

Тема: **Сигнали. Побудова за допомогою
Stimulus Editor**

Мета роботи: *Вчимося будувати сигнали*

На цій лабораторній роботі ми розглянемо з Вами принципи роботи з редактором сигналів **Stimulus Editor**. Дана лабораторна робота є необхідною ланкою для виконання наступних лабораторних робіт, тому будьте уважні, будь ласка. Передумови для виконання лабораторної роботи. Оскільки ми будемо вчитися на практичних прикладах, то краще запустіть **Stimulus Editor** окремо, не за допомогою команди редактора **Capture**. *Основні аспекти роботи з редактором Stimulus Editor.*

1.1. 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.1.1), 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**).

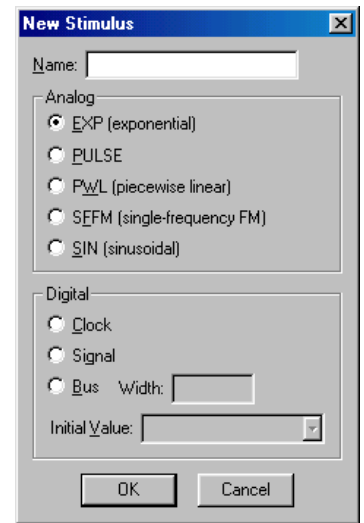


Рис.1.1. Вибір типу сигналу

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.1.2](#). Експонентна функція задається списком параметрів:

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:

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

STOP – час моделювання

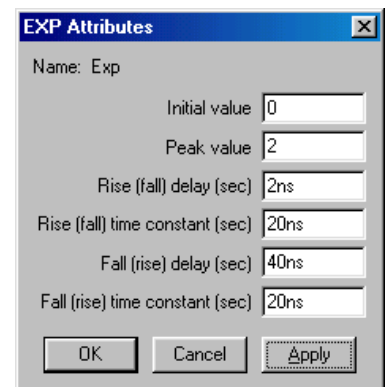


Рис.1.2. Параметри EXP

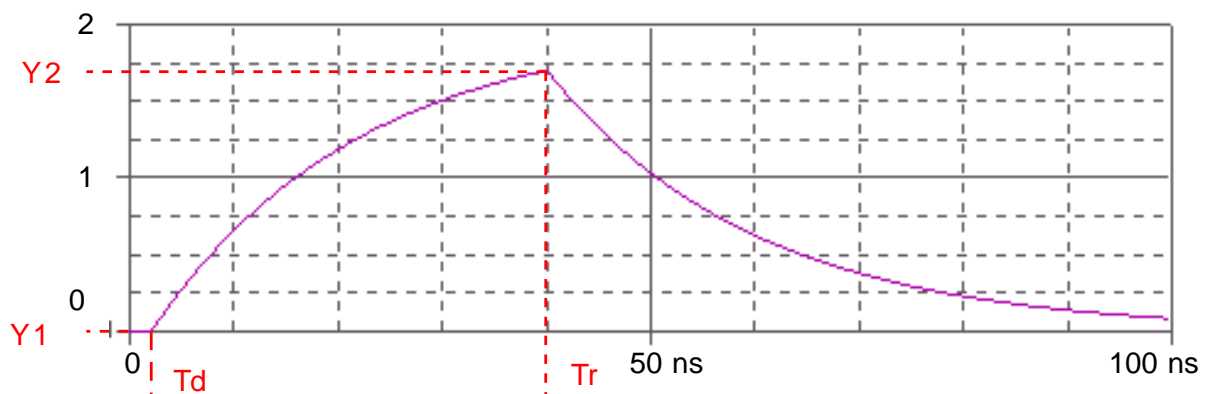


Рис.1.3. Приклад сигналу експонентної форми

Введіть у якості параметрів значення як показано на [рис.1.2](#). Натисніть кнопку **Apply**. В результаті буде відбудований сигнал, показаний на [рис.1.3](#). 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.1.4](#).

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.1.4. Параметри PULSE

Введіть у якості параметрів значення як показано на [рис.1.4](#). Натисніть кнопку **Apply**. В результаті буде відбудований сигнал, показаний на [рис.1.5](#).

Далі... Натисніть у діалозі **PULSE Attributes** кнопку **Cancel**.

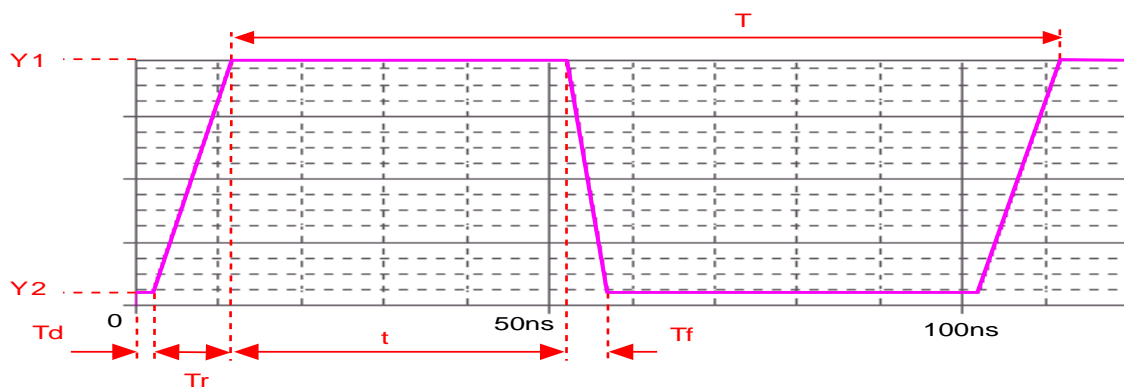


Рис.1.5. Приклад сигналу імпульсної форми

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.1.6).

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.

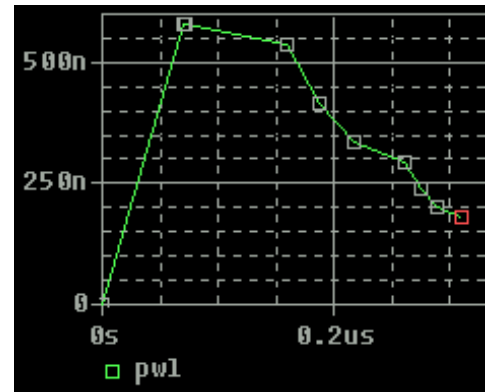


Рис.1.6. Сигнал PWL

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.1.7) 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).

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

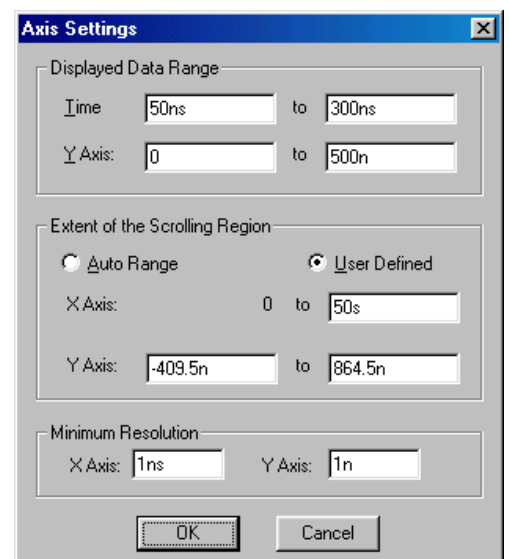


Рис.1.7. Діалогове вікно **Axis Settings**

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.1.8](#).

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.

Рис.1.8. Параметри SIN

Функція описується виразом:

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

Введіть у якості параметрів значення як показано на [рис.1.8](#). Натисніть кнопку **Apply**. В результаті буде відбудований сигнал, показаний на [рис.1.9](#).

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

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

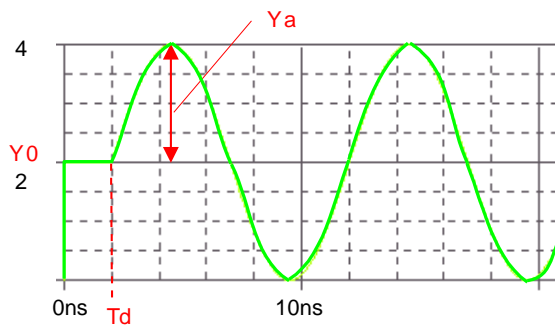
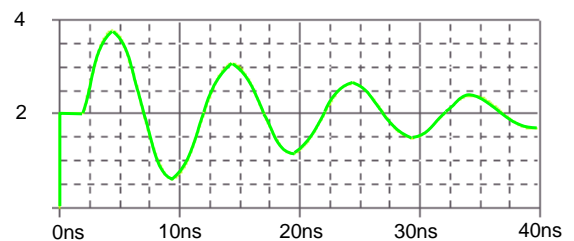
а) коефіцієнт затухання $d_f = 0$ б) коефіцієнт затухання $d_f = 50$

Рис.1.9. Приклад сигналу синусоїдальної форми

Синусоїдальний сигнал з частотною модуляцією

Вікно введення параметрів даного типу сигналу представлено на [рис.1.10](#).

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.1.10](#). 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**.

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 зламів. 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**".

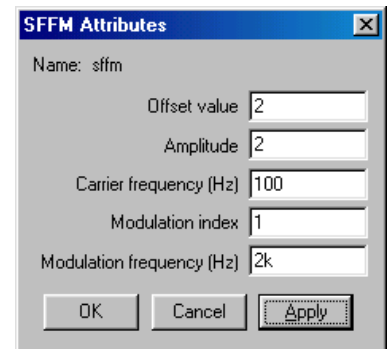


Рис.1.10. Параметри SFFM

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

1.2. 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.1.11](#)), для редагування доступні такі поля:

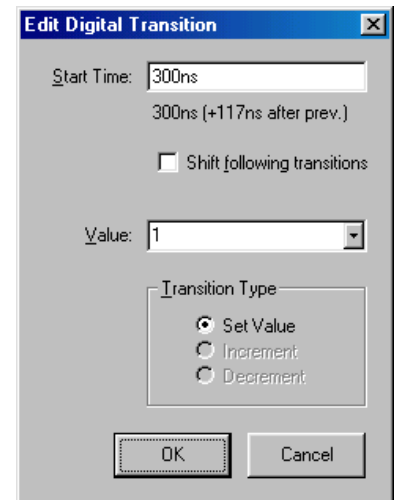


Рис.1.11. Редагування Signal

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.1.12](#). В результаті Ви побачите всі маркери. Після цього можете вибрати конкретний маркер і відредагувати його часові показники і стан.

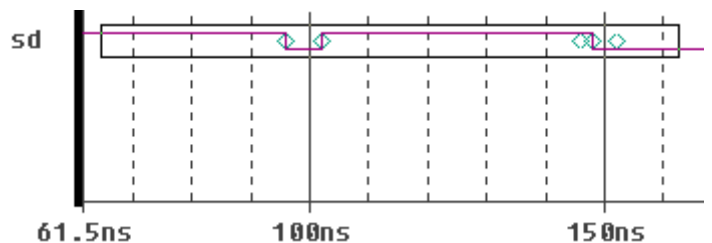


Рис.1.12. Маркери у виділеній частині сигналу

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.1.13](#)) характеризується наступними параметрами:

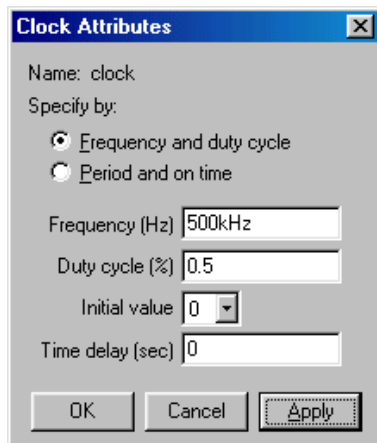


Рис.1.13. Параметри сигналу – частота і коефіцієнт заповнення

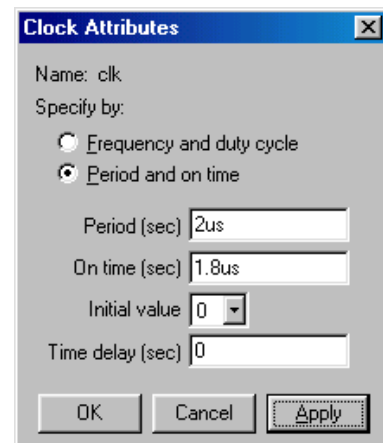


Рис.1.14. Параметри сигналу – період і тривалість імпульсу

- 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.1.14](#)) характеризується наступними параметрами:

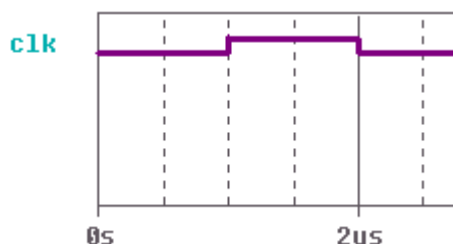
- періодом повторення (**Period**);
- тривалістю імпульсу (**On time**);
- значенням початкового стану і затримкою.

Приклади сигналів представлені на [рис.1.15](#).

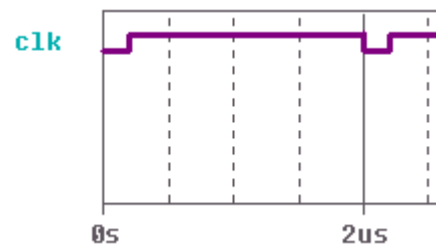
3. Bus – багаторозрядні сигнали (шини). Задаються по таким же принципам, що **Signal**, лише додатково необхідно задати кількість виходів джерела сигналу (**Bus width**).

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.1.15. 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'явилося (**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.

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.