

Работа с виртуальными приборами в программной среде NI Circuit Design Suite — Multisim 12.0. Часть 5

Мы продолжаем серию публикаций о работе с виртуальными приборами в программной среде NI Circuit Design Suite — Multisim. Рассматриваемая в данном цикле программа представляет собой настоящую лабораторию схемотехнического моделирования, которая благодаря простому и удобному интерфейсу позволяет с легкостью моделировать сложные принципиальные схемы и проектировать многослойные печатные платы. Программная среда Multisim также предоставляет большое количество виртуальных инструментов, предназначенных для измерений и исследования поведения разрабатываемых электрических схем. Со многими из инструментов мы уже ознакомились в предыдущих статьях цикла. В настоящей статье мы более подробно остановимся на работе со следующими приборами: характериограф-IV, микрофон, динамик, генератор сигналов, анализатор сигналов, потоковый генератор сигналов, измеритель комплексных сопротивлений. Разработчикам электронных устройств виртуальные инструменты, представленные в Multisim, могут оказаться полезными — они сэкономят время и спасут от ошибок на всем пути разработки схемы.

Татьяна КОЛЕСНИКОВА

Характериограф-IV

Характериограф предназначен для наблюдения и исследования характеристик радиоэлектронных устройств и компонентов, при этом измерительная информация отображается на экране в виде кривых. В Multisim характериограф-IV (I — ток, V — напряжение) используется для измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) диодов, *pnp*- и *nnp*-транзисторов, PMOS- и NMOS-устройств. При этом в отличие от других виртуальных приборов Multisim характериограф-IV подключается не к схеме, а непосредственно к исследуемому устройству. В том случае, когда необходимо произвести измерение параметров устройства, уже используемого в схеме, следует предварительно отключить его от схемы. Для того чтобы открыть лицевую панель прибора, нужно дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по его пиктограмме на схеме. Рассмотрим лицевую панель характериографа-IV более подробно. В левой части панели расположен графический дисплей, предназначенный для графического отображения формы сигнала. Также прибор оснащен курсором для проведения измерений в любой точке гра-

фика, если необходимо, курсор надо 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 характериографа-IV под графическим дисплеем. Между стрелками находятся три информационные поля, где отображаются данные, полученные на пересечении вертикального курсора и кривой. Кривую, для которой будут отображаться данные, можно выбрать при помощи щелчка по ней левой кнопкой мыши, в результате на пересечении вертикального курсора и кривой появится метка-точка (именно для той кривой, на которой находится метка-точка, и будут отображаться данные в информационных полях). В правой части лицевой панели прибора есть панель управления, предназначенная для настройки параметров характериографа-IV. В верхней части панели находится поле «Выбор компонента», в котором из выпадающего списка можно выбрать для анализа следующие компоненты: Diode, BJT PNP, BJT NPN, PMOS, NMOS.

Под полем «Выбор компонента» расположены поля «Шкала тока (A)» и «Шкала на-

пряжения (V)», где можно задать параметры горизонтальной и вертикальной осей координат при логарифмической или линейной шкале. Переключение шкалы выполняется при помощи кнопок «Лог» (логарифмическая) и «Лин» (линейная). Масштаб горизонтальной (ось X) и вертикальной (ось Y) осей определяется начальным («Н») и конечным («В») значениями.

Под полем «Шкала напряжения (V)» размещены две кнопки. Кнопка «Экран» предназначена для инверсии цвета графического дисплея (черный/белый). Кнопка «Моделирование» используется для произведения настроек параметров моделирования. После нажатия на эту кнопку открывается окно «Параметры моделирования». Содержание данного диалогового окна меняется в зависимости от компонента, выбранного из выпадающего меню в поле «Выбор компонента», и подробно будет рассмотрено далее для каждого компонента в отдельности. В нижней правой части лицевой панели характериографа-IV имеется окно, отображающее схему подключения выбранного компонента к данному виртуальному прибору.

Пример подключения характериографа-IV к PMOS-транзистору, ВАХ PMOS-транзис-

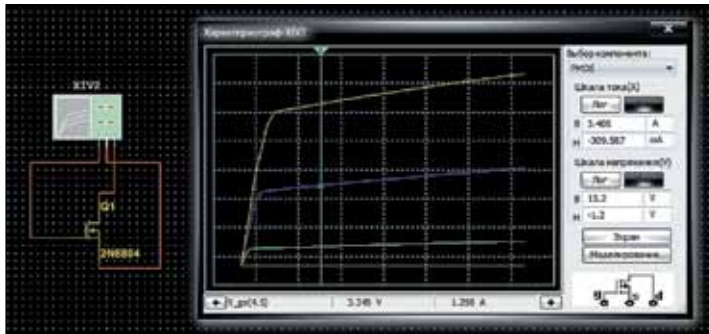


Рис. 1. Подключение характериографа-IV к PMOS-транзистору, ВАХ PMOS-транзистора и лицевая панель характериографа-IV



Рис. 4. Пример подключения характериографа-IV к диоду и ВАХ компонента

тора и лицевая панель данного прибора представлены на рис. 1.

Измерение характеристик устройства производится следующим образом:

- откройте лицевую панель характериографа-IV;
- в верхней правой части лицевой панели в поле «Выбор компонента» из выпадающего меню выберите нужный компонент;
- выберите из библиотеки компонентов данный компонент, поместите его в рабочую область проекта и присоедините к характериографу-IV, следуя схеме в нижней правой части лицевой панели прибора;
- на панели управления характериографа-IV установите нужные настройки в полях «Шкала тока (А)» и «Шкала напряжения (В)»;
- при необходимости вы можете инвертировать цвет графического экрана при помощи кнопки «Экран»;
- при помощи кнопки «Моделирование» откройте окно «Параметры моделирования» и установите необходимые параметры, после чего нажмите на кнопку ОК для закрытия диалогового окна и вступления в силу внесенных изменений;
- запустите симуляцию проекта.

В результате выполненных действий на лицевой панели характериографа-IV в окне графического дисплея рассматриваемого прибора будут получены IV-кривые для анализируемого компонента.

Рассмотрим диалоговое окно «Параметры моделирования» для PMOS-транзистора (рис. 2). Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характериографа-IV в поле «Выбор компонента» пункта «PMOS» и нажатия на кнопку

«Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{ds} », в котором можно установить следующие значения V_{ds} (напряжение сток-исток):

- начальное значение V_{ds} ;
- конечное значение V_{ds} ;
- значение шага V_{ds} (полученные точки будут использованы для построения графика).

В правой части окна расположено поле «Источник: V_{gs} », в котором можно установить следующие значения V_{gs} (напряжение затвор-исток):

- начальное значение V_{gs} ;
- конечное значение V_{gs} ;
- число шагов V_{gs} (количество кривых на графике).

Установка/снятие флажка в чекбоксе «Нормализация» отображает значения V_{ds} на кривых по оси X с положительными/отрицательными значениями.

Теперь перейдем к диалоговому окну «Параметры моделирования» для диода (рис. 3). Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характериографа-IV в поле «Выбор компонента» пункта «Diode» и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{pn} », в котором можно установить следующие значения V_{pn} :

- начальное значение V_{pn} ;
- конечное значение V_{pn} ;
- значение шага V_{pn} (полученные точки будут использованы для построения графика).

На рис. 3 представлен пример диалогового окна «Параметры моделирования», согласно с заданными параметрами которого напряжение диода будет изменяться от -5 до $+5$ В

с шагом в 10 мВ. Пример подключения характериографа-IV к диоду и ВАХ данного компонента представлены на рис. 4.

Рассмотрим диалоговое окно «Параметры моделирования» для NMOS-транзистора (рис. 5). Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характериографа-IV в поле «Выбор компонента» пункта «NMOS» и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{ds} », где можно установить следующие значения V_{ds} (напряжение сток-исток):

- начальное значение V_{ds} ;
- конечное значение V_{ds} ;
- значение шага V_{ds} (полученные точки будут использованы для построения графика).

В правой части окна расположено поле «Источник: V_{gs} », в котором можно установить следующие значения V_{gs} (напряжение затвор-исток):

- начальное значение V_{gs} ;
- конечное значение V_{gs} ;
- число шагов V_{gs} (количество кривых на графике).

На рис. 5 представлен пример диалогового окна «Параметры моделирования», согласно с заданными параметрами которого для получения ВАХ NMOS-транзистора напряжение сток-исток (V_{ds}) будет изменяться от 0 до 14 В с шагом в 120 мВ, а напряжение затвор-исток (V_{gs}) — от $3,5$ до 5 В. Пример подключения характериографа-IV к NMOS-транзистору и ВАХ данного компонента показаны на рис. 6. Количество кривых на ВАХ соответствует установленному в поле «Источник: V_{gs} » значению параметра «Приращение» (рис. 5) — в нашем случае значение равно пяти.



Рис. 2. Диалоговое окно «Параметры моделирования» для PMOS-транзистора



Рис. 3. Пример диалогового окна «Параметры моделирования» для диода



Рис. 5. Диалоговое окно «Параметры моделирования» для NMOS-транзистора

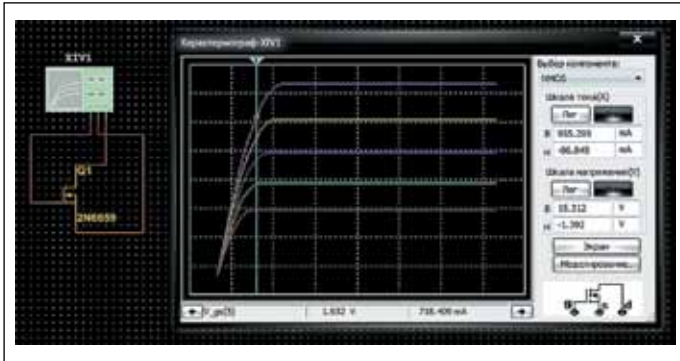


Рис. 6. Пример подключения характернографа-IV к NMOS-транзистору и VAX компонента

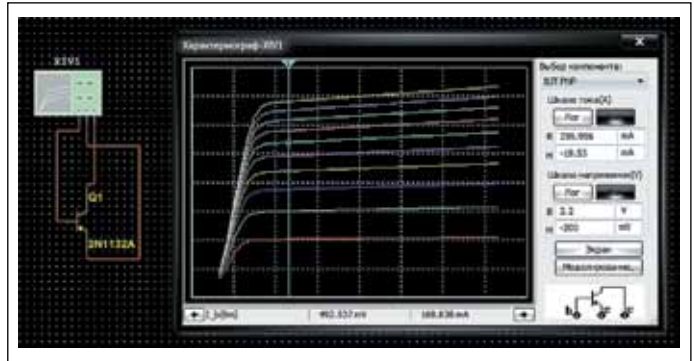


Рис. 8. Пример подключения характернографа-IV к pnp-транзистору и VAX компонента



Рис. 7. Диалоговое окно «Параметры моделирования» для pnp-транзистора

На рис. 7 представлен пример диалогового окна «Параметры моделирования» для pnp-транзистора. Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характернографа-IV в поле «Выбор компонента» пункта «BJT PNP» и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{ce}», в котором можно установить следующие значения V_{ce} (напряжение коллектор-эмиттер):

- начальное значение V_{ce};
- конечное значение V_{ce};
- значение шага V_{ce} (полученные точки будут использованы для построения графика).

В правой части окна расположено поле «Источник: I_b», в котором можно установить следующие значения I_b (ток базы):

- начальное значение I_b;
- конечное значение I_b;
- число шагов I_b (количество кривых на графике).

Установка/снятие флажка в чекбоксе «Нормализация» отображает значения V_{ce} на кривых по оси X с положительными/отрицательными значениями. Пример подключения характернографа-IV к pnp-транзистору и VAX данного компонента представлены на рис. 8.

На рис. 9 можно видеть пример диалогового окна «Параметры моделирования» для pnp-транзистора. Окно открывается в результате выбора на панели управления характернографа-IV в поле «Выбор компонента» пункта «BJT NPN» и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{ce}», в нем можно установить следующие значения V_{ce} (напряжение коллектор-эмиттер):

- начальное значение V_{ce};
- конечное значение V_{ce};
- значение шага V_{ce} (полученные точки будут использованы для построения графика).



Рис. 9. Диалоговое окно «Параметры моделирования» для pnp-транзистора

В правой части окна расположено поле «Источник: I_b», в котором можно установить следующие значения I_b (ток базы):

- начальное значение I_b;
- конечное значение I_b;
- число шагов I_b (количество кривых на графике).

Пример подключения характернографа-IV к pnp-транзистору и VAX данного компонента показаны на рис. 10. Представленный пример демонстрирует график VAX для отображения I_b = 1 мА, от 1 до 735 мА по оси Y, и от 1 мВ до 3,3 В по оси X.

Приборы NI LabView

В состав Multisim входят следующие приборы LabView:

- BJT Analyzer — измеритель характеристик полупроводниковых приборов;
- Impedance Meter — измеритель комплексных сопротивлений;
- Microphone — микрофон;
- Speaker — динамик;
- Signal Analyzer — анализатор сигналов;
- Signal Generator — генератор сигналов;
- Streaming Signal Generator — потоковый генератор сигналов.

Некоторые из них мы рассмотрим далее. Пиктограмма «Приборы LabView» расположена на панели инструментов «Приборы». Возле пиктограммы находится значок стрелки, нажатие которого приводит к открытию выпадающего меню (рис. 11). Необходимый для работы прибор можно выбрать в данном меню при помощи левой кнопки мыши.

Микрофон

Микрофон в Multisim записывает звук при помощи устройств аудиозаписи компьютера

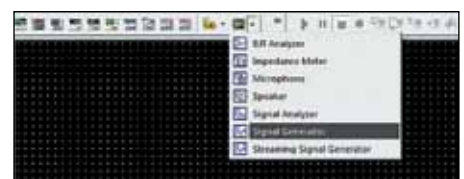


Рис. 11. Меню «Приборы LabView»



Рис. 10. Пример подключения характернографа-IV к pnp-транзистору и VAX компонента



Рис. 12а. Пиктограмма на схеме и лицевая панель микрофона



Рис. 12б. Пиктограмма на схеме и лицевая панель динамика

находится поле **Device**, где из выпадающего списка необходимо выбрать устройство, при помощи которого будет воспроизводиться звук, — это может быть встроенный динамик либо внешние колонки. Устройство воспроизведения звука можно назначить и путем ввода с клавиатуры номера устройства в соответствующее поле, расположенное рядом с выпадающим списком. В поле **Playback duration (s)** задаем продолжительность воспроизведения в секундах. В поле **Sample Rate (Hz)** необходимо ввести с клавиатуры значение частоты дискретизации в герцах. Необходимо отметить, что если вы предполагаете использовать динамик совместно с микрофоном, то частота дискретизации динамика и микрофона должна быть одинаковой. В противном случае частоту дискретизации следует установить вдвое больше частоты входного сигнала. В нижней части лицевой панели рассматриваемого прибора находится кнопка **Play Sound**, предусмотренная для воспроизведения звука. Операция станет возможной после сбора динамиком входных данных. Для этого необходимо запустить симуляцию схемы — по ее окончании кнопка **Play Sound** станет активной, что означает готовность к воспроизведению звуковых данных, которые динамик запомнил в процессе симуляции.

Генератор сигналов

Генератор сигналов генерирует синусоидальный, треугольный, прямоугольный и пилообразный сигналы. Настройка параметров прибора производится на его лицевой панели. Пиктограмма генератора сигналов на схеме и его лицевая панель представлены на рис. 12в. В левой верхней части панели расположено окно **Signal Information**, в котором можно задать:

- тип сигнала в поле **Signal type**;
- частоту в поле **frequency**;
- длительность прямоугольного импульса в поле **square wave duty cycle (%)**;
- амплитуду в поле **amplitude**;
- начальную фазу в поле **phase**;
- смещение постоянной составляющей в поле **offset**.

Генератор сигналов позволяет формировать на его выходе ограниченный по длительности радиоимпульс. Число периодов сигнала в радиоимпульсе задается частотой дискретизации и числом отсчетов, которые можно ввести в окне **Sampling Info** в полях **Sampling Rate (Hz)** и **Number of Samples** соответственно. В правой части лицевой панели генератора сигналов находится графический дисплей, предназначенный для графического отображения формы сигнала. В левом нижнем углу лицевой панели находится чекбокс **Repeat Data**. Установленный в данном чекбоксе флажок дает команду Multisim повторять радиоимпульс до тех пор, пока не будет остановлена симуляция. В том случае, если флажок снят, по истечении дли-

и выдает эти данные как источник сигнала, который Multisim использует в процессе симуляции. Перед началом симуляции необходимо произвести настройку параметров микрофона и записать звук. Рассмотрим подробнее работу с таким виртуальным прибором. Настройка параметров микрофона производится на его лицевой панели, которую можно открыть при помощи двойного щелчка левой кнопкой мыши по пиктограмме данного прибора в рабочем поле программы. Пиктограмма микрофона на схеме и его лицевая панель представлены на рис. 12а. В верхней части лицевой панели находится поле **Device**, где из выпадающего списка необходимо выбрать аудиоустройство, при помощи которого будет производиться запись звука, — это может быть встроенный либо внешний микрофон. Также аудиоустройство можно назначить путем ввода с клавиатуры номера устройства в поле ввода, расположенное рядом с выпадающим списком. В поле **Recording duration (s)** можно задать продолжительность записи в секундах. В поле **Sample Rate** при помощи установки переключателя в нужную позицию следует задать частоту дискретизации, диапазон значений которой составляет от 11 025 до 96 000 Гц. Необходимо отметить, что чем больше значение частоты дискретизации, тем выше качество выходного сигнала.

Установленный флажок в чекбоксе **Repeat Recorded Sound** дает команду Multisim повторять записанный сигнал до тех пор, пока не будет остановлена симуляция. В том случае, если флажок снят, по истечении времени проигрывания записанного сигнала Multisim будет продолжать симуляцию, однако выходной сигнал примет значение 0 В. В нижней части лицевой панели микрофона находится кнопка **Record Sound**, предназначенная для записи звука. После окончания записи микрофон сможет выводить записанный звук в виде звукового напряжения, которое можно будет использовать как источник сигнала.

Динамик

Динамик в Multisim проигрывает входящие звуковые данные (звуковое напряжение) при помощи звуковой карты компьютера. Перед началом симуляции необходимо произвести настройку параметров динамика. Звук проигрывается после остановки симуляции. Рассмотрим подробнее работу с данным виртуальным прибором. Настройка параметров динамика выполняется на его лицевой панели, которую можно открыть при помощи двойного щелчка левой кнопкой мыши по пиктограмме данного прибора в рабочем поле программы. Пиктограмма динамика на схеме и его лицевая панель представлены на рис. 12б. В верхней части лицевой панели

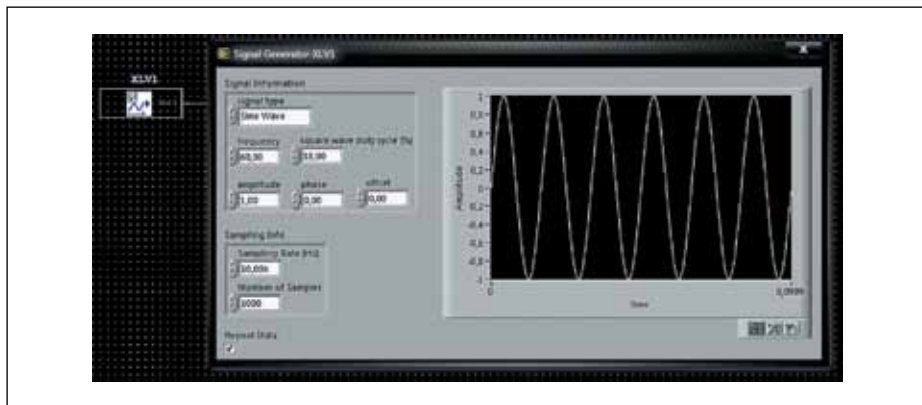


Рис. 12в. Пиктограмма на схеме и лицевая панель генератора сигналов

тельности радиоимпульса Multisim будет продолжать симуляцию, однако выходной сигнал примет значение 0 В. Прибор генерирует выходные данные после запуска симуляции схемы.

Анализатор сигналов

Анализатор сигналов в Multisim предназначен для получения, анализа и отображения таких данных, как временной профиль, энергетический спектр или бегущее среднее входящего сигнала. Пиктограмма анализатора сигналов на схеме и его лицевая панель показаны на рис. 12г. В верхней части лицевой панели находится три поля:

- **Analysis Type;**
- **Sampling Rate (Hz);**
- **Interpolation Method,**

в которых посредством ввода с клавиатуры или при помощи стрелок переключателей задаются необходимые значения.

В нижней части лицевой панели анализатора сигналов расположен графический дисплей, предназначенный для графического отображения формы сигнала. Прибор генерирует выходные данные после запуска симуляции схемы.

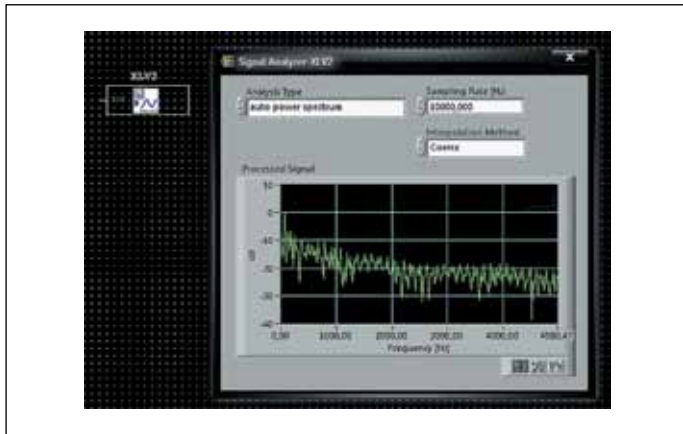


Рис. 12г. Пиктограмма на схеме и лицевая панель анализатора сигналов

Потоковый генератор сигналов

В Multisim потоковый генератор сигналов, так же как и генератор сигналов, генерирует синусоидальный, треугольный, прямоугольный и пилообразный сигналы. Потоковый генератор сигналов формирует на выходе непрерывный сигнал, в то время как генератор сигналов позволяет формировать ограниченный по длительности радиоимпульс. Настройка параметров рассматриваемого прибора производится на его лицевой панели. Пиктограмма потокового генератора сигналов на схеме и его лицевая панель представлены на рис. 12д. В левой верхней части панели расположено окно **Signal Information**, в котором можно задать:

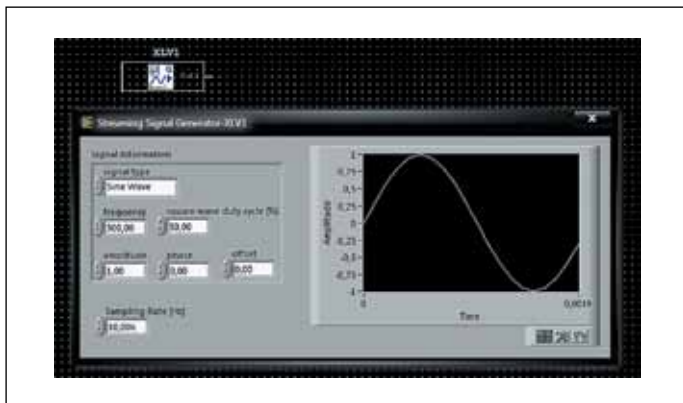


Рис. 12д. Пиктограмма на схеме и лицевая панель потокового генератора сигналов

- тип сигнала в поле **Signal type;**
- частоту в поле **frequency;**
- длительность прямоугольного импульса в поле **square wave duty cycle (%)**;
- амплитуду в поле **amplitude;**
- начальную фазу в поле **phase;**
- смещение постоянной составляющей в поле **offset.**

В нижней левой части лицевой панели прибора находится поле **Sampling Rate (Hz)**, где можно задать частоту дискретизации. В правой части лицевой панели потокового генератора сигналов находится графический дисплей, предназначенный для графического отображения формы сигнала. Прибор генерирует выходные данные после запуска симуляции схемы до тех пор, пока не будет нажата кнопка «**Stop**».

Измеритель комплексных сопротивлений

Измеритель комплексных сопротивлений предназначен для измерения комплексных параметров цепей на различных частотах или комплексного сопротивления. В Multisim этот прибор позволяет измерять активную, реактивную и полную величину комплексного сопротивления. Пример подключения измерителя комплексных сопротивлений к схеме и его лицевая панель показаны на рис. 13. Перед началом симуляции необходимо настроить параметры данного прибора. Для этого откройте его лицевую панель и в окне **Frequency sweep** задайте в полях **Start** и **Stop** соответственно начальную и конечную частоту диапазона анализа. В нижней левой части лицевой панели расположено окно **Output Options**, в котором находятся два поля:

- **Number of Points** — число точек анализа;
- **Scale Type** — закон изменения частоты; это поле может принимать значения:
 - **Linear** — диапазон исследуемых частот делится на одинаковые участки;
 - **Decade** — измерение производится на каждой декаде в таком количестве точек, которое задано для измерения;
 - **Octal** — измерения проводятся поочередно на промежутках частот, отличающихся на октаву.

Результаты измерений отображаются после запуска симуляции в таблице, помещенной в правой части лицевой панели прибора. Таблица содержит четыре поля:

- **f (Hz)** — частота развертки;
- **R (ohm)** — активное сопротивление;
- **X (ohm)** — реактивное сопротивление;
- **|Z| (ohm)** — полное сопротивление.

В нижней части лицевой панели прибора находится чекбокс **Clear Data when Simulation Starts**. В том случае, если в данном чекбоксе установлен флажок, после каждого запуска симуляции таблица результатов будет обновляться, при этом старые результаты измерений

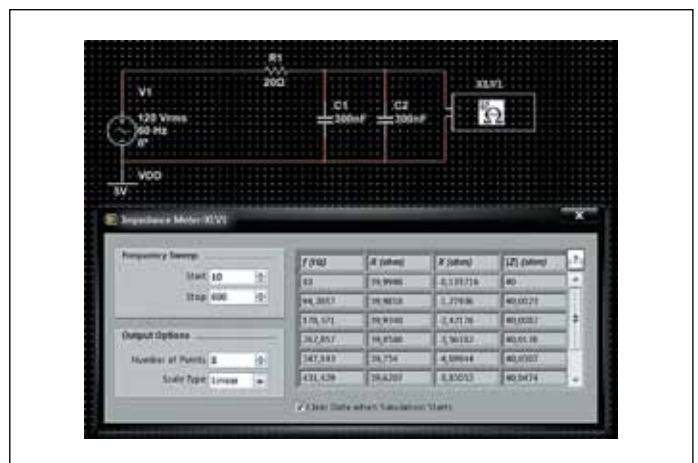


Рис. 13. Пример подключения измерителя комплексных сопротивлений к схеме и его лицевая панель

будут удалены. Если флажок снят — новые данные измерений будут добавляться в конец таблицы (причем старые данные доступны для просмотра).

Заключение

Использование программной среды Multisim при разработке электронных устройств позволяет значительно сократить сроки их отладки, ведь очевидно, что процесс моделирования в программной среде, при котором есть возможность проводить виртуальные испытания разработанной схемы, намного проще и экономичнее, чем проведение таких же испытаний на реальном макете. Кроме

того, использование данной программы моделирования позволяет существенно ускорить разработку сложных схем. ■

Литература

1. NI Circuit Design Suite — Getting Started with NI Circuit Design Suite, National Instruments, January 2012.
2. Технология виртуальных приборов компании National Instruments, National Instruments, 2013.
3. NI Multisim — Fundamentals, National Instruments, January 2012.
4. PROFESSIONAL EDITION RELEASE NOTES NI Circuit Design Suite Version 12.0.1, National Instruments, 2012.