведене на [рис.1.9](#). Для початку скинемо проставлені позиційні позначення. Для цього встановіть прапорець **Reset part references to “?”**, а потім **OK**. Повторіть команду **Tools>Annotate**. Встановіть прапорець **Incremental reference update** (стан інших прапорців залишіть запропонованим за замовчуванням) і **OK**.

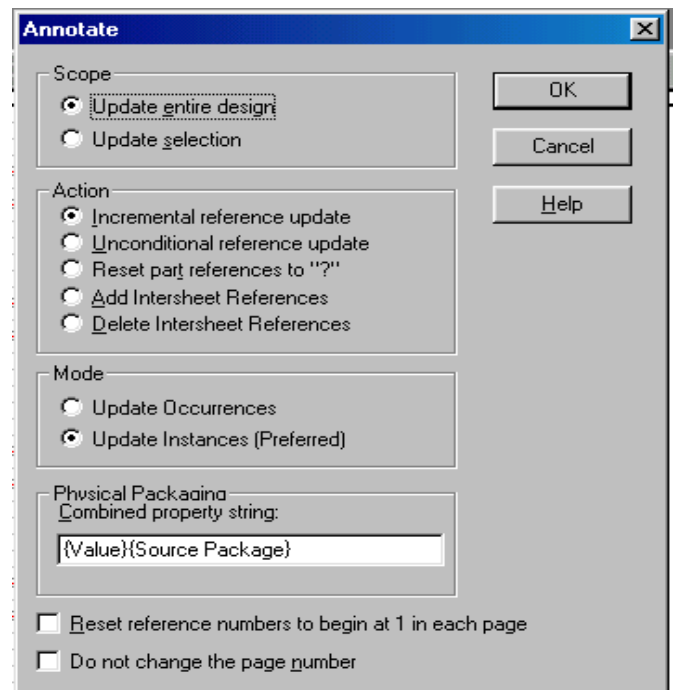


Рис.1.9. Діалогове вікно команди позиційних позначень

*Проставлення позиційних позначень здійснюється зліва направо і зверху вниз. Це так повинно бути, але насправді, як показує практика, система виконує проставлення позиційних позначень відповідно порядку введення компонентів на принципову схему.*

В **ручному режимі** Вам необхідно виділити секцію позиційного позначення УГЗ. Потім, або зробити на виділеному подвійне натискання мишею, або натиснувши праву кнопку миші, у спливаючому меню вибрати пункт **Edit Properties**. У діалоговому вікні **Display Properties** у поле **Value** – ввести необхідне позиційне позначення. Цим Ви займетеся пізніше.

Ну а тепер, нарешті ☺, розміщення електричних з'єднань.

### Розміщення електричних з'єднань

Провідники кіл розміщуються по команді **Place>Wire** (натисканням комбінації клавіш **[Shift]+W** або натисканням на відповідну кнопку панелі інструментів). Початок введення кола відзначається клацанням лівої кнопки миші, після чого курсор змінює свою форму, здобуваючи вид хреста. Коло прокладається рухами курсору.



Кожен злам провідника фіксується клацанням лівої кнопки миші. Таким чином, у колі можна виконати ортогональні злами під кутами, кратними 90°. Введення провідника під довільним кутом робиться при натиснутій клавіші **Shift**. Введення поточного кола завершується, якщо його кінець збігається з виводом компонента або будь-якою крапкою іншого кола. Примусове завершення введення кола виконується подвійним натисканням лівої кнопки миші, після чого можна прокласти інший провідник. Режим введення кіл завершується натисканням клавіші **Esc** або вибором рядка **End Wire** у спливаючому меню, що відкривається натисканням правої кнопки миші.

Проведемо з'єднання між компонентами: лічильником і дешифратором, як показано на [рис.1.10](#). Так до місця ☺, буде і питання:

*Поясніть, будь ласка, схемотехніку приведенного з'єднання лічильника і дешифратора.*

Якщо кола починаються або закінчуються в будь-якій точці сегмента іншого провідника або на виводі компонента, між ними встановлюється електричне з'єднання. Ознакою приєднання кола до виводу є зміна його форми – провалля квадратики на його кінці ([рис.1.11](#):

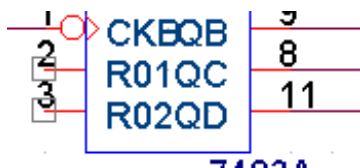


Рис.1.11. З'єднані та не з'єднані виводи


Рис.1.10. З'єднання лічильника та дешифратора

порівняйте виводи 2, 3 і 8,11). Пересічні сегменти провідників не з'єднуються один з одним. Їхнє з'єднання виконується подвійно:

- при прокладці провідника, що перетинає, потрібно зупинитися в точці з'єднання і двічі натиснути лівою кнопкою миші – у результаті точка з'єднання буде позначена спеціальною точкою (junction);

- для з'єднання пересічних провідників курсор встановлюється в точку перетинання і виконується команда **Place> Junction** (натискається комбінація клавіш **[Shift]+J** або кнопка на панелі інструментів); для скасування електричного з'єднання необхідно поверх точки з'єднання розмістити іншу таку ж точку. Якщо при розміщенні компонентів на схемі один або кілька виводів стикаються, між ними встановлюється електричне з'єднання, і якщо потім ці компоненти розсунути, автоматично прокладається провідник.

Якщо при переміщенні компонента або фрагмента схеми замикається ряд кіл, то виводиться попереджуваче повідомлення і замкнуті кола висвічуються. Для скасування цього переміщення необхідно натиснути на кнопку **OK** і потім виконати команду **Edit>Undo Move**. Переміщення кіл без обліку їхніх електричних з'єднань робиться при натиснутій клавіші **Alt**.

При розміщенні кіл їм автоматично привласнюються системні *імена*, наприклад **N01049**, які неможливо змінити. Однак у списки з'єднань заносяться так звані псевдоніми (**Alias**) кіл, які для обраного кола визначаються по команді **Place>Net Alias**, ініціюємої також натисканням комбінації **[Shift]+N** або натисканням  на кнопку панелі інструментів.

Кожне коло може мати кілька псевдонімів, з яких у таблиці **Properties** вибирається поточний псевдонім, що і використовується при складанні списку з'єднань.

На схемі провідники зображуються лініями стандартної ширини 0,2 мм при масштабі 1:1 (змінити цю величину, на жаль, не можна). Лініями такої ж ширини зображуються лінії контурів символів компонентів і їхні виводи.

### Розміщення ліній групового зв'язку (шин)

Лінії групового зв'язку (шини) вводяться по команді **Place>Bus** ( **[Shift]+B** або натисканням на кнопку панелі інструментів). На схемі вони зображуються більш широкими лініями, ніж провідники.

Відводи окремих кіл, нахилені під кутом 45°, вводяться в шину по команді **Place>Bus Entry** ( **[Shift]+E** або натисканням на кнопку) по тим же правилам, що й окремі кола.

При цьому зручно копіювати сегменти кіл, перетаскуючи їх при натиснутій клавіші **[Ctrl]** і зберігаючи вихідний об'єкт незмінним. Імена (псевдоніми) шин і вхідних у їхній склад провідників надаються по команді **Place>Net Alias**, причому при проставленні імен окремих кіл їхні номери, пропоновані в діалоговому вікні команди, автоматично збільшуються на одиницю, наприклад, **OUT1**, **OUT2**, **OUT3**, **OUT4** ... **OUT16**... Ім'я шини, що складається з цих провідників, записується у форматі: **OUT[1..16]**.

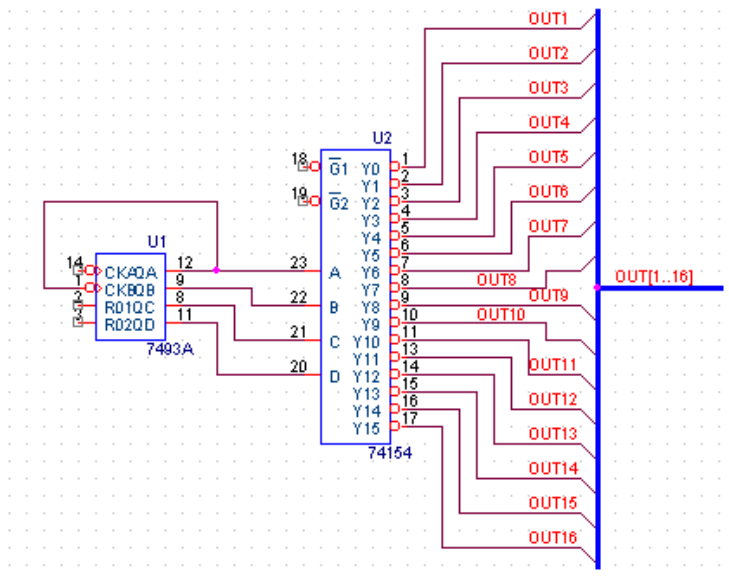


Рис.1.12. Ось такий результат з'єднань

На схемі шини зображуються лініями стандартної ширини 0,8 мм (при масштабі 1:1).

За допомогою команди **Place>Bus** побудуйте шину ([рис.1.12](#)), потім введіть входу в шину **Place>Bus Entry** і за допомогою **[Shift]+W** з'єднайте їх з відповідними виводами дешифратора ([рис.1.12](#)). Тепер необхідно за допомогою команди **Place>Net Alias** проставити назви відповідних провідників шини (псевдоніми). Результати Ваших „потуг” повинні виглядати, природно, як показано на [рис.1.12](#).

У Вас вийшло? Відмінно, рухаємося далі. Шину Ви побудували, тепер необхідно додати тільки зв'язок Вашої системи із зовнішнім світом. Для цього в системі **OrCAD** при проектуванні (з наступним моделюванням) використовуються, так звані, ієрархічні порти.

Проставлення портів здійснюється за допомогою команди **Place>Hierarchical Port** або натисканням кнопки панелі інструментів.

Отже, вводимо: натисніть на кнопку, далі Ви, звичайно ж, потрапляєте у вже знайоме ☺ діалогове вікно. Виберіть **PORTNO-L**. Встановіть компонент на схему як показано на [рис.1.13](#) (спочатку позначаємо вихідні кола: до вхідних нам ще далеко ☺). Натисніть Esc для скасування режиму вставки компонента. Після цього виділіть



Рис.1.13. Конект з зовнішнім світом ©

**PORTNO-L**, потім, натиснувши праву кнопку миші, з спливаючого меню виберіть **Edit Properties** і в діалоговому вікні **Display Properties** у полі **Value** введіть значення **OUT[1..16]** – так Ви приєднали порт до шини. Натисніть **OK**, діалог закриється і Ви побачите, що з'єднання відбулося – пропав квадратик на виводі порту.

*Потрапити в діалогове вікно **Display Properties** можна також у такий спосіб: виділіть назву компонента **PORTNO-L** і зробіть подвійне клацання лівою кнопкою миші.*

Все: з підготовкою нашої системи закінчено. Нарешті Ви підійшли впритул до нашої цікавої проблеми – побудови схеми тактового генератора.

Генератори відрізняються за формою генеруємих коливань (гармонійні генератори, генератори імпульсів, генератори прямокутних імпульсів, генератори пилкоподібних сигналів і т.д.), за параметрами формованих сигналів (зокрема, частоті коливань, тривалості імпульсу, амплітуді і полярності сигналу і т.д.), а також за параметрами реалізації самих генераторів (точність частоти, точність встановлення частоти сигналу, стабільність частоти, можливість підлаштування частоти, можливість одержання модульованого сигналу), за схемами побудови генератора. Як конструкторів цифрової електронної апаратури, Вас повинні цікавити генератори прямокутних імпульсів. Для одержання прямокутних імпульсів високої частоти і стабільності застосовуються **LC-генератори** і **генератори на кварцових резонаторах**. Але в навчальних цілях (для кращого розуміння особливостей розрахунку генераторів і для спрощення розрахунку) розглянемо наступну схему **RC-генератора** на інверторах.

Складності, що виникають при розрахунку генераторів, полягають у тому, що у генератора відсутній початковий стан, тому при проведенні розрахунку в часовій області необхідно визначити з якого стану почнеться розрахунок. Для **RC-генератора** параметри генеруємого сигналу визначаються часом заряду і розряду конденсатора (якщо конденсаторів кілька, то і зрушеннями фаз).

Формула розряду конденсатора:  $U = Um \cdot \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$ .

Формула заряду конденсатора:  $U = Um \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right)$ .

(RC) – має назву, як Ви знаєте, постійної часу кола. Вона визначає час, протягом якого сигнал зміниться в **e** раз (приблизно до 37% при розряді конденсатора, до 67% при заряді).

При розрахунку параметрів генеруємого сигналу також необхідно врахувати пороги перемикавання логічних елементів і час перемикавання (якщо він досить великий, і його варто врахувати).

На цьому коротку теоретичну частину закінчимо. Ми скористаємося схемою автогенератора, приведеною в довіднику [1, стор.51], з наступними параметрами часозадаючих компонентів: **R = 210 Ом; C = 1200 пФ**.

Схемотехнічно виконаємо принципову схему тактового генератора у вигляді окремого блоку, таким чином, ми уніфікуємо нашу з Вами принципову схему всієї системи в цілому. Іншими словами, помістимо автогенератор у «чорну» шухляду, яка буде мати тільки керуючий вхід **RESET** і виходи з двома частотами генерації.

Для побудови «чорної шухляди» автогенератора скористаємося засобами, наданими системою **OrCAD**. Спочатку в нашому проєкті ми зробимо деяку реорганізацію. Зайдіть у менеджер проєктів і за допомогою відомих Вам команд ☺ змініть ім'я схеми **SHEMATIC1** на **System\_Decoder**.

### 1.3. Ієрархічні блоки

Будь який фрагмент схеми можна оформити у вигляді ієрархічного блоку, символ якого являє собою прямокутник, і потім розмістити його на схемі, що дозволяє зменшити її розміри. Інше застосування ієрархічних блоків – представлення з їхньою допомогою повторюваних фрагментів схем: різних фільтрів, підсилювачів, випрямувачів, суматорів і т.п. Ієрархічний блок розміщується на схемі по команді



**Place>Hierarchical Block** або натисканням на кнопку панелі інструментів. На [рис.1.14](#) представлено діалогове вікно цієї команди, що має наступні панелі:

**Reference** – позиційне позначення ієрархічного блоку: введіть **B1**;

**Implementation Type** – тип ієрархічного блоку: виберіть **Schematic View**;

**Implementation name** – ім'я ієрархічного блоку: введіть **OSC**;

**Path and filename** – повне ім'я файлу, у якому знаходиться опис ієрархічного блоку (не вказується, якщо файл розміщується в каталозі поточного проєкту, у цьому випадку у якості імені його папки приймається ім'я ієрархічного блоку);

**Primitive** – тип блоку: залишіть запропоноване за замовчуванням значення **Default**;

**Default:** за замовчуванням блок вважається основним (**Primitive**), тобто не маючим внутрішньої ієрархії;

**User Properties** – відкриття діалогового вікна для введення додаткових параметрів блоку, або зміни існуючих.

Введіть значення полів діалогу як показано на [рис.1.14](#), натисніть кнопку **OK**.

Після закриття цього вікна, курсором на схемі наносяться прямокутні контури

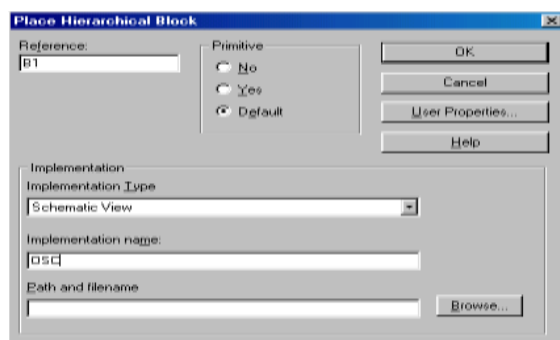


Рис.1.14. Діалогове вікно ієрархічного блоку

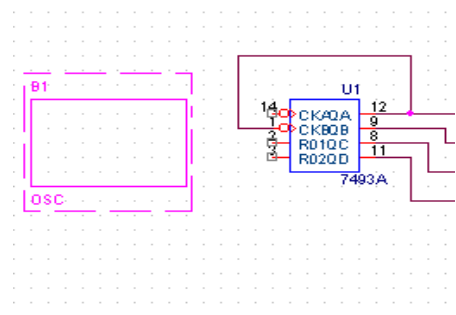


Рис.1.15. Вставлений ієрархічний блок

символу ієрархічного блоку ([рис.1.15](#)). В результаті виконання команди **Place>Hierarchical Block** автоматично створюється папка з зазначеним ім'ям (див. рядки **Implementation name, Path and filename** на [рис.1.14](#)). У цю папку необхідно помістити опис ієрархічного блоку у вигляді його схеми заміщення (якщо обрано тип блоку **Schematic View**) або текстового опису його моделі.

Після вставки ієрархічного блоку, по команді **Place>Hierarchical Pin** або натисканням на кнопку панелі інструментів розміщуються виводи цього блоку. У діалоговому вікні команди ([рис.1.16](#)) є наступні поля:

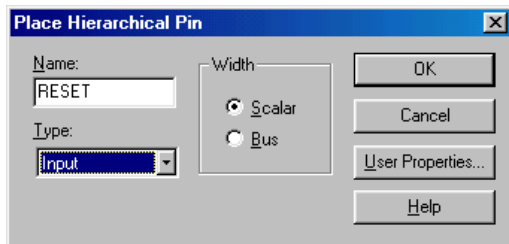


Рис.1.16. Вікно заповнення властивостей виводу ієрархічного блоку

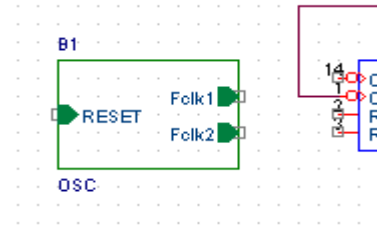


Рис.1.17. Проставлені виводи ієрархічного блоку

**Name** – ім'я виводу;

**Type** – тип виводу;

**Width** – розрядність виводу: однорозрядний (*scalar*), шина (*bus*);

**User Properties** – визначення додаткових властивостей виводів.

Після натискання кнопки **OK** система пропонує вказати місце розташування виводу в блоці (візуально). Виберіть місце як вказано на [рис.1.17](#) і вставте вивід з ім'ям **RESET**. Скасуйте режим вставки, натиснувши кнопку **Esc**. У разі надання нумерованих імен система автоматично інкрементує значення попереднього номера виводу. У нашому випадку це виводи **Fclk1** і **Fclk2**.

При необхідності введені виводи можна відредагувати. Для цього виділіть ієрархічний блок і натисніть праву кнопку миші, у спливаючому меню виберіть рядок **Edit Property**. В діалоговому вікні **Property Editor** переключіться на вкладку **Pins** ([рис.1.18](#)). В даному вікні Ви можете додати нову властивість (кнопка **New**), видалити її (**Delete Property**), застосувати свої зміни (**Apply**), задати параметри візуалізації виділеної властивості в діалоговому вікні, що викликається кнопкою **Display**. Крім цього, Ви можете відфільтрувати представлені властивості компонента (**Filter by**): для кожного редактора в системі **OrCAD** є свої властивості, за замовчуванням встановлена опція **All**. Відфільтруйте властивості виводів для редактора **Capture**:

**Name** – ім'я виводу;

**Number** – номер виводу (у нашому випадку ця властивість не актуальна);

**Net Name** – ця властивість вказує до якого кола підключений даний вивід;

**Type** – тип виводу;

**Is No Connect** – ця властивість дозволяє примусово вказати, що даний вивід не приєднаний.

Виділіть створений ієрархічний блок і введіть команду **View>Descend Hierarchy** або натисніть **[Shift]+D**. Вам запропонують створити нову сторінку: введіть ім'я **OSC**. Після натискання **OK**, буде створена нова папка в менеджері проектів, а в ній – нова сторінка з ім'ям **OSC**. Коли Ви відкриєте цю сторінку (автоматично ця сторінка відкривається відразу ж після створення), то побачите, що на ній присутні вже готові порти.



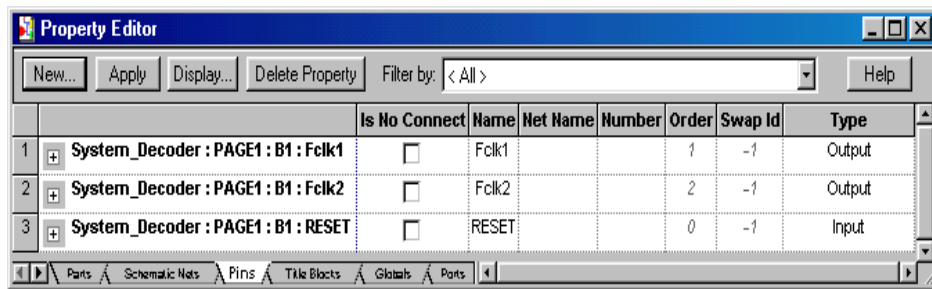


Рис.1.18. Вікно редагування виводів блоку

Отже, ми з'ясували, що схема генератора розкривається по команді **Descend Hierarchy** ( [Shift]+D ), а закриття схеми генератора і повернення в схему його розміщення виконується по команді **Ascend Hierarchy** ( [Shift]+A ).

### 1.4. Побудова принципової схеми тактового генератора

Перейдіть на сторінку **OSC**. Розмістіть за допомогою команди [Shift]+P (або відповідної команди меню, або натисніть на відповідну кнопку панелі інструментів), як показано на [рис.1.22](#): **7405**(ЛН1 - 1), **7493A**(ІЕ5 - 1), **7414**(ТЛ2 - 3), і, звичайно ж, резистор і конденсатор (для загального розвитку почитайте, будь ласка, абзац «*На замітку*», наступна сторінка ☺).

*Мікросхема 7414 складається з чотирьох елементів тригерів Шмідта. Дайте відповідь, будь ласка, що це таке ☺.*

При розміщенні на схемі елемента **7405** Вам необхідно повернути його на 90°, для цього натисніть праву кнопку миші і у спливаючому меню виберіть пункт **Rotate**. Потім лівою кнопкою миші визначите місце вставки елемента.

Крім цього пункту меню, існує цілий ряд корисних речей ([рис.1.19](#)):

**End Mode** – закінчення режиму вставки елемента;

**Mirror Horizontally** – режим дзеркального відображення компонента по горизонталі;

**Mirror Vertically** – режим дзеркального відображення по вертикалі;

**Rotate** – поворот елемента на кут 90°;

**Edit Properties** – визначення властивостей компонента при його вставці. Скористаємося цією можливістю при вставці резисторів і конденсаторів ([рис.1.20](#)).

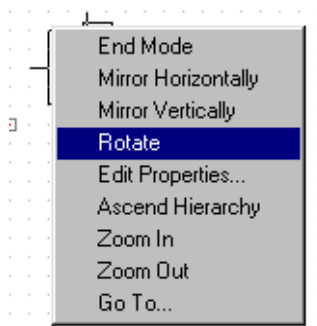


Рис. 1.19. Спливаюче меню

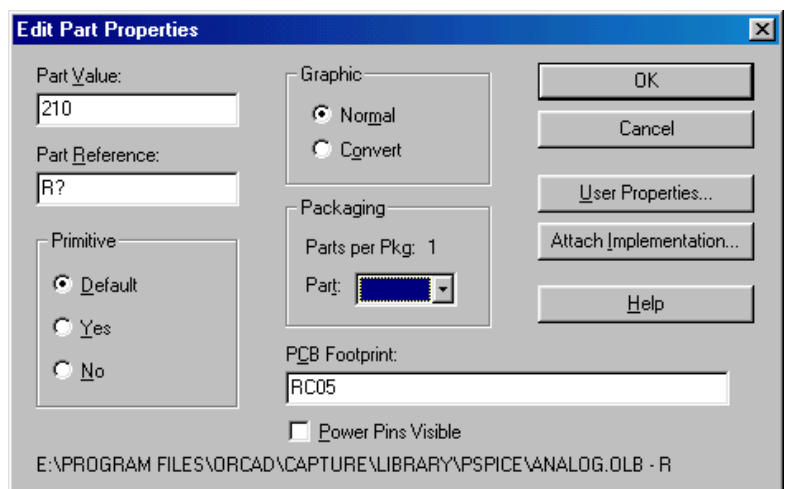


Рис.1.20. Діалогове вікно **Edit Part Properties**



**На замітку:** у редактора **Capture** системи **OrCAD** є чудова властивість: всі розміщені Вами компоненти він заносить у внутрішній кеш **Design Cache**. Очистити його можна шляхом **Design>Cleanup Cache**, але цього робити не варто. Кеш дозволяє додавати компоненти, не користуючись послугами діалогу **Place Part** (рис.1.5). Для цього на панелі інструментів редактора **Capture** використайте випадаючий список, у якому знаходяться 10 найбільш вживаних компонентів (рис.1.21.)

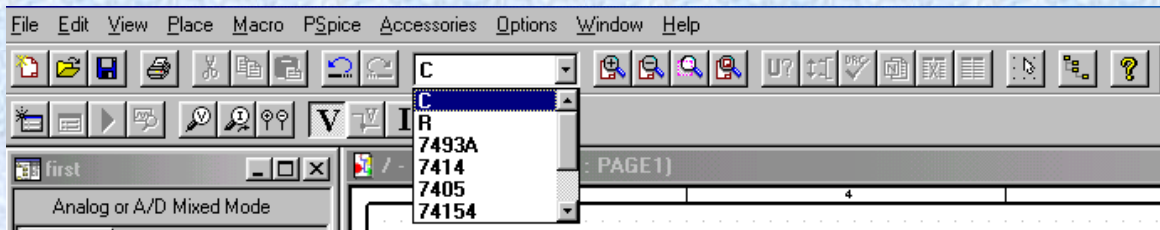


Рис.1.21. Список компонентів

У цьому вікні (рис.1.20) виводиться інформація про властивості бібліотечного компонента. Деякі властивості недоступні для редагування. Розглянемо деякі з них. У полі **Part Value** задається номінал елемента. У полі **Part Reference** вказується позначення (номер) компонента в схемі; це поле краще не модифікувати – **OrCAD** робить нумерацію елементів автоматично.

*Скасувати автоматичне проставлення позиційних позначень компонентів Ви можете, виконавши команду **Options>Preferences**. У діалоговому вікні перейдіть на вкладку **Miscellaneous**, скиньте у полі **Auto Reference** прапор **Automatically reference placed parts**.*

Групи властивостей: **Primitive** (з цим поняттям Ви вже знайомі), **Graphic**, **Packaging** (вказує пакувальну інформацію компонента в корпус). Поле **PCB Footprint** задає ім'я прототипу корпусу елемента. Прапор **Power Pins Visible** задає видимість виводів живлення (в основному, цей прапор актуальний для мікросхем). Інші властивості даного діалогу Ви розглянете в подальшому при вивченні побудови бібліотечних компонентів.

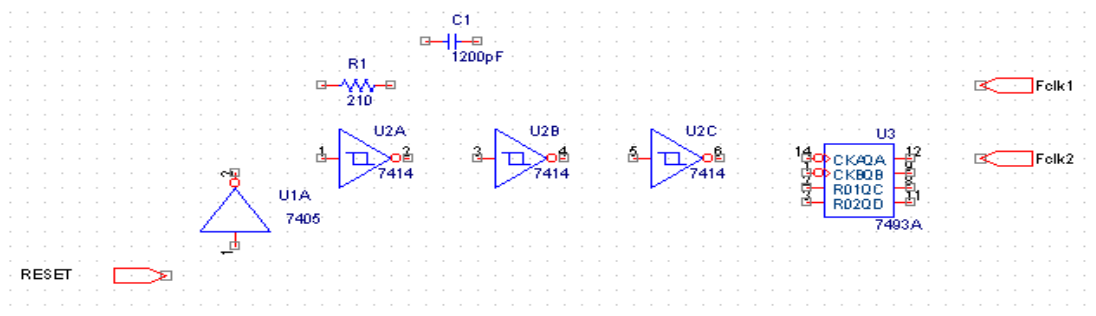


Рис.1.22. Такий вигляд має розміщення елементів на принциповій схемі генератора

**Go To...**(рис.1.19) – цей пункт меню призначений для переміщення в ту або іншу частину креслення. Не будемо відволікатись на цю можливість, познайомтеся з нею, будь ласка, самі.

При необхідності параметри компонента (наприклад, його позиційне позначення) можна змінити вже після вставки. Для цього необхідно виділити необхідний компонент і виконати команду **Edit>Properties** ( [Ctrl]-E ). У діалоговому

вікні **Property Editor** перейдіть на вкладинку **Parts** (рис.1.23). Значення **Reference** і **Designator** Вам уже знайомі, інші поля ми розглянемо пізніше.

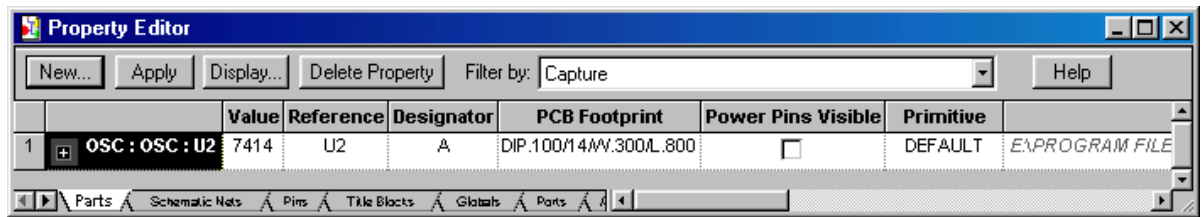


Рис.1.23. Вкладинка **Parts** діалогового вікна **Property Editor**

Ну і, звичайно ж, існує самий простий спосіб поміняти властивості компонента, що відображаються на екрані. Команда **Edit>Properties** чуттєва до контексту, тобто виводить інформацію як про виділений компонент у цілому, так і про його окремі виділені властивості.

*Як Ви вже помітили, не усі властивості компонента відображаються на екрані (для текстових властивостей у діалоговому вікні **Display Properties** у полі **Display Format** можна задати параметри відображення даної властивості).*

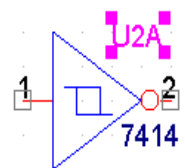


Рис.1.24. Виділяємо

Виділіть необхідний для зміни елемент зображення компонента, наприклад позиційне позначення (рис.1.24), і виконайте команду. Результат ви побачите самі ☺.

Компоненти на принципову схему тактового генератора Ви нанесли. Подивіться, будь ласка, у менеджері проекту на вкладку **Hierarchy** – як Ви помітили, структура нашої системи **System\_Decoder** значно ускладнилася.

Ну і нарешті, з'єднайте компоненти, як показано на рис.1.25.

Перейдіть на принципову схему нашої системи **System\_Decoder**. Як це робиться, крім як клацнути «мишею» на відповідному вікні, Ви вже знаєте ☺(згадайте команду).

Виконайте з'єднання як показано на рис.1.26. Тут Вам, звичайно ж, знадобляться нові компоненти. Розмістіть такі ж компоненти на своїх схемах.

Для реалізації необхідної функціональності, Вам необхідно визначитися з керуючими входами лічильника **U2(R01, R02)** і дешифратора **U1(G1L, G2L; “L” – рівень лог. «0»)**. З огляду на специфіку роботи даних компонентів (довідкові дані), нам

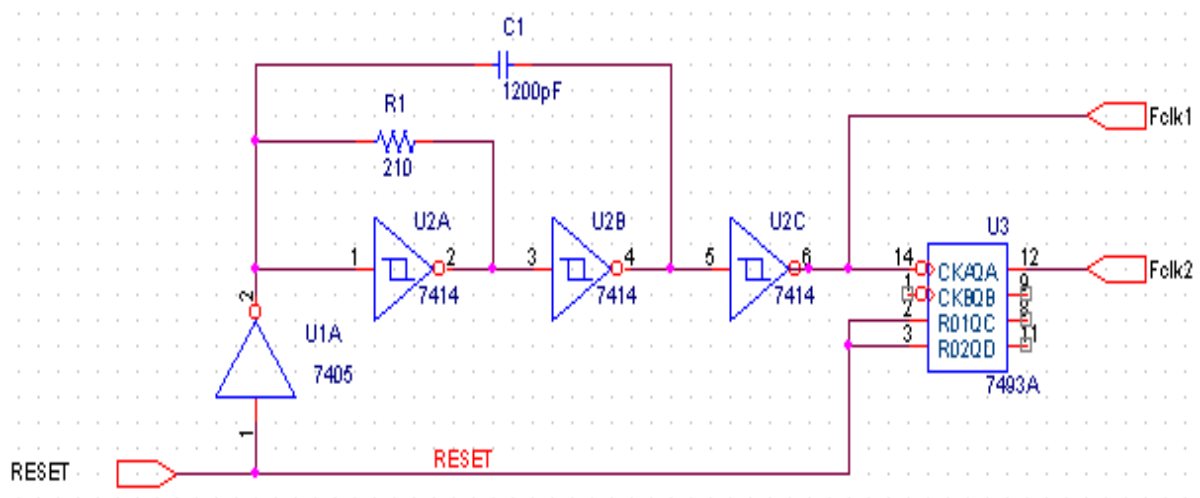


Рис.1.25. Тактовий генератор

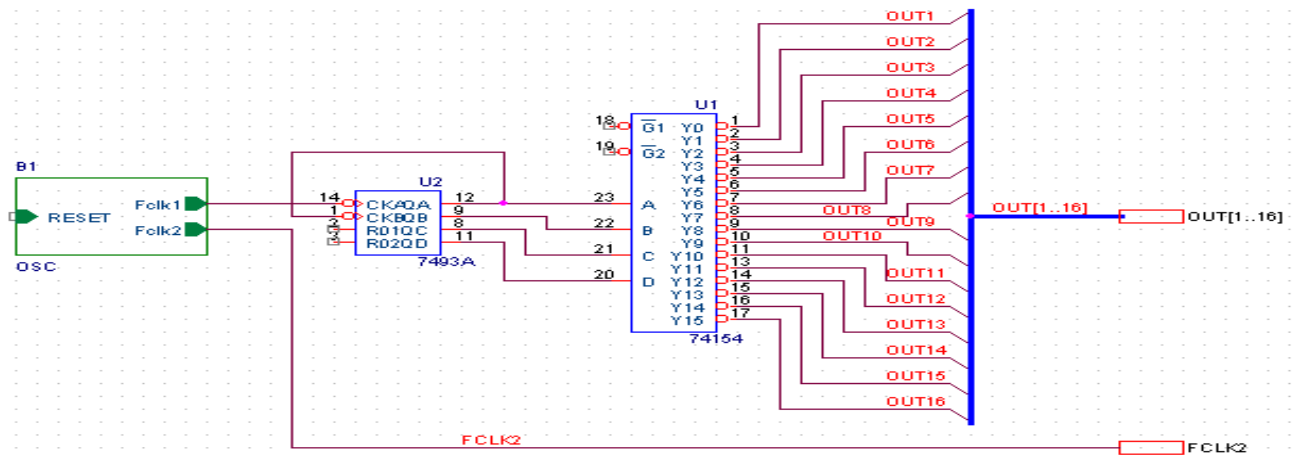


Рис.1.26. Такий результат має бути у Вас

необхідно подати на ці входи рівень логічного «0». Для подачі необхідних рівнів у системі **OrCAD** існують спеціальні компоненти.

Виконайте команду **Place»Power...(Ground...)** або **[Shift]-F(G)** (або натисніть на відповідну кнопку панелі інструментів). У діалоговому вікні **Place Power (Ground)** система запропонує вибрати необхідний компонент. Натисніть кнопку **PWR** і розмістіть компонент **\$D\_LO/SOURCE**. Виконайте з'єднання як показано на [рис.1.27](#).

Без уваги в процесі проектування нашої системи залишився тільки вхід **RESET** блоку тактового генератора. Вхід **RESET**, як має підказувати Ваше почуття конструктора ☺, використовується для дозволу роботи тактового генератора (керуючий сигнал **H – high**: «високий»). Крім цієї функції, виконується встановлення всіх компонентів у початковий стан. Як Ви вже знаєте, після включення будь-якої системи, необхідний деякий час для проходження всіх перехідних процесів у її складових компонентах, щоб система була готова до роботи. Правильно, цей час називається **часом встановлення**. Таким чином, можна зробити висновки стосовно того, якими характеристиками має бути наділений сигнал, що подається на вхід **RESET**.

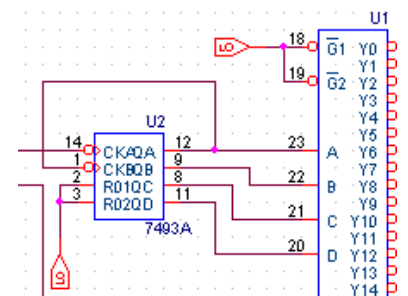





Рис.1.27. З проставленими «0»

У системі **OrCAD** є засоби, що дозволяють задати необхідну форму сигналу і його характеристики: у першу чергу – це бібліотечні компоненти, спрямовані на визначення характеристик сигналу як параметрів (тривалість імпульсу, тривалість його фронтів і т.д.) – бібліотека **SOURCE**. Існують також компоненти, що дозволяють сформувати сигнал за допомогою спеціального редактора, що входить у систему **OrCAD: Stimulus Editor**. Ці компоненти входять до складу бібліотеки **SOURCSTM**. До речі, у бібліотеці **SOURCE** також є такі компоненти, але вони ґрунтуються на файлах, збережених у редакторі сигналів (імена цих компонентів починаються на **FILE** і конкретно, якщо для редактора, то ще мають префікс **STM**).

На цьому закінчимо наш «ліричний відступ». Відкрийте діалогове вікно вставки компонентів **Place Part**, виділіть бібліотеку **SOURCSTM**, у полі **Part** Вам буде наданий список компонентів, що входять у цю бібліотеку. Основні компоненти представлені в табл.1.1.

Таблиця 1.1

Основні типи компонентів бібліотеки **SOURCSTM**

Ім'я, призначення	Символ
<b>DigStim(N)</b> – джерело цифрового сигналу. N – розрядність	
<b>ISTIM</b> – джерело струму	
<b>VSTIM</b> – джерело напруги	

Виберіть **DigStim1** і розмістіть його на схемі як показано на [рис.1.28](#). Виконайте приєднання. Я, звичайно ж, не нагадую Вам як це потрібно робити, адже Ви це вже знаєте ☺.

Компонент Ви помістили на схему, тепер необхідно задати форму сигналу і його часові параметри. Це виконується за допомогою редактора **Stimulus Editor**. Для його виклику Вам необхідно виділити компонент **DSTM1** і виконати команду **Edit>PSpice Stimulus**, розгляд роботи цього редактора ми виконаємо на наступній лабораторній роботі.

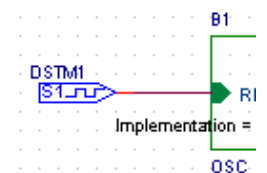


Рис.1.28. Приєднане джерело

Таким чином, Ви завершили побудову принципової схеми нашої системи. На цій високій ноті ми завершимо з Вами нашу першу лабораторну роботу.

Залишилося тепер тільки зберегти проект. Збережіть його. Це Ви, я сподіваюся, вмієте. Врахуйте лише ту особливість, що при збереженні проекту і всього його змісту, необхідно перейти у вікно менеджера проекту, при необхідності натиснувши на відповідну кнопку панелі інструментів.

До самого цікавого, моделювання нашої системи, Вам залишилося зовсім небагато: розглянути редактор **Stimulus Editor**, підготувати схему до моделювання (проставити правильно позиційні позначення, виправити помилки,...). На сьогодні все ..., звичайно ж, з теорії, ну а тепер: завдання.

### Завдання

Що необхідно вміти і знати.

1. Вміти відповісти на всі питання, що зустрічаються в лабораторній роботі.
2. Виконувати основні операції:
  - а) вставка компонентів;
  - б) з'єднання (провідники, побудова шин);
  - в) створення ієрархічних блоків;
  - г) позиційні позначення і інші інструменти, розглянуті в даній лабораторній роботі.
3. Основні поняття про використовувані цифрові і пасивні компоненти (що таке «дешифратор», які бувають і т.д., час заряду, розряду конденсатора).
4. Лічильники.
5. Тактові генератори (досить знати в обсязі, описаному в даній лабораторній роботі).