

Работа с виртуальными приборами в программной среде NI Circuit Design Suite — Multisim 12.0. Часть 4

Мы продолжаем серию публикаций о работе с виртуальными приборами в программной среде NI Circuit Design Suite — Multisim. Виртуальные инструменты в Multisim представляют собой программные модели контрольно-измерительных приборов, соответствующие реальным приборам, и могут быть использованы для измерений и исследования поведения разрабатываемых электрических схем. Они дают возможность инженеру проверить, соответствует ли спроектированное устройство требованиям технического задания при использовании реальных компонентов с характеристиками, отличающимися от идеальных. Для всех приборов доступны изменения режимов их работы и настроек.

Татьяна КОЛЕСНИКОВА

Введение

Кратко напомним принцип работы с виртуальными приборами в Multisim. Для того чтобы добавить виртуальный прибор в рабочее поле программы, необходимо нажать на его пиктограмму на панели инструментов «**Приборы**» и разместить ее с помощью мыши в необходимом месте на схеме. Для того чтобы отобразить лицевую панель прибора, следует дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на пиктограмме прибора на схеме. Пиктограмма прибора используется для его подключения к схеме, а лицевая панель — для настройки и наблюдения за результатами измерений. Принцип соединения виртуальных инструментов с элементами схемы такой же, как и для других компонентов схемы. В каждой схеме можно использовать много приборов, в том числе и копии одного и того же прибора. Кроме того, у каждого окна схемы может быть свой набор приборов. Каждая копия прибора настраивается и соединяется отдельно.

Программная среда Multisim предоставляет большое количество виртуальных инструментов. Со многими из них мы уже ознакомились в предыдущих статьях данного цикла.

В этой статье будет рассмотрена более подробно работа со следующими приборами:

- плоттер Боде;
- измерительный пробник;
- пробник-индикатор напряжения.

Плоттер Боде

Плоттер Боде предназначен для анализа амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик и представления их в ли-

нейном или логарифмическом масштабе. Наиболее полезен этот инструмент для анализа схем фильтров. Плоттер Боде имеет четыре вывода: два вывода IN и два вывода OUT. Подключение прибора к исследуемой схеме осуществляется при помощи выводов, отмеченных значком «+» (вывод IN «+» подключается к входу схемы, вывод OUT «+» — к выходу), выводы «-» подключаются к общей шине.

В левой части лицевой панели плоттера Боде расположен графический дисплей, который предназначен для графического отображения формы сигнала. Также прибор оснащен курсором для проведения измерений в любой точке графика, курсор при необходимости можно перемещать при помощи левой кнопки мыши. Управлять положением курсора можно и при помощи стрелок перемещения вертикального курсора, которые расположены в нижней левой части лицевой панели плоттера Боде под графическим дисплеем. Между стрелками находятся два информационных поля, в которых отображаются значения частоты и фазы (или коэффициента передачи), полученные на пересечении вертикального курсора и графика.

В правой части расположена панель управления, предназначенная для настройки параметров плоттера Боде. В ее верхней части находится поле «**Режим**», в котором есть две кнопки: «**Амплитуда**» и «**Фаза**». При нажатой кнопке «**Амплитуда**» прибор работает в режиме анализа амплитудно-частотных характеристик. При нажатой кнопке «**Фаза**» — в режиме анализа фазо-частотных характеристик. В полях «**По горизонтали**»

и «**По вертикали**» можно задать параметры горизонтальной и вертикальной осей координат при логарифмической или линейной шкале. Логарифмическая шкала используется в том случае, если сравниваемые значения имеют большой разброс, как, например, при анализе амплитудно-частотной характеристики. Переключение шкалы производится при помощи кнопок **Log** (логарифмическая) и «**Лин**» (линейная). Масштаб горизонтальной (ось X) и вертикальной (ось Y) осей определяется начальным («I» — initial) и конечным («F» — final) значениями.

На экране графического дисплея плоттера Боде по оси X всегда отображается частота. При измерении коэффициента передачи на оси Y отображается отношение выходного напряжения схемы к его входному напряжению. Для логарифмической шкалы единицы — децибелы. В том случае если измеряется фаза, вертикальная ось всегда показывает угол фазы в градусах. При анализе амплитудно-частотной характеристики диапазон значений по вертикальной оси может быть задан в линейном масштабе от 0 до 10°, в логарифмическом масштабе — от -200 до 200 дБ. При анализе фазо-частотной характеристики диапазон значений по вертикальной оси может быть задан от -720° до +720°.

Пример подключения плоттера Боде к схеме фильтра и лицевая панель этого прибора представлены на рис. 1.

В поле «**Управление**» расположены три кнопки:

- «**Экран**» — эта кнопка предназначена для инверсии цвета графического дисплея (черный/белый).

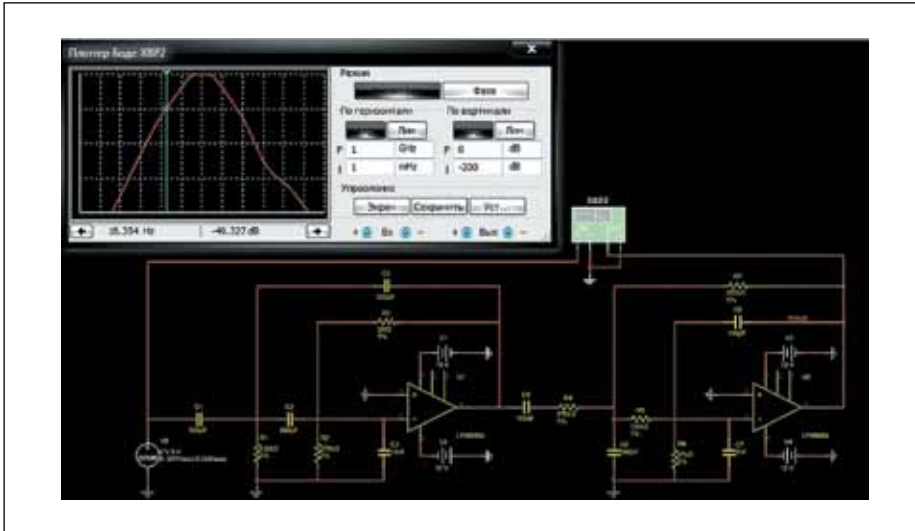


Рис. 1. Пример подключения плоттера Боде к схеме фильтра и лицевая панель этого прибора



Рис. 2. Диалоговое окно «Установки»

- «Сохранить» — эта кнопка предназначена для сохранения результатов измерений в файл на диск в формате *.bod* (формат плоттера Боде) или *.tdm* (двоичный файл).
- «Уст...» — эта кнопка предназначена для выбора разрешающей способности плоттера Боде. После нажатия на кнопку «Уст...» открывается диалоговое окно «Установки» (рис. 2), в котором в поле «Разрешающая способность» можно задать необходимое количество точек разрешения в диапазоне от 1 до 1000 и, для того чтобы изменения вступили в силу, нажать на кнопку «Принять». В нижней части панели управления плоттера Боде расположено четыре переключателя («Вх +», «Вх -», «Вых +», «Вых -»), которые отображают наличие подключения выводов плоттера Боде к исследуемой схеме.

Измерительный пробник

При проектировании устройства на этапе разработки принципиальной схемы может возникнуть необходимость осуществить проверку постоянного (переменного) напряжения или тока на участке цепи или же измерение частоты сигнала в разных точках схемы. Для этого в программе Multisim можно использовать измерительный пробник. Этот прибор может быть размещен в рабочем проекте Multisim до запуска процесса симуляции схемы или во время симуляции. Для размещения измерительного пробника до запуска процесса симуляции необходимо на панели

инструментов «Приборы» выбрать при помощи левой кнопки мыши пиктограмму этого прибора (при этом курсор примет вид желтого значка со стрелкой), подвести курсор к месту размещения пробника и щелкнуть левой кнопкой мыши по проводнику. Результаты измерения (напряжение, ток, частота) будут отображены после запуска симуляции схемы в окне результатов измерительного пробника.

Для размещения измерительного пробника на схеме во время симуляции необходимо выполнить такую последовательность действий:

1. На панели инструментов «Приборы» выбрать при помощи левой кнопки мыши пиктограмму этого прибора. (При этом курсор примет вид окна результатов.)
2. С помощью мыши переместить измерительный пробник на схему.
3. Щелкнуть левой кнопкой мыши на схеме в местах измерения столько раз, сколько измерительных пробников вам нужно разместить.

4. Для выхода из режима размещения пробника необходимо щелкнуть на схеме правой кнопкой мыши или нажать на клавиатуре на клавишу Esc.

Измерительный пробник, добавленный в проект во время симуляции схемы, отображает не все параметры измерения. Однако после запуска повторной симуляции схемы измерительный пробник, размещенный во время предыдущей симуляции, будет воспринят программой Multisim как пробник, который был размещен до запуска симуляции, и будет отображать все результаты измерений, которые можно провести с его помощью.

Во время симуляции измерения при помощи измерительного пробника можно осуществлять и без его размещения на схеме. Для этого необходимо на панели инструментов «Приборы» выбрать при помощи левой кнопки мыши пиктограмму этого прибора и, после того как курсор примет вид окна результатов, подвести курсор к месту измерения на схеме. Результаты измерения (значения мгновенного напряжения, напряжения от пика до пика (p-p), действующего напряжения (rms), постоянного напряжения (DC), частоты) будут отображены в специальном окне. После того как результаты получены, можно подвести курсор мыши к следующей цепи схемы, в которой необходимо провести измерения. В окне результатов будет отображен новый набор результатов измерений. Это окно отображает результаты только в том случае, если запущена симуляция схемы и курсор расположен на проводнике. Таким способом можно измерять только напряжение и частоту.

Пиктограмма измерительного пробника на схеме, а также его подключение к проводнику показаны на рис. 3. Зеленая стрелка на пиктограмме отображает полярность подключения пробника, которую можно изменить следующим образом: щелкните на пробнике правой кнопкой мыши и в открывшемся контекстном меню выберите пункт

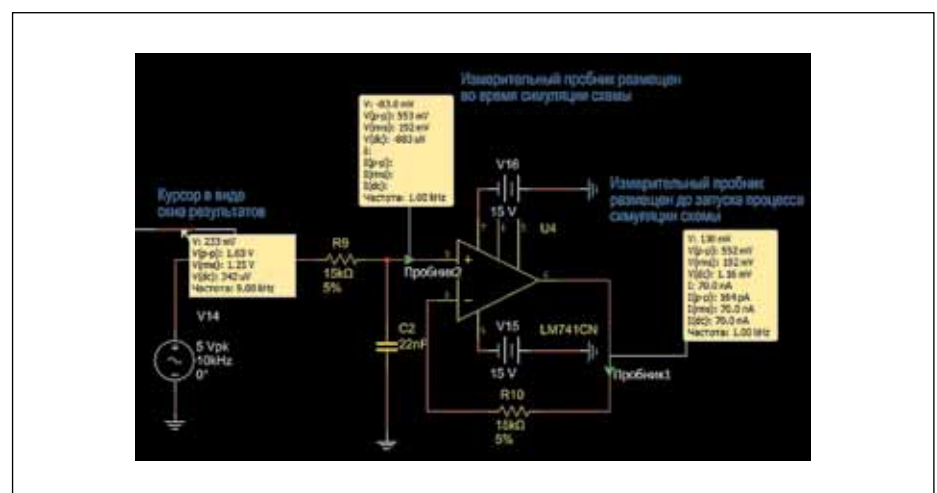


Рис. 3. Пиктограмма измерительного пробника на схеме, а также его подключение к проводнику

«Полярность подключения». Изменить полярность можно и при помощи команды меню «Моделирование/Полярность подключения».

Окно настроек измерительного пробника можно открыть при помощи команды меню «Моделирование/Параметры динамического пробника» или же следующим образом: выделите левой кнопкой мыши этот виртуальный прибор на схеме и вызовите при помощи правой кнопки мыши контекстное меню, в котором выберите пункт «Свойства». В результате, независимо от выбранного способа, откроется окно «Параметры пробника», которое разделено на три вкладки:

- «Экран»;
- «Шрифт»;
- «Электрические».

В случае открытия окна «Параметры пробника» при помощи пункта «Свойства» контекстного меню в этом окне будет доступна также вкладка **Triggers**.

На вкладке **Triggers** можно создать триггер — средство, позволяющее задавать выполнение определенного действия по достижении выбранным параметром определенного условия. Вкладка **Triggers** представлена на рис. 4. В верхней части этой вкладки находится окно «Переключатель панели описания», которое содержит список и описание уже назначенных триггеров. Для создания или удаления триггера используются кнопки «Новый» и «Удалить». Для того чтобы создать новый триггер, необходимо нажать на кнопку «Новый», в результате чего в окне «Переключатель панели описания» появится новая строка с описанием только что созданного триггера. Для удаления триггера выделите при помощи левой кнопки мыши строку с его описанием и нажмите на кнопку «Удалить».

В строке «Условия» можно задать условие для таких параметров измерительного пробника, как:

- напряжение;
- напряжение (p-p);

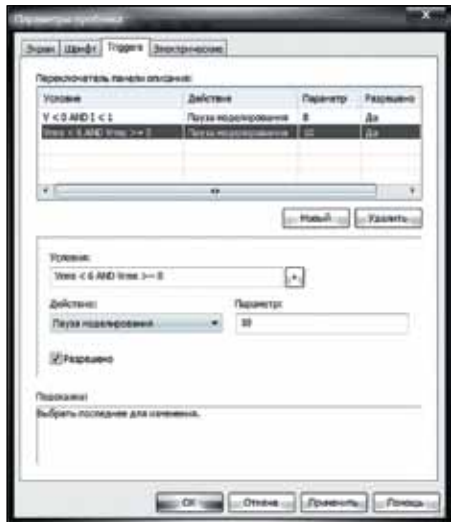


Рис. 4. Вкладка Triggers

- напряжение DC;
- напряжение gms;
- частота;
- ток;
- ток (p-p);
- ток DC;
- ток gms.

При этом в выражении условия могут быть использованы следующие операторы: =, <, >, <=, >=, <>, AND, OR, XOR, NOT и функции: cos, sin, tan, abs.

Представим пример выражения условия. Предположим, что нам необходима пауза в моделировании схемы всякий раз, когда действующее напряжение gms меньше 6 В и больше или равно 0 В. В таком случае выражение условия может иметь следующий вид:

$$V_{rms} < 6 \text{ AND } V_{rms} \geq 0.$$

Для облегчения ввода в выражении условия параметров и операторов можно в строке «Условия» использовать кнопку со стрелкой. После нажатия на нее открывается контекстное меню, из которого можно выбрать необходимые операторы, функции и параметры.

В строке «Действие» из выпадающего списка можно выбрать действие, которое будет выполняться по достижении заданного условия. При этом в поле «Параметр» нужно установить параметры для заданного действия. К примеру, если при выборе в поле «Действие» была задана «Пауза моделирования», то в поле «Параметр» необходимо ввести время паузы в секундах, а при выборе такого действия, как «Перейти к метке», в поле «Параметр» необходимо ввести метку листа описания. Следует отметить, что выбор такого действия, как «Остановить прокрутку», не требует ввода параметров. Установка (снятие) флажка в чекбоксе «Разрешено» позволяет разрешать или запрещать работу созданного триггера во время симуляции схемы. Поле «Подсказка» содержит пояснения относительно возникших ошибок создания триггера. Для вступления в силу произведенных действий используйте кнопки «Применить» и **ОК**, которые расположены в нижней части вкладки **Triggers**.

Рассмотрим вкладку «Электрические» (рис. 5). В верхней части вкладки посредством установки флажка в чекбоксе «Использовать опорным» и выбора из выпадающего списка названия пробника можно задать нужную привязку настраиваемого пробника. В выпадающем списке отображаются названия уже размещенных на схеме измерительных пробников, за исключением настраиваемого. В результате измерения, произведенные для текущей пробы, будут сделаны со ссылкой на выбранную привязку пробника, что позволит отображать в окне результатов такие дополнительные параметры измерений, как коэффициент усиления по напряжению или фазовый сдвиг. При выборе этой опции воз-



Рис. 5. Вкладка «Электрические»

ного измерительного пробника отобразится значок треугольника, а в окне результатов измерений дополнительно будет отображена строка, в которой будет указано название опорного пробника.

В центральной части вкладки «Электрические» размещена таблица параметров измерений. Отображение каждого из этих параметров в окне результатов измерений на схеме задается в колонке «Показывать» посредством переключения значения «Да»/«Нет». Произвести переключение можно при помощи щелчка левой кнопкой мыши по уже установленному в колонке значению. Установить одновременно все значения этой колонки в позицию «Да» можно посредством установки флажка в чекбоксе «Показывать», соответственно установить все значения этой колонки в позицию «Нет» можно путем снятия флажка в этом же чекбоксе.

Колонки «Минимум» и «Максимум» таблицы параметров измерений предназначены для установки диапазона изменений параметров. В колонке «Знаков» можно задать количество значащих цифр для отображения параметров. Для вступления в силу произведенных изменений используйте кнопки «Применить» и **ОК**, которые расположены в нижней части вкладки «Электрические».

На вкладке «Шрифт» (рис. 6) можно настроить параметры шрифта для отображения позиционного обозначения измерительного пробника и результатов измерений на схеме. На этой вкладке расположено четыре поля:

- «Шрифт» — выбор шрифта;
- «Стиль» — выбор стиля шрифта (жирный, курсив, нормальный, жирный курсив);
- «Размер» — выбор размера шрифта;
- «Выравнивание» — выравнивание текста (по левому краю, по центру, по правому краю).

В центральной части вкладки расположено поле «Просмотр», которое позволяет предварительно просмотреть созданный шрифт.



Рис. 6. Вкладка «Шрифт»

Рассмотрим вкладку «Экран» (рис. 7). В левой верхней части вкладки находится окно «Цвет», в котором посредством установки переключателей в позицию «Установленный» или «Выбрать» можно задать цвет фона окна результатов измерений и цвет текста отображаемых в этом окне параметров. Выбрать необходимый цвет можно при помощи кнопки «Палитра». После нажатия на эту кнопку откроется одноименное окно, в котором на вкладке «Стандарт» можно задать цвет, для чего следует щелкнуть левой кнопкой мыши по ячейке с нужным цветом. Новый цвет отобразится в правой нижней части окна в поле «Новый цвет». Если выбранный цвет подходит, нажмите на кнопку ОК. Для выбора цвета можно также использовать вкладку «Выбор» диалогового окна «Палитра».

В правой верхней части вкладки «Экран» находится окно «Размер», в котором в полях «Ширина» и «Высота» посредством ввода с клавиатуры можно задать размер окна результатов измерительного пробника в пикселях. Также рассматриваемое окно содержит чекбокс «Автоматически». В случае установки флажка в этом чекбоксе параметры ширины и высоты окна результатов измерений будут изменяться автоматически в зависимости от количества отображаемых параметров.

В окне «Обозначение» путем установки переключателя в необходимое положение можно выбрать для позиционного обозначения измерительного пробника одну из следующих опций:

- «Скрыть обозначение» — позиционное обозначение не будет отображаться на схеме.
- «Показать обозначение» — позиционное обозначение будет отображаться на схеме.
- «Использовать правила проекта» — отображение позиционного обозначения будет зависеть от правил проекта.

Название позиционного обозначения при необходимости можно изменить в поле «Обозначение».

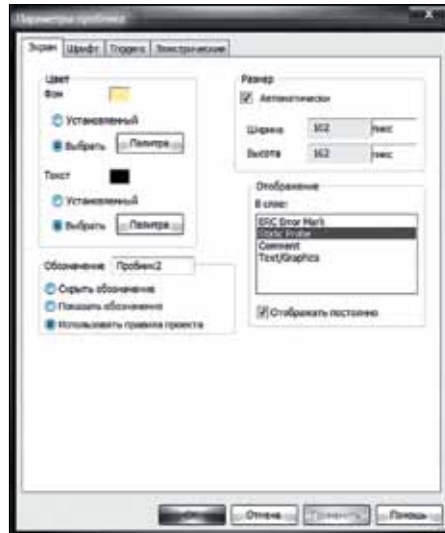


Рис. 7. Вкладка «Экран»

В окне «Отображение» посредством установки/снятия флажка в чекбоксе «Отображать постоянно» можно задать видимость окна результатов измерений на схеме для выбранного измерительного пробника. В поле «В слое» можно выбрать слой, на котором будет отображаться окно результатов. Предопределенным слоем является **Static Probe**, но вы можете при необходимости выбрать другой слой.

Следует отметить, что для каждого измерительного пробника, который используется в проекте схемы, задаются свои настройки.

На панели инструментов «Приборы» возле пиктограммы измерительного пробника находится значок стрелки, нажатие на который приводит к открытию выпадающего меню (рис. 8). В этом меню при помощи левой кнопки мыши можно выбрать один из следующих пробников:

- «С параметрами динамического» — размещаемый на схеме пробник будет отображать в окне результатов измерений следующие параметры: мгновенное напряжение (V), напряжение от пика до пика

(V_p-p), действующее напряжение (V_{rms}), постоянное напряжение (V_{dc}), частоту, мгновенный ток (I), ток от пика до пика (I_p-p), действующий ток (I_{rms}), постоянный ток (I_{dc}).

- «Напряжение АС» — размещаемый на схеме пробник будет отображать в окне результатов измерений следующие параметры: напряжение от пика до пика (V_p-p), действующее напряжение (V_{rms}), постоянное напряжение (V_{dc}), частоту.
- «Ток АС» — размещаемый на схеме пробник будет отображать в окне результатов измерений следующие параметры: ток от пика до пика (I_p-p), действующий ток (I_{rms}), постоянный ток (I_{dc}), частоту.
- «Мгновенные значения напряжения и тока» — размещаемый на схеме пробник будет отображать в окне результатов измерений следующие параметры: мгновенное напряжение (V), мгновенный ток (I).
- «Относительного напряжения» — после выбора этого пункта меню откроется диалоговое окно «Опорное напряжение», в котором из выпадающего списка «Выбрать Uоп» необходимо выбрать нужную привязку и нажать на кнопку ОК. Настраиваемый пробник будет отображать в окне результатов измерений следующие параметры: коэффициенты усиления по напряжению ($K_{uc}(dc)$, $K_{uc}(ac)$), фазовый сдвиг. При выборе этого измерительного пробника возле его позиционного обозначения отобразится значок треугольника, а в окне результатов измерений дополнительно будет отображена строка, в которой будет указано название опорного пробника.

Пробник-индикатор напряжения

На панели инструментов «Виртуальные измерительные компоненты» (эту панель можно добавить в проект при помощи команды меню «Вид/Панель инструментов»)

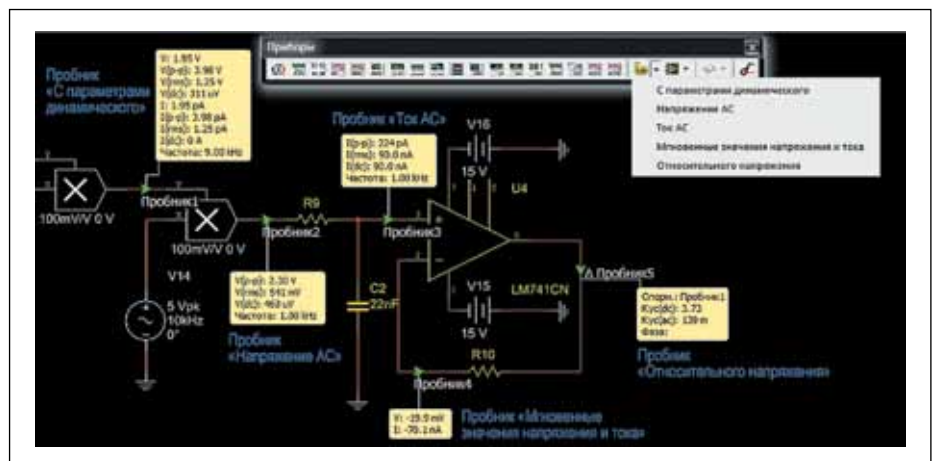


Рис. 8. Внешний вид окна результатов и измеряемые параметры измерительных пробников

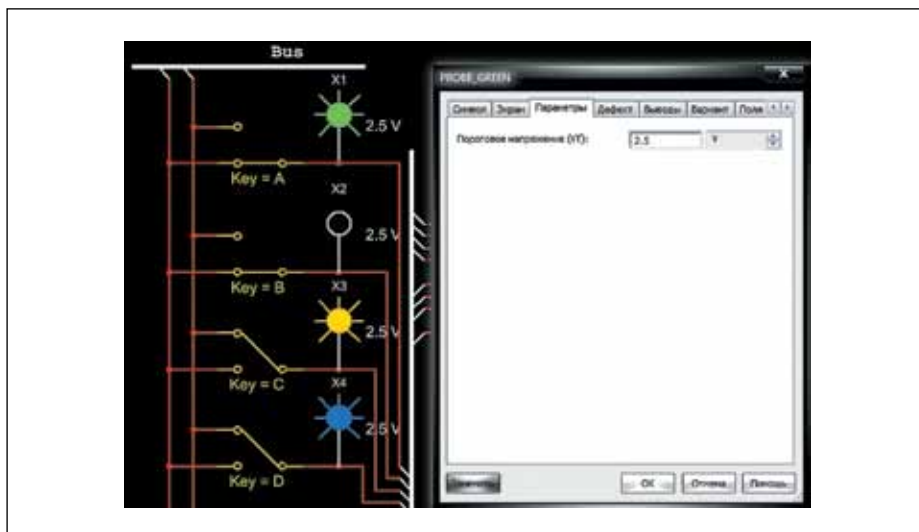


Рис. 9. Пример подключения нескольких пробников-индикаторов к исследуемой схеме, а также окно настроек зеленого пробника

На рис. 9 представлен пример подключения нескольких пробников-индикаторов к исследуемой схеме, а также окно настроек зеленого пробника.

Заключение

Использование виртуальных инструментов в Multisim позволяет сравнивать теоретические данные с реальными непосредственно в процессе создания схемы, что снижает количество проектных итераций, число ошибок в прототипах и ускоряет выход продукции на рынок. Однако для эффективного применения виртуальных инструментов в программе Multisim необходимо понимать алгоритмы, реализованные в программе, знать принципы работы используемых инструментов и принципы построения моделей электронных компонентов. Неправильное применение моделей компонентов, ошибки в настройке виртуальных приборов и использовании вычислительных алгоритмов могут привести к получению неверных результатов моделирования. ■

Литература

1. NI Circuit Design Suite — Getting Started with NI Circuit Design Suite. National Instruments. Jan. 2012.
2. Технология виртуальных приборов компании National Instruments. National Instruments, 2013.
3. NI Multisim — Fundamentals. National Instruments. Jan. 2012.
4. Professional Edition Release Notes NI Circuit Design Suite Version 12.0.1. National Instruments, 2012.

находятся пиктограммы пяти цветных пробников-индикаторов напряжения: бесцветный, синий, зеленый, красный и желтый. Принцип работы этих индикаторов одинаков, различие состоит лишь в цвете.

Пробник-индикатор напряжения определяет напряжение в конкретной точке схемы и, если исследуемая точка имеет напряжение равное или большее значения напряжения срабатывания, которое указано в настройках этого пробника-индикатора, то индикатор загорается. Установить необходимое пороговое значение срабатывания пробника-индикатора можно в окне настроек этого прибора на вкладке «**Параметры**», установив в поле

«**Пороговое напряжение (VT)**» необходимое значение напряжения. Для вступления в силу произведенных изменений нужно нажать на кнопку **ОК**.

Окно настроек можно открыть с помощью двойного щелчка левой кнопки мыши на пиктограмме этого прибора на схеме. Название окна настроек соответствует названию цвета настраиваемого пробника-индикатора. К примеру, для зеленого пробника-индикатора окно настроек будет иметь название PROBE_GREEN, а для желтого — PROBE_YELLOW. На схеме пороговое напряжение срабатывания пробника-индикатора отображается рядом с его пиктограммой.