

Тема:

**Сигнали. Побудова за допомогою
Stimulus Editor**

Мета роботи:

Вчимося будувати сигнали

Радий Вас вітати на черговій лабораторній роботі. На цій лабораторній роботі ми розглянемо з Вами принципи роботи з редактором сигналів **Stimulus Editor**, створимо необхідні сигнали для нашої системи. Дана лабораторна робота є необхідною ланкою для виконання наступних лабораторних робіт, тому будьте уважні, будь ласка. Передумови для виконання лабораторної роботи.

Отже, практичною задачею на цій лабораторній роботі буде створення сигналу **RESET** з визначеними часовими характеристиками. А характеристики наступні:

- початкове значення: логічна «1»;
- тривалість утримання початкового стану: 100 ns;
- після часу початкового стану встановлюється рівень логічного «0»;
- фронтами імпульсу зневажаємо.

Це представлено на [рис.2.1](#).

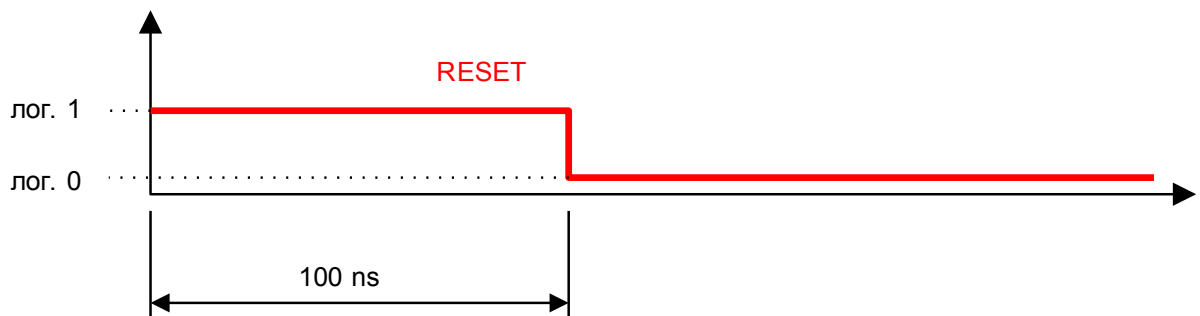


Рис.2.1. Такий вигляд має сигнал RESET

Ну і, звичайно ж, тут напрошується питання (само собою☺). Скажіть, будь ласка, які рівні логічної одиниці і нуля для ТТЛ логіки.

Перші кроки по лабораторній роботі

Відкрийте свої наробітки по першій лабораторній роботі, у якій Ви будували принципову схему системи. Перейдіть на головну сторінку **System_Decoder: PAGE1**, виділіть компонент **DSTM1** як показано на [рис.2.2](#).

Тепер задаємо необхідні параметри сигналу. Це виконується за допомогою редактора **Stimulus Editor**. Виконуємо команду **Edit>PSpice Stimulus**.

У результаті виконання цієї команди запускається редактор сигналів **Stimulus Editor**.

Розглянемо спочатку основні аспекти роботи з редактором у загальному випадку, потім відбудуємо необхідний нам сигнал. Оскільки ми будемо вчитися на практичних прикладах, то краще запустіть **Stimulus Editor** окремо, не за допомогою команди редактора **Capture**.

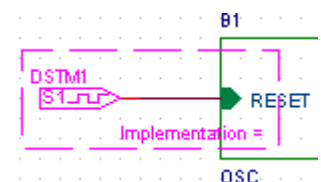


Рис.2.2. Виділений компонент

Основні аспекти роботи з редактором *Stimulus Editor*

2.1. Аналогові сигнали

З допомогою редактора створюються аналогові і цифрові сигнали, що подаються в графічному вигляді на екрані і записуються у файл (з розширенням імені *.stl) для підключення зовнішніх впливів до проектуємої схеми. Кожному сигналу надається унікальне ім'я. Підтримуються джерела аналогових сигналів наступних типів:

- гармонійне коливання;
- імпульсний сигнал;
- сигнал експонентної форми;
- сигнал із синусоїдальною частотною модуляцією;
- кусково-лінійний сигнал,

а також цифрові сигнали.

Цифрові сигнали мають вигляд періодичних сигналів і сигналів довільної форми. Кусково-лінійні аналогові сигнали і цифрові сигнали редагуються безпосередньо на екрані за допомогою курсору миші. Програма **Stimulus Editor** викликається автономно, або за допомогою команди **Edit>PSpice Stimulus** з меню редактора **Capture** у режимі редагування (генератори сигналів зображуються символами **ISTIM**, **VSTIM**, **DigStim**, **DigClock**, **FileStim** з бібліотек **Source.olb**, **Sourcstm.olb**).

Обговоримо основні етапи роботи з редактором сигналів. Спочатку по команді **File>New** створюється новий файл бібліотеки сигналів. Далі по команді **Stimulus>New** ([Alt] - N) на панелі, що відкрилася (рис.2.3), вибирається тип сигналу, а у рядку **Name** вказується його ім'я.

*У випадку, коли ми здійснили виклик з графічного редактора **Capture**, за замовчуванням створиться нове вікно редагування з ім'ям нашого проекту і автоматично відкриється діалогове вікно **New Stimulus**.*

Доступні типи сигналів:

- **EXP (exponential)** – сигнал експонентної форми;
- **PULSE** – імпульсний сигнал;
- **PWL (piecewise linear)** – кусково-лінійний сигнал;
- **SFFM (single-frequency FM)** – гармонійний сигнал із синусоїдальною частотною модуляцією;
- **Digital** – цифрові сигнали: синхроімпульси (**Clock**), одиночні сигнали (**Signal**), шина (**Bus**).

Розглянемо всі по черзі. Після вибору необхідного сигналу і його імені, а також натискання кнопки **OK**, відкривається діалогове вікно введення параметрів сигналу. Почнемо з аналогових сигналів.

Експонентний сигнал

Вікно введення параметрів даного типу сигналу представлено на [рис.2.4](#). Експонентна функція задається списком параметрів:

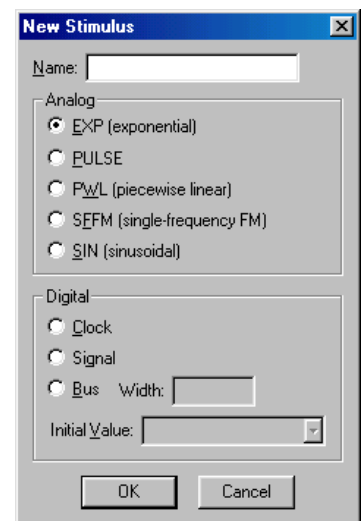


Рис.2.3. Вибір типу сигналу

Initial value – початкове значення (y_1);
Peak value – максимальне значення (y_2);
Rise (fall) delay (sec) – початок переднього фронту (T_d), с;
Rise (fall) time constant (sec) – постійна часу переднього фронту (t_{cr}), с;
Fall (rise) delay (sec) – початок заднього фронту (T_r), с;
Fall (rise) time constant (sec) – постійна часу заднього фронту (t_{fr}), с.
 Функція описується виразом:

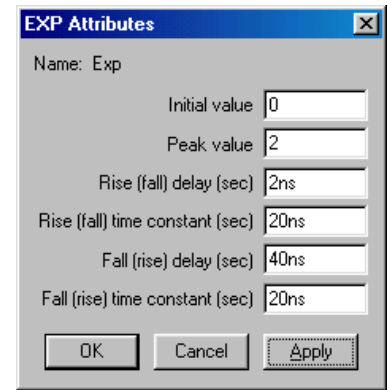


Рис.2.4. Параметри EXP

$$y(t) = \begin{cases} y_1 & \text{при } 0 < t < T_d \\ y_1 + (y_2 - y_1)\{1 - \exp[-(t - T_d)/t_{cr}]\} & \text{при } T_d < t < T_r; \\ y_1 + (y_2 - y_1)\{1 - \exp[-(t - T_d)/t_{cr}] - 1 + \exp[-(t - T_r)/t_{fr}]\} & \text{при } T_r < t < \text{STOP} \end{cases}$$

STOP – час моделювання

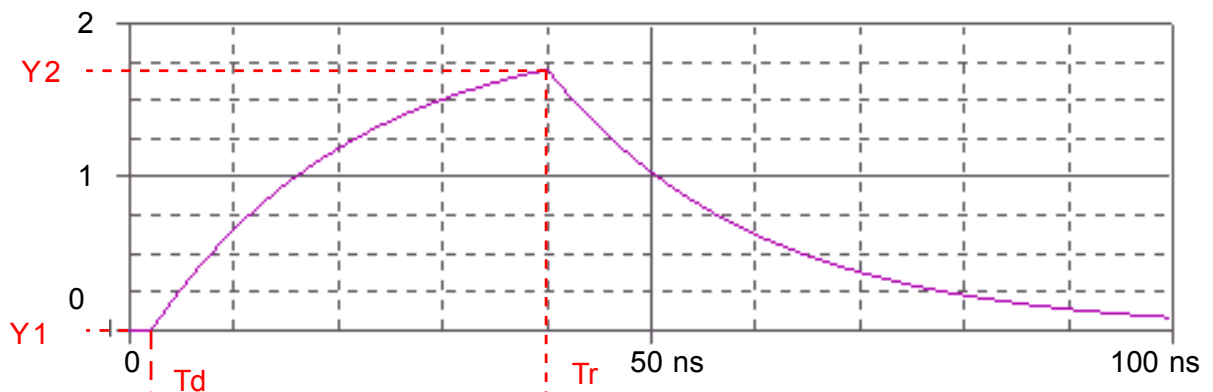


Рис.2.5. Приклад сигналу експонентної форми

Введіть у якості параметрів значення як показано на [рис.2.4](#). Натисніть кнопку **Apply**. В результаті буде відбудований сигнал, показаний на [рис.2.5](#).

Подивились і переконались як це буває просто. Тепер далі... Натисніть у діалозі **EXP Attributes** кнопку **Cancel**.

Імпульсний сигнал

Вікно введення параметрів даного типу сигналу представлено на [рис.2.6](#).

Імпульсна функція задається списком параметрів:

Initial value – початкове значення (y_2);
Pulse value – максимальне значення (y_1);
Delay (sec) – початок переднього фронту (T_d), с;
Rise time (sec) – тривалість переднього фронту (T_r), с;
Fall time (sec) – тривалість заднього фронту (T_f), с;
Pulse width (sec) – тривалість плоскої частини імпульсу (t), с;
Period (sec) – період повторення (T), с.

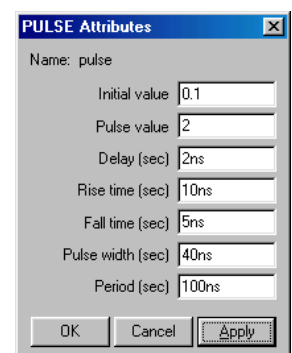


Рис.2.6. Параметри PULSE

Введіть у якості параметрів значення як показано на [рис.2.6](#). Натисніть кнопку **Apply**. В результаті буде відбудований сигнал, показаний на [рис.2.7](#). Далі... Натисніть у діалозі **PULSE Attributes** кнопку **Cancel**.

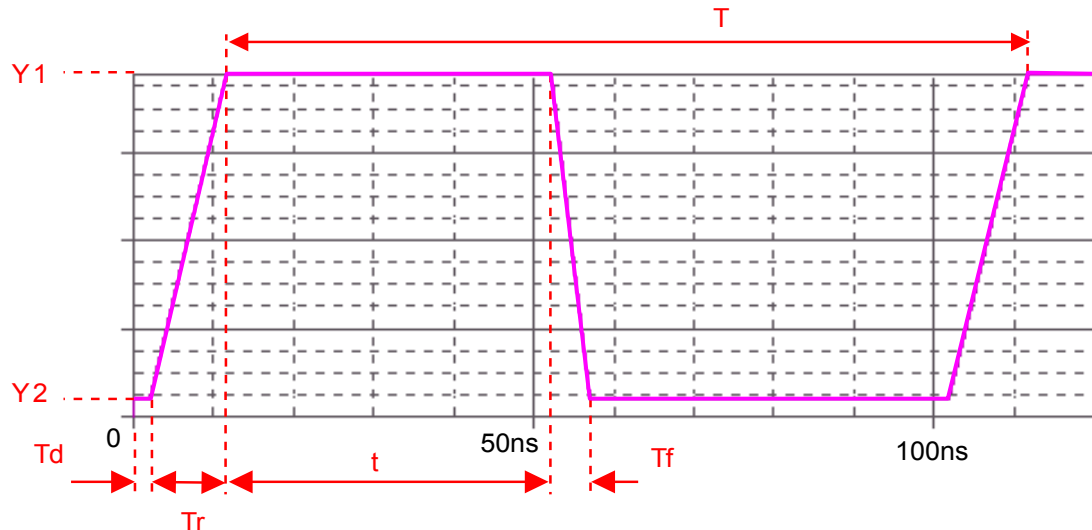


Рис.2.7. Приклад сигналу імпульсної форми

Кусково-лінійний сигнал

При виборі опції **PWL** у діалоговому вікні **New Stimulus**, редактор сигналів переходить відразу в режим редагування і «озброює» Вас курсором у вигляді «олівця». За допомогою цього інструменту Ви можете вказати необхідні точки для побудови сигналу визначеної форми ([рис.2.8](#)).

Білими квадратами зображуються обрані точки. Червоним зображується поточна точка. Знаходження введених точок можна модифікувати: натисніть ліву кнопку миші («олівця») на одному з білих квадратиків і не відпускаючи перемістіть «олівець», у результаті чого Ви можете домогтися нового положення виділеної точки.

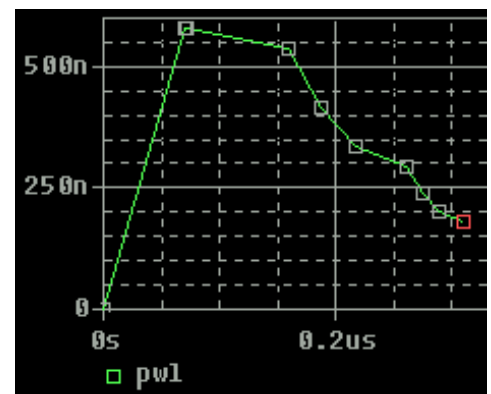


Рис.2.8. Сигнал PWL

Помітьте, однак, що спроби перенести точку в положення більше по часовому інтервалу від наступної крапки або менше по часовому інтервалу попередньої крапки, припиняються. Дайте відповідь, будь ласка, чому?



За замовчуванням перша точка будь-якого сигналу знаходиться в координатах 0,0 (по часовій шкалі і по шкалі амплітуди). Діапазон виведених значень діаграм налаштовується автоматично для найбільш точного і повного показу. Для зміни діапазону виводу виконайте команду **Plot>Axis Settings** або натисніть на відповідну кнопку панелі інструментів.

У діалоговому вікні **Axis Settings** (рис.2.9) Ви можете:

- у групі **Displayed Data Range** ввести обраний діапазон як по осі часу (**Time**) так і по осі Y (**Y Axis**), яка у більшості випадків використовується для амплітуди сигналу;
- у групі **Extent of the Scrolling Region** задати або автоматичний (**Auto Range**) або визначений самостійно (**User Defined**) діапазон скроллірування;
- у групі **Minimum Resolution** задати точність, з якою діаграма виводиться на екран (окремо по осі X і по осі Y).

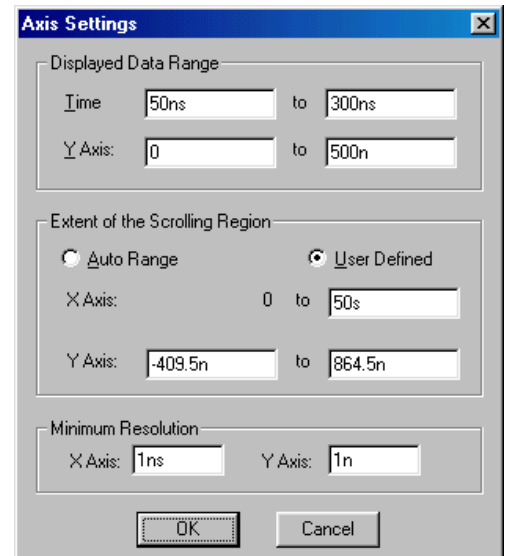


Рис.2.9. Діалогове вікно Axis Settings

Поекспериментуйте, будь ласка, з даними параметрами. І Ви отримаєте море усіляких відчуттів ☺.

За допомогою команди **Stimulus>Remove** ([Alt] - Del) видаліть Ваші експериментальні дані.

Тепер крокуємо далі...

Синусоїдальний сигнал

Вікно введення параметрів даного типу сигналу представлено на [рис.2.10](#).

Синусоїдальна функція задається списком параметрів:

Offset value – постійна складова (y_0);

Amplitude – амплітуда (y_a);

Frequency (Hz) – частота (f), Гц;

Time delay (sec) – затримка (t_d), с;

Damping factor (1/sec) – коефіцієнт загасання (d_f), 1/с;

Phase angle (degrees) – початкова фаза (ϕ), град.

Функція описується виразом:

$$y(t) = \begin{cases} y_0 + y_a \cdot \sin(2\pi\phi/360) & \text{при } 0 \leq t \leq t_d \\ y_0 + y_a \cdot \exp[-(t - t_d) \cdot d_f] \cdot \sin[2\pi f(t - t_d) + 2\pi\phi/360] & \text{при } t \geq t_d \end{cases}$$

Введіть у якості параметрів значення як показано на [рис.2.10](#). Натисніть кнопку **Apply**. В результаті буде відбудований сигнал, показаний на [рис.2.11](#).

Дайте, будь ласка, відповідь на питання: що ж це таке, коефіцієнт загасання сигналу.

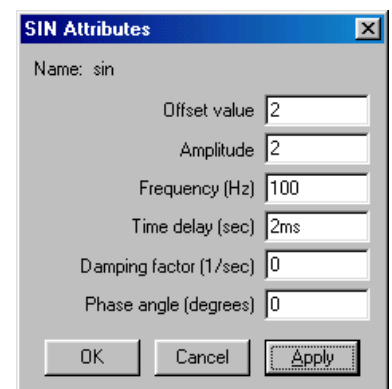


Рис.2.10. Параметри SIN

Подивились і переконались як це буває просто. Тепер далі... Натисніть у діалозі **SIN Attributes** кнопку **Cancel**.

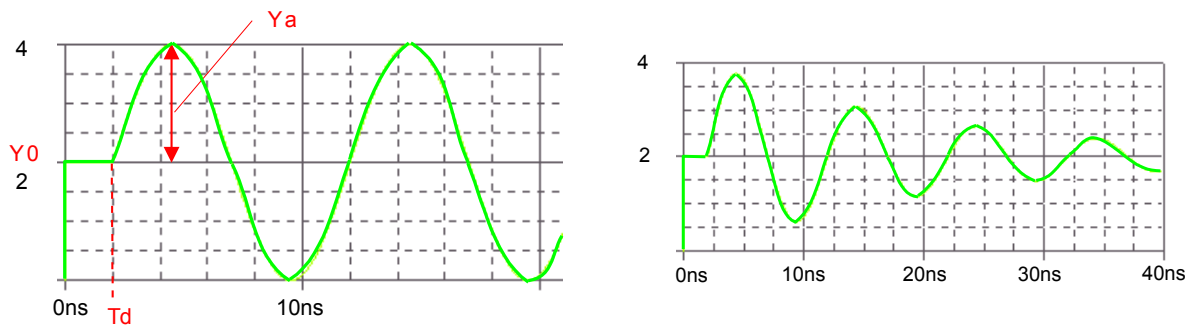
а) коефіцієнт затухання $d_f = 0$ б) коефіцієнт затухання $d_f = 50$

Рис.2.11. Приклад сигналу синусоїдальної форми

Синусоїдальний сигнал з частотною модуляцією

Вікно введення параметрів даного типу сигналу представлено на [рис.2.12](#).

Синусоїдальна функція сигналу з частотною модуляцією задається списком параметрів:

Offset value – постійна складова (y_0);

Amplitude – амплітуда (y_a);

Carrier frequency (Hz) – частота несучої (f_c), Гц;

Modulation index – індекс модуляції (m);

Modulation frequency (Hz) – частота модуляції (f_m), Гц.

Функція описується виразом:

$$y(t) = y_0 + y_a \cdot \sin[2\pi f_c t + m \cdot \sin(2\pi f_m t)]$$

Введіть у якості параметрів значення як показано на [рис.2.12](#). Натисніть кнопку **Apply**. Поекспериментуйте, будь ласка, із різними параметрами, щоб отримати «правильний» модульований сигнал, а також дайте відповідь на наступні питання:

1. Що таке індекс частотної модуляції?
2. Поясніть поняття «частотна модуляція».

Натисніть у діалозі **SFFM Attributes** кнопку **Cancel**.

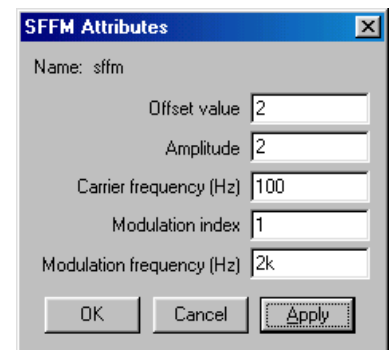


Рис.2.12. Параметри SFFM

При введенні аналогових сигналів Ви маєте можливість також проставляти свої мітки по команді **Tools>Label**. При цьому Вам доступні наступні види міток:

Text – введення тексту. Зміст тексту вводиться в спеціальному вікні за запрошенням "Enter text label" і, після натискання **Enter**, переноситься в необхідне місце на діаграмі за допомогою миші або функціональних клавіш.

Line – проведення відрізка лінії, що з'єднує дві точки, за запрошенням програми в рядку повідомлень "Place the cursor at the start of the line". При цьому точка вказується натисканням кнопки миші.

Poly-line – проведення ламаних ліній, заданих точками зламу. Введення таких об'єктів завершується натисканням **Esc**, і при виконанні команд зміщення і видалення вони сприймаються як єдине ціле.

Arrow – нанесення на графік відрізка лінії зі стрілкою на кінці. Точка прив'язки сполучена з початком відрізка, а стрілка переміщується разом з курсором до моменту фіксації.

Box – нанесення прямокутника по заданих точках протилежних кутів.

Circle – нанесення окружності по заданому центру і довільній точці на окружності.

Ellipse – нанесення еліпса з вказаними кутом його нахилу, точки центру і довжини великої і малої півосей. По запрошенню програми в командному рядку вводиться значення кута нахилу еліпса в градусах:

"Enter the inclination of the ellipse: 0"

Точкою прив'язки еліпса є його центр, відмічений за запрошенням **"Place the cursor at the center of the ellipse. Stretch the ellipse as necessary"**.

В результаті переміщення курсору в двох напрямках еліпс приймає необхідні розміри.

2.2. Цифрові сигнали

Тепер прийшов час розглянути способи побудови цифрових сигналів у редакторі **Stimulus Editor**.

Отже, у програмі **Stimulus Editor** передбачені наступні цифрові сигнали:

1. **Signal** – часова діаграма логічних станів, що задаються користувачем за допомогою миші (як це робити ми розбирали при побудові кусково-лінійної функції). Після вибору цього сигналу на екрані вибудовується поле діаграми, позначене ліворуч ім'ям сигналу червоного кольору (ознака активності сигналу і його досяжності для редагування).



Курсор приймає форму олівця, клацанням миші відзначають точки переходу в новий стан. Моменти часу зміни логічного стану задаються по команді **Edit>Attributes [Ctrl]-T** або натисканням на відповідну кнопку. У діалоговому вікні, що відкриється (**Edit Digital Transition** на [рис.2.13](#)), для редагування доступні такі поля:

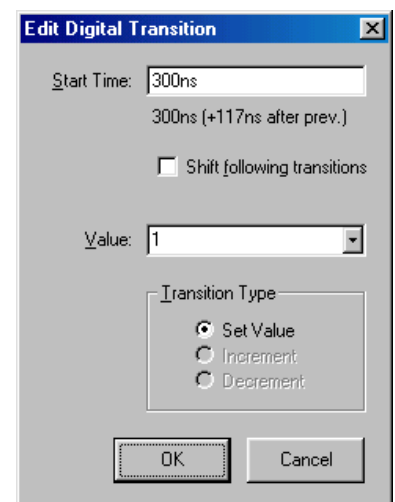


Рис.2.13. Редагування Signal

Start Time – поточне місце розташування маркера (внизу під полем в дужках зазначено наскільки поточний показник часу відрізняється від попереднього, тобто фактично тривалість поточного стану);

Shift following transitions – дана опція доступна при *вставці* перехідного стану (не додавання). При включеній опції подальші стани зміщуються (зберігаються тривалості), інакше, самі розумієте – навпаки ☺;

Value – у списку, що випадає, виберіть стан переходу:

- **0/1** – завдання логічних нуля або одиниці;
- **X** – невизначений стан сигналу;
- **Z** – стан високого імпедансу.

Для виходу з режиму редагування натисніть кнопку **Esc**, курсор прийме форму стрілки. У цьому режимі Ви можете переглянути усі свої маркери. Для цього виділіть сигнал як показано на [рис.2.14](#). В результаті Ви побачите всі маркери. Після цього можете вибрати конкретний маркер і відредагувати його часові показники і стан.

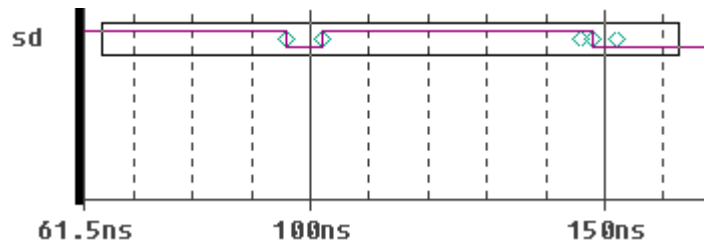


Рис.2.14. Маркери у виділеній частині сигналу

Моменти часу поточного положення курсору вказуються в лівій частині нижнього рядка екрана. При цьому для зручності визначення моментів часу, в меню **Plot** потрібно встановити необхідну дискретність зміни часу по команді **Axis Settings/Minimum Resolution**. Зверніть увагу, що в даному режимі моменти зміни станів цифрових сигналів позначені маркерами у вигляді ромбів, – їх можна переміщати за допомогою курсору і видаляти натисканням клавіші **Del**.

2. Clock – сигнал синхронізації. Даний тип сигналу Ви можете задати за допомогою двох специфікацій:

а) частоти і коефіцієнта заповнення (**Frequency and duty cycle**). Дана специфікація ([рис.2.15](#)) характеризується наступними параметрами:

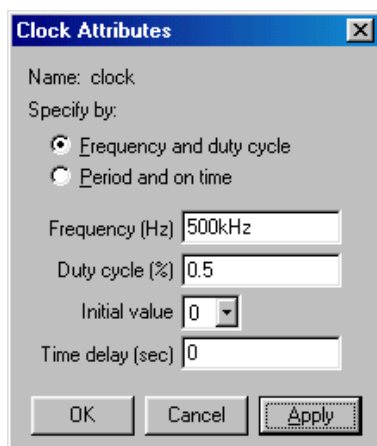


Рис.2.15. Параметри сигналу – частота і коефіцієнт заповнення

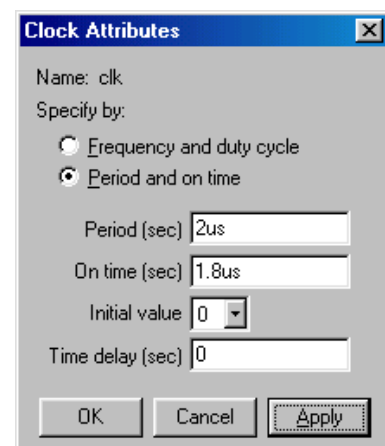


Рис.2.16. Параметри сигналу – період і тривалість імпульсу

- частотою повторення (**Frequency**);
- коефіцієнтом заповнення (**Duty cycle**);
- значенням початкового стану (**Initial value**);
- затримкою (**Time delay**).

б) періоду і тривалості сигналу (**Period and on time**). Дана специфікація ([рис.2.16](#)) характеризується наступними параметрами:

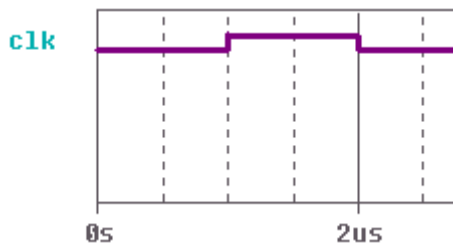
- періодом повторення (**Period**);
- тривалістю імпульсу (**On time**);
- значенням початкового стану і затримкою.

Приклади сигналів представлені на [рис.2.17](#).

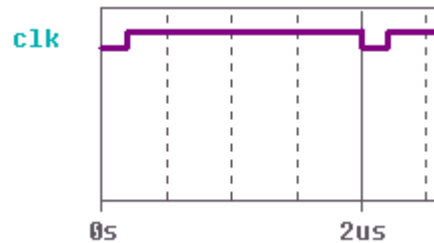
3. **Bus** – багаторозрядні сигнали (шини). Задаються по таким же принципам, що **Signal**, лише додатково необхідно задати кількість виходів джерела сигналу (**Bus width**).

Моменти часу зміни логічного стану задаються по команді **Edit>Attributes** ([Ctrl]-T). У діалоговому вікні **Edit Digital Transition**, у полі **Transition Type** доступні такі типи переходів:

- **Increment** – збільшення на 1;



а) задано частотою і коефіцієнтом заповнення



б) задано періодом і тривалістю імпульсу

Рис.2.17. Приклади сигналів

- **Decrement** – зменшення на 1.

При виборі опції **Increment (Decrement)** задається збільшення (зменшення) стану, і курсором послідовно відзначаються моменти часу збільшення (зменшення) коду стану багаторозрядного сигналу.

Команда **Edit>Attributes** ([Ctrl]-T) доступна як для редагування параметрів поточного переходу (червоний квадратик на зображенні сигналу), так і для редагування параметрів сигналу в цілому. Для редагування параметрів сигналу в цілому Вам необхідно клацнути лівою кнопкою миші на імені сигналу, при цьому колір сигналу зміниться на червоний – це означає, що зараз доступні параметри сигналу; виконайте команду **Edit>Attributes** ([Ctrl]-T). У діалоговому вікні, що з'явилось (**Digital Stimulus Attributes**), для редагування параметрів Вам доступні такі опції:

Bus Width – розрядність шини;

Display Radix – система обчислення, у якій відображаються значення переходів:

Binary – двійкова;

Decimal – десяткова;

Hexadecimal – шістнадцяткова;

Octal – вісімкова.

Створення сигналу **RESET**

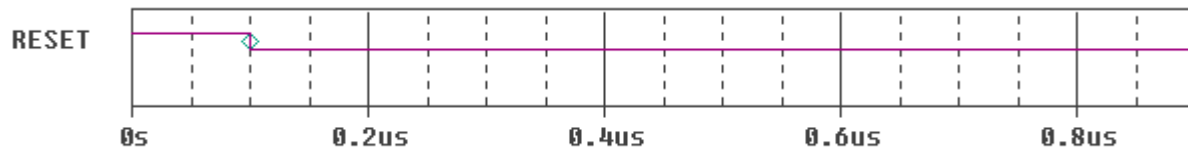
Ну от, нарешті, Ви і прийшли до того моменту, коли можете створити необхідний сигнал: цифровий або аналоговий.

Відкрийте Ваш робочий проект за допомогою редактора принципів схем **OrCAD Capture**. Виділіть **DSTM1**-компонент і, за допомогою команди **Edit>PSpice Stimulus**, відкрийте редактор **Stimulus Editor** (докладніше Ви це вже розглянули на початку цієї лабораторної роботи).

Тепер, будь ласка, створіть сигнал **RESET** з необхідними параметрами (ми їх разом з Вами визначили на початку лабораторної роботи).

*Підказка 😊: сигнал, звичайно ж, буде типу **Signal**.*

В результаті Ваших зусиль вийде сигнал, що має вигляд, показаний на [рис.2.18](#).

Рис.2.18. Ось такий він наш сигнал **RESET**

Тепер нам необхідно передати дані в систему **Capture** компоненту, що редагується. Для цього виконайте команду **File>Save** ([Shift]-F12). На запит системи **Update Schematic** натисніть кнопку **Yes**.

Виконайте також збереження даних про сигнал у файл. Для цього використайте команду **File>Save As** (F12).

Отже, на цій високій ноті, я думаю, нам варто перерватися. Закрийте **Stimulus Editor**. Виконайте збереження проекту в редакторі **Capture**. Закрийте проект.

Залишилося тепер виконати завдання до лабораторної роботи.

Завдання

1. Дайте відповідь на всі питання, що поставлені у ході лабораторної роботи.
2. Проробіть теоретичну частину про сигнали, їхнє математичне подання, визначення.
3. Звичайно ж, практика. Ви з легкістю маєте побудувати будь-який сигнал і знати до яких змін сигналу призведе втручання в його параметри.