

# Разработка модели цифрового компонента в Altium Designer

## Часть 3

Юрий Леган (yuri.legan@altium.com)

В статье рассмотрены задачи моделирования смешанных электрических цепей, приведены сведения о возможностях интегрированного имитатора электрических цепей Altium Designer, дано описание процесса разработки модели четырёхразрядного счётчика микросхемы MC14520B фирмы On Semiconductor от сбора исходных данных до формирования компонента библиотеки. В третьей части представлен процесс разработки макромодели компонента.

### Разработка компонента интегрированной библиотеки

Реализацию модели компонента для дальнейшего применения удобно выполнить в виде макромодели, которую часто называют подсхемой (subcircuit). Макромодели для имитатора электрических цепей Altium Designer должны находиться в файлах с расширением .ckt. Файл .ckt представляет собой простой текст и может содержать несколько макромоделей, т.е., по сути, может являться библиотекой макромоделей компонентов. Однако для удобства работы, как правило, размещают одну макромодель.

Чтобы сформировать макромодель, необходимо соблюсти требования SPICE-языка. Описание макромодели состоит из четырёх основных частей, три из которых являются обязательными:

1. объявление макромодели с перечнем внутренних узлов, которые являются портами макромодели для соединения с другими моделями и макромоделями схемы (обязательная часть);
2. параметры макромодели, которые позволяют выполнить более точную настройку поведения макромодели без необходимости её изменения (необязательная часть);
3. тело макромодели, которое реализует основную функциональность макромодели и состоит из моделей-экземпляров, реализующих модели имитатора или другие макромодели (обязательная часть);
4. закрытие макромодели (обязательная часть).

Объявление макромодели должно иметь следующий вид:

```
.subckt <имя макромодели> <узел макромодели 1> [<узел макромодели 2>...<узел макромодели n>]
```

Обязательное ключевое слово *.subckt* указывает на начало описания макромодели. В объявлении должно присутствовать название макромодели, уникальное в пределах множества доступных имитатору файлов макромоделей. Обязательно должен присутствовать хотя бы один узел макромодели, осуществляющий взаимосвязь тела макромодели и её окружения. При этом перечисление узлов при вызове макромодели должно иметь тот же порядок, что и в объявлении макромодели. В квадратных скобках здесь и далее указаны необязательные параметры.

Объявление параметров макромодели должно быть выполнено в строке объявления макромодели и имеет следующий вид:

```
params: <имя параметра 1>=<значение по умолчанию> [, <имя параметра 2>=<значение по умолчанию>], ... <имя параметра m>=<значение по умолчанию> ]
```

Ключевое слово *params* должно присутствовать только при наличии хотя бы одного параметра макромодели. Версия имитатора для Altium Designer до 19.1 включительно требует обязательного наличия фигурных скобок при объявлении значения параметра по умолчанию. В Altium Designer 20.0 и последующих версиях синтаксис SPICE-языка является более гибким и позволяет опускать фигурные скобки. Обращение к параметру макромодели может быть выполнено по имени, но строго в пределах данной макромодели. Как правило, объ-

явление параметров выполняют в следующей за объявлением макромодели строке, предваряя объявление параметров знаком «+»:

```
+ params: ...
```

Использование отдельной строки при объявлении параметров делает код более удобочитаемым.

Тело макромодели должно содержать хотя бы одну модель-экземпляр или макромодель, имеющую в своём вызове указание узла/узлов макромодели. При необходимости тело макромодели может содержать не только вызовы моделей-экземпляров и макромоделей, но и объявления их прототипов. Модель-прототип – это описание встроенной модели имитатора, снабжённое определениями её параметров. Модель-экземпляр – это вызов модели-прототипа. На одну модель-прототип может ссылаться множество моделей-экземпляров. Встроенная модель имитатора, указанная в объявлении модели-прототипа, указывает имитатору тип модели-прототипа.

Пример вызова модели-экземпляра D1, имеющей модель-прототип *dbulk*, подключённую к узлам *anode* и *cathode* электрической цепи:

```
D1 anode cathode dbulk
```

Пример объявления модели-экземпляра *dbulk* типа D (диод) с определённым значением параметра  $IS=10^{-7}$ :

```
.model dbulk D(IS=1e-7)
```

Закрытие макромодели всегда имеет вид:

```
.ends [<имя макромодели>]
```

Формирование файла задания имитатора для расчёта электрической цепи. С помощью выполненного в задании описания построенной модели микросхемы MC14520B можно выполнить с минимальными корректировками, используя файл из задания на моделирование (см. рис. 17). На рисунке 18 показан фрагмент кода со строкой объявления макромодели.

Перечень параметров (см. рис. 19), которые требуется менять в объявлении макромодели, следует преобразовать согласно ука-



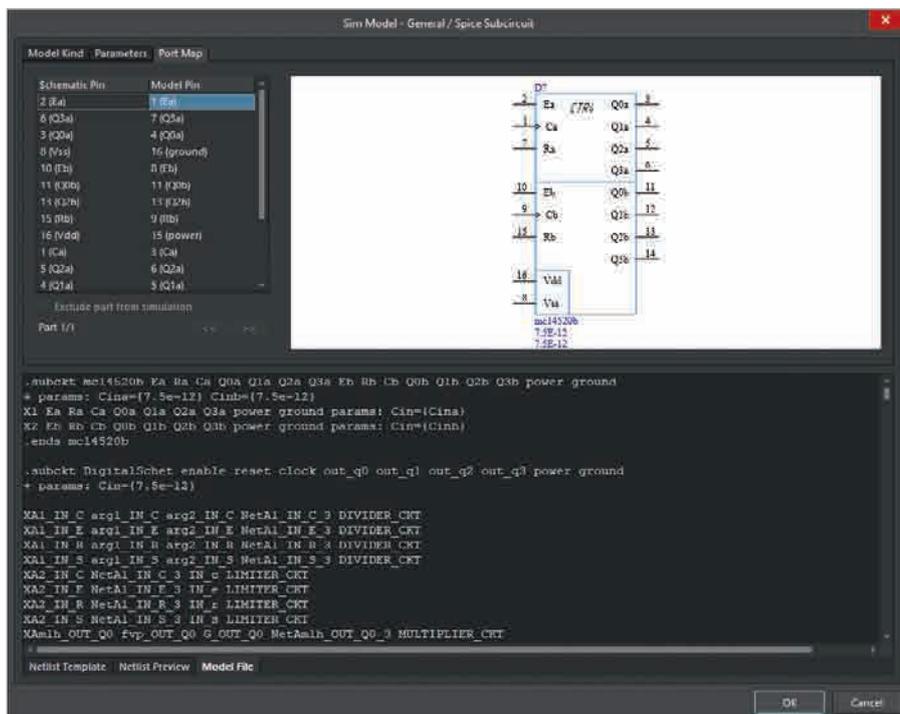


Рис. 26. Таблица назначения выводов условного графического обозначения портам макромоделли

В статье подробно описаны процессы разработки модели и применение для этих целей средств моделирования Altium Designer как средства верификации.

В качестве дополнительных материалов для изучения имитатора электрических цепей автор рекомендует обратиться к руководству пользова-

теля [1] и библиотеке базовых моделей имитатора Altium Mixed Sim Primitive Library.IntLib [2]. Библиотека будет хорошим подспорьем для начинающих пользователей имитатора, т.к. большинство компонентов в ней сопровождается описанием на русском языке и примерами электрических цепей включения в виде отдельных проектов. Таким образом, библиотека играет роль практического пособия. Все компоненты библиотеки снабжены условными графическими обозначениями, соответствующими определениям ЕСКД (ГОСТ 2.721).

### Литература

1. Altium Mixed Sim. Руководство пользователя Altium Designer. Сайт компании Altium. URL: <https://resources.altium.com/sites/default/files/2020-05/Altium Mixed Sim - Руководство пользователя Altium Designer.pdf>.
2. Библиотека базовых моделей Sim Lib GOST. Сайт представительства компании Altium в России и СНГ. URL: <https://www.altium.ru.com/sites/default/files/attachments/Sim%20Lib%20GOST.zip>.



# Надежные тестовые решения требуют лучших технологий

- РАЗРАБОТКА**  
Получайте полностью работоспособные опытные образцы
- ПРОИЗВОДСТВО**  
Сделайте производственную линию совершенной с технологиями JTAG
- СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ**  
Ремонтируйте цифровые платы даже при отсутствии CAD-данных на них

**JTAG** 25 years  
TECHNOLOGY

We are boundary-scan.®

www.jtag.com • www.jtaglive.com • +7 812 602 09 15 • russia@jtag.com

Реклама