





Рис. 2. Назначение имени варианта

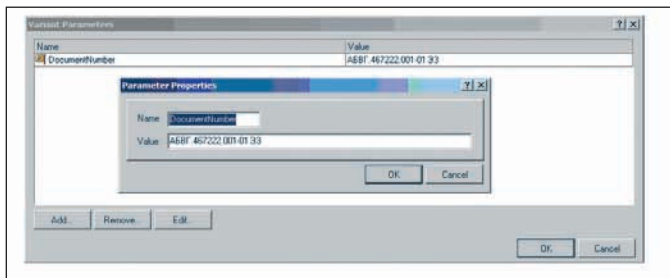


Рис. 3. Назначение параметров варианта

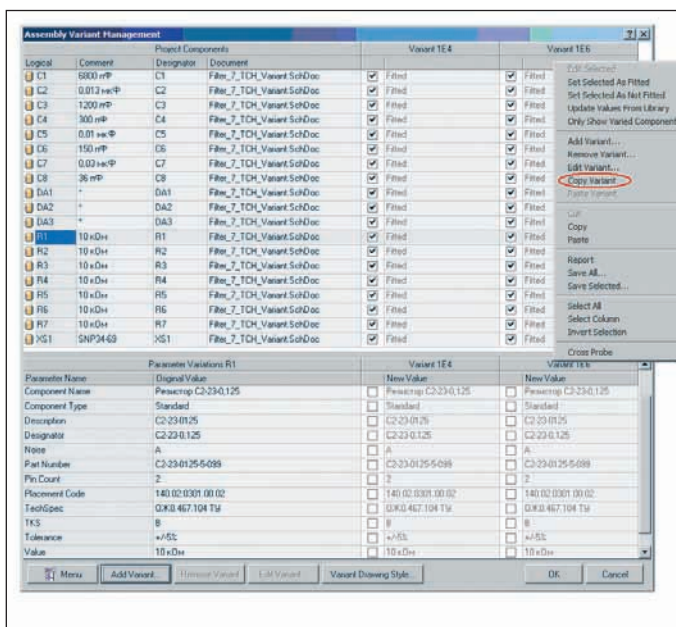


Рис. 4. Диалог управления с назначенными вариантами

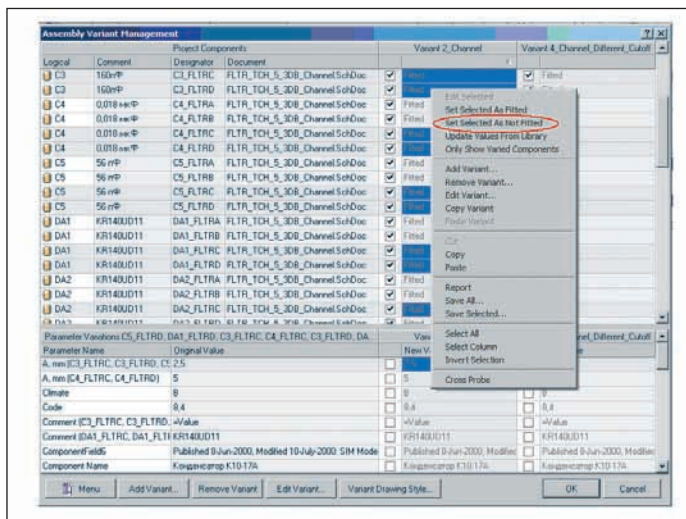


Рис. 5. Исключение компонентов из альтернативного варианта

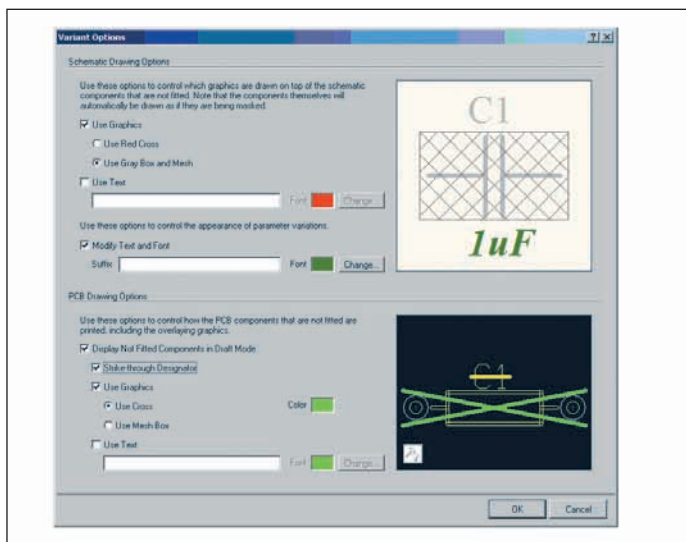


Рис. 6. Настройка графического отображения исключаемых компонентов

В колонках верхнего списка отображены:

- **Logical** — позиционное обозначение компонента в схемном документе проекта;
- **Comment** — комментарий. Для резисторов, конденсаторов и катушек удобно, чтобы это был номинал; для других компонентов — обозначение, определенное в поле **Comment** свойств компонента в библиотеке или в схемном документе;
- **Designator** — обозначение компонента в документе печатной платы. Чаще всего оно совпадает с позиционным обозначением в схеме, за исключением многоканальных проектов, когда компоненту схемы в каждом канале присваивается свое уникальное обозначение, состоящее из позиционного обозначения по схеме и суффикса-обозначения канала;
- **Document** — файловое имя исходного схемного документа. Будущие варианты исполнения пока не определены, и правая половина диалогового окна пуста.

2. Нажатием кнопки **Add Variant** активизируем формирование нового варианта: открывается диалог назначения его имени (рис. 2).

3. В поле **Name** окна (рис. 2) впишем имя нового варианта.
4. Кнопкой **Parameters** активизируем диалог определения параметров варианта. Открывается диалоговое окно свойств параметра **Variant Parameters** (рис. 3).
5. Нажатием кнопки **Add** начинаем операцию назначения параметра. Поверх окна открывается диалог присвоения имени и значения параметра варианта (рис. 3). В поля **Name (Имя)** и **Value (Значение)** впишем имя и значение нового параметра. После нажатия кнопки **OK** имя и значение нового параметра передаются в окно свойств. Нажатием кнопки **Add** могут быть повторены действия пунктов 2-4 и назначены новые параметры варианта. Если в качестве такого параметра использовать обозначение схемного документа (на рис. 3 это параметр **DocumentNumber**), его значение **Value** будет выведено в распечатку схемного документа.
6. Повторяя действия, описанные в пунктах 2-5, можно назначить несколько вариантов сборки для текущего проекта. В нашем примере назовем два альтернативных варианта — вариант с двумя каналами фильтра **Variant 2-Channel** и четырехканальный вариант с разными частотами

тами среза ЧХ в каналах *Variant 4_Channel_Different_Cutoff*.

Колонки правого поля диалогового окна управления *Assembly Variant Management* заполняются сведениями об альтернативных вариантах (рис. 4). Поскольку на данной стадии состав и параметры компонентов альтернативных вариантов пока еще не редактировались, в строках правых полей верхней части диалогового окна (рис. 4) установлены флажки *Fitted (Совпадает)*, а в нижней части продублирован список параметров компонента, указанного курсором в списке базового варианта.

Редактирование вариантов

Изменение порядка следования вариантов

Для изменения порядка следования вариантов в окне (рис. 4) следует навести курсор на заголовок столбца варианта и переместить его при нажатой левой клавише мыши в нужное положение в таблице.

Удаление варианта

Для удаления лишнего варианта щелкните левой клавишей мыши на любой ячейке в колонке варианта и нажмите кнопку *Remove Variant* или задайте аналогичную команду из контекстного меню.

Дублирование варианта

Встречаются случаи, когда несколько альтернативных вариантов очень похожи друг на друга, но сильно отличаются от базового. Чтобы уменьшить объем редактирования, можно отредактировать один из вариантов, а затем командами *Copy Variant/Paste Variant* контекстного меню или аналогичными командами, вызываемыми нажатием кнопки *Menu* в окне, приведенном на рис. 4, образовать необходимое число его копий, в которые уже и вносить изменения. При этом, как отмечалось в пунктах 2-5 предыдущего раздела, при вставке из буфера обмена следует назначить имя и параметры дублируемого варианта.

Изменение состава компонентов альтернативного варианта

1. Для исключения компонентов в выбранном варианте следует сбросить флажки *Fitted* напротив них.
2. Кроме того, можно, удерживая клавишу CTRL, выбрать группу компонентов и сбросить флажки *Fitted* у всей группы выбранных компонентов командой контекстного меню *Set Selected As Not Fitted* или аналогичной командой меню, вызываемого кнопкой *Menu*, расположенной в левом нижнем углу диалогового окна (рис. 5). У отмеченных компонентов сбрасываются флажки *Fitted*. В нашем примере это все компоненты фильтров-каналов FLTRC и FLTRD.
3. Кнопкой *Variant Drawing Style* активизируйте диалог настройки стиля графического отображения варианта (рис. 6).
 - В поле *Schematic Drawing Options* (настройки черчения схемы):
 - Установите (или нет) флажок *Use Graphics*. При установленном флажке становятся доступными режимы отображения компонентов, исключаемых из схемы варианта:
 - *Use Red Cross* — перечеркивать компоненты красным крестом;

- *Use Gray Box and Mesh* — накрывать светло-серой сеткой.

Сам компонент, независимо от установки флажка *Use Graphics* и других настроек, изображается в схеме маскированным.

- Установите (или нет) флажок *Use Text*: при установленном флажке текст, вводимый в нижележащем поле, пишется поверх компонента в схеме.
- Установите (или нет) флажок *Modify Text and Font* — модифицировать текст и гарнитуру, что позволяет изменять отображение параметров компонента в схеме.
- В поле *PCB Drawing Options (Настройки черчения платы)*:
 - Установите флажок *Display Not Fitted Components in Draft Mode* — изображать ТПМ исключаемых компонентов контурной линией; без этого флажка исключаемые компоненты не отображаются. При установленном флажке становятся доступными следующие настройки:
 - *Strike-through Designator* — перечеркивать позиционное обозначение компонента;
 - *Use Graphics* — отмечать исключаемый компонент:
 - *Use Cross* — перечеркивать ТПМ крестом;
 - *Use Mesh Box* — накрывать ТПМ прямоугольной сеткой;
 - *Use Text* — при установке этого флажка поверх ТПМ пишется текст, вводимый в нижележащее поле с клавиатуры.

Редактирование параметров компонентов

В простых случаях, когда необходимо изменить значения параметров одного-двух компонентов (сопротивление резистора или емкость конденсатора), следует произвести следующие действия.

1. Выбрать курсором в окне (рис. 5) обозначение компонента, подлежащего редактированию. Параметры выбранного компонента отобразятся в полях параметров базового и всех альтернативных вариантов.
2. В колонке интересующего нас варианта указать курсором необходимый параметр и установить напротив него флажок ☒.
3. Ячейка активируется. Ввести в ячейку новое значение параметра.

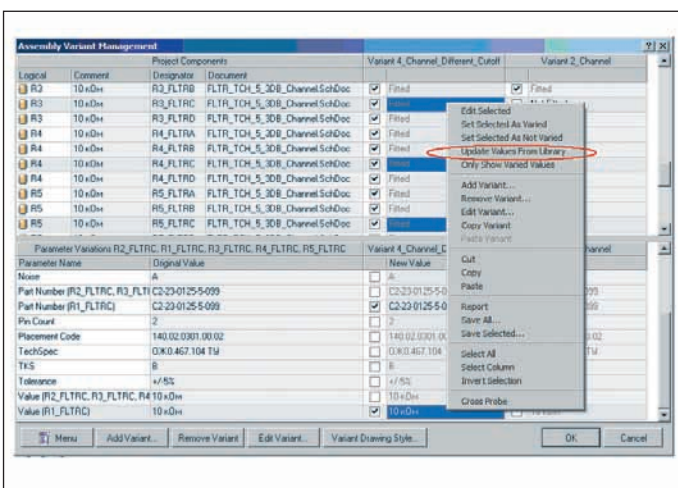


Рис. 7. Подготовка передачи параметров из библиотеки

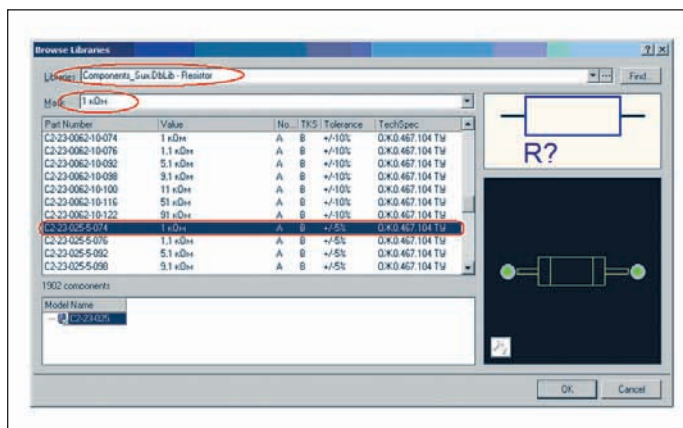


Рис. 8. Выбор компонента в библиотеке

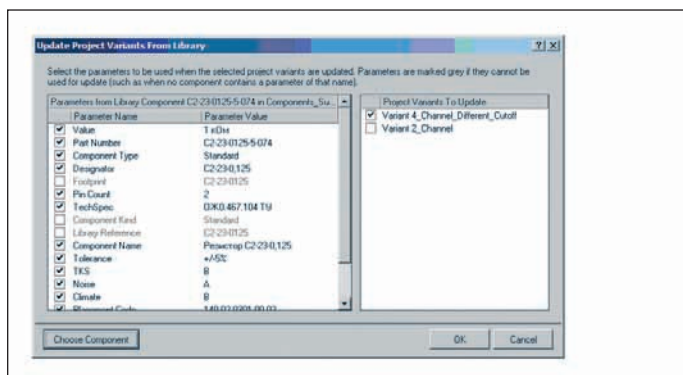


Рис. 9. Подтверждение изменения параметров варианта

В более сложных случаях приходится вводить новые значения таких параметров, как 16-значное имя компонента в библиотеке или базе данных, обозначение документа на поставку и т.п., да еще и не у одного компонента, а у целой группы. Возможны различные способы группового редактирования. Рассмотрим некоторые из них на нашем примере четырехканального модуля фильтров.

1. В открытом диалоговом окне *Assembly Variant Management* выберите компоненты одного из каналов проекта. В нашем примере это резисторы R1...R5 канала FLTRB.
2. В списке параметров варианта *Variant 4_Channel...* установите флажки активности ячеек ☒ параметров *Value* и *Part Number*.
3. В активные ячейки введите новые значения номинала резистора и обозначения компонента в библиотеке или в базе данных.
4. Нажатием **OK** завершите редактирование параметров.

Однако данный способ редактирования все же требует точного знания новых значений, присваиваемых параметрам. Рассмотрим более предпочтительный.

1. Выполните действия, описанные в пунктах 1 и 2 для резисторов канала FLTRC.
2. Щелчком правой клавиши мыши в любой ячейке списка параметров группы выбранных компонентов вызовите контекстное меню и задайте в нем команду *Update Values From Library* (рис. 7).
3. Открывается окно поиска компонентов в библиотеках (рис. 8). В нашем примере компоненты проекта извлекаются из библиотечной структуры *.DbLib, связанной с

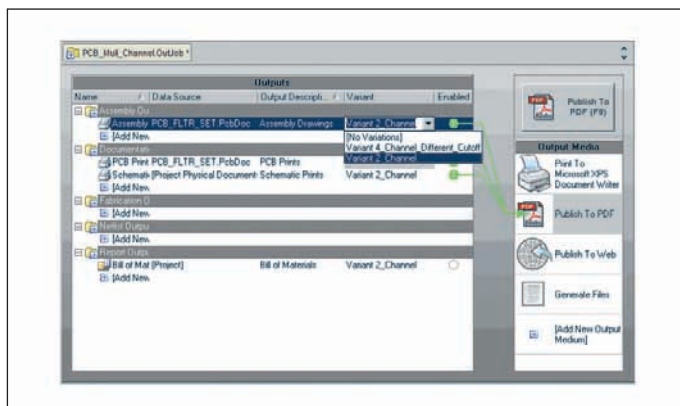


Рис. 10. Оболочка файла выходных данных проекта

внешней базой данных *Components.mdb*. Для извлечения компонента из библиотеки следует:

- в поле *Libraries* выбрать имя библиотечного файла. В нашем примере это имя таблицы резисторов библиотечной структуры *Components_Sux.DbLib – Resistor*;
- в поле *Mask* указать номинальное значение искомого резистора – 1 кОм. В центральном поле окна открывается список компонентов, номинал которых заканчивается сочетанием символов 1 кОм (для сокращения списка можно было бы в таблице базы данных указать номинал 1,0 кОм, но такая запись противоречила бы правилу заполнения записей в текстовых документах по ЕСКД – перечне элементов, спецификации и др.);
- выбрать в списке резистор C2-23-0125-5-074 с номиналом 1 кОм и нажатием **OK** продолжить выполнение операции.

4. Открывается окно подтверждения операции *Update Project Variants From Library* (рис. 9):

- в левом поле этого окна выводится список параметров выбранного компонента;
- в правом поле установите флажок ☒ напротив имени варианта;
- нажатием **OK** завершите выполнение операции. Обновленные параметры – номинал и имя библиотечного компонента – отображаются в ячейках таблицы параметров всех выбранных компонентов (рис. 7).

5. Повторите действия, описанные в пунктах 1-4 для резисторов R1...R5 канала FLTRD, выбрав при этом номинальное значение резистора 1 МОм.

В результате частота среза фильтров в каналах установится равной 159 Гц, 1590 Гц, 15,9 кГц и 159 кГц (круговые частоты среза, соответственно, 10^3 , 10^4 , 10^5 и 10^6 1/с).

Приведенные примеры не охватывают полностью приемы редактирования состава и параметров компонентов в вариантах проекта. Подробное описание всех этих приемов приведено в документе HELP-системы *AP0128 Managing Design Variation with Variants.pdf*. Мы же рассмотрим, как результаты формирования вариантов отображаются в выходных данных проекта.

Отображение вариантов в документах проекта

Схемные документы проекта

Собственно в схемном документе проекта варианты сборки никак не отображаются. Для отображения состава вариан-

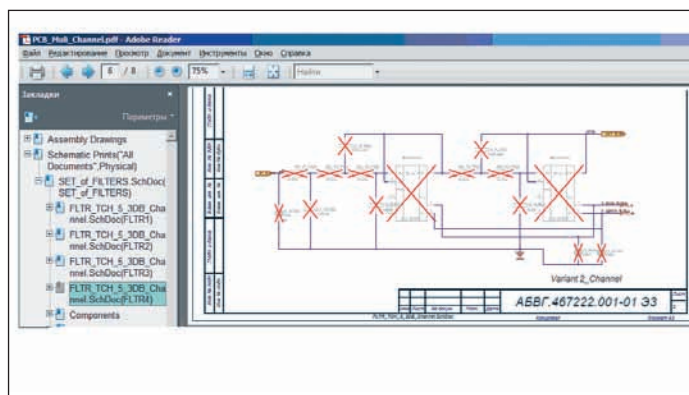


Рис. 11. Распечатка схемного документа

тов служит функция формирования файла выходных данных проекта <Имя_проекта>.OutJob. Оболочка *OutputJob Editor* автоматически присоединяется к документам проекта, в ветвь *Settings* → *Output Job Files* дерева документов проекта (рис. 10).

- По умолчанию доступны распечатки следующих документов:
 - *Assembly Drawings* — сборочных чертежей;
 - *PCB Prints* — документа печатной платы (вид платы «на просвет», с компонентами и печатными проводниками);
 - *Schematic Prints* — схемных документов;
 - *Bill of Materials* — списка «материалов» (компонентов проекта).
- В колонке *Variant* может быть выбран вариант проекта для каждого документа.
- В колонке *Enabled (Активировано)* щелчком левой клавиши мыши назначается документ, подлежащий распечатке. Активируется метка зеленого цвета.
- Щелчком левой клавиши мыши на одном из значков в правом поле назначается среда для вывода документа. К выбранному значку от значка *Enabled* протягивается стрелка.
- Нажатием кнопки в правом верхнем углу окна, приведенного на рис. 10, запускается формирование графических документов. В нашем случае выполняется вывод графических документов в PDF-формате Adobe Acrobat.

В распечатке схемного документа отображаются действующие в выбранном варианте и исключенные из него компоненты (рис. 11).

В приведенном на рис. 11 примере показана схема канала многоканального проекта, полностью исключенного из сборки.

В основную надпись документа вносится обозначение по ГОСТ 2.201-80, включенное в состав параметров варианта. Чтобы в распечатанном схемном документе содержалась информация о варианте, на свободном месте или в дополнительной графе основной надписи исходного схемного документа проекта командой *Place* → *Text String* должна быть размещена «специальная строка» =*VariantName*, которая при формировании распечатки конвертируется в обозначение варианта.

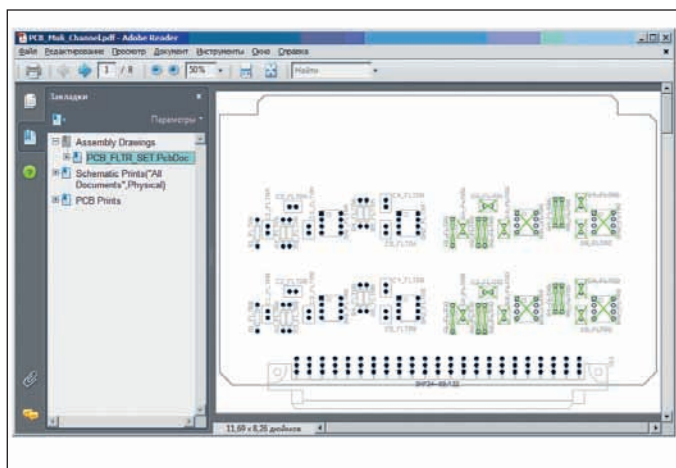


Рис. 12. Вариант сборки функционального узла

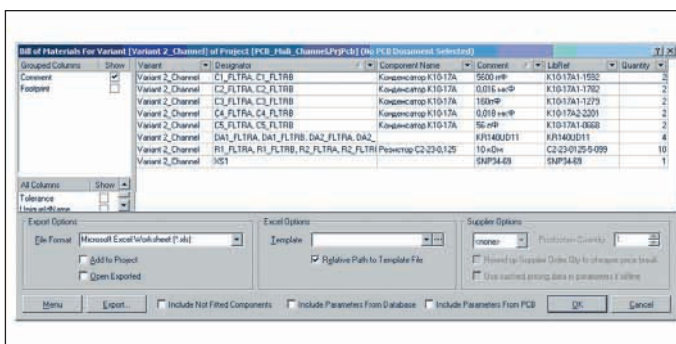


Рис. 13. Список BOM для выбранного варианта

Документ печатной платы

В распечатке РСВ-документа печатной платы особенности вариантов проекта также никак не отражены. Плата отображается полностью, как она выводится в окне графического редактора программы — с видом всех слоев «на просвет». В распечатку передается вид всех объектов РСВ-документа: посадочных мест компонентов, печатных проводников, контуров платы, элементов сборки. Такое изображение, с точки зрения требований ЕСКД, не может приниматься ни как конструкторский документ на печатную плату, ни как сборочный чертеж.

Распечатка сборки

В распечатку *Assembly Drawings* передается вид выбранного варианта сборки. Компоненты, исключенные из сборки, в зависимости от настройки отображения, показанного на рис. 6, изображаются перечеркнутыми, накрытыми сеткой или не показываются вовсе (рис. 12).

Последний вариант представляет сборку узла наиболее реалистично. Если же при формировании вариантов производилось только редактирование параметров компонентов или замена компонентов другими, но с теми же посадочными местами, вид сборки таких вариантов повторяет вид сборки базового варианта.

Если в РСВ-документе проекта к интегральному образу печатной платы в одном из механических слоев присоединен бланк форматки, он наряду с размерами, таблицами, тексто-

выми техническими требованиями тоже включается в распечатку.

Список *Bill of Materials*

Список компонентов проекта *Bill of Materials* из оболочки *Output Job Editor* составляется для варианта сборки, который выбирается командой главного меню *View* → *Toolbars* → *Assembly Variants*.

Как обычно, управляя составом параметров компонентов в списке, образуем записи, приближающиеся по форме к записям перечня элементов по ЕСКД (рис. 13).

В нашем примере четырехканального модуля фильтров в колонке *Variant* отображается вариант проекта, принятый для составления выходных документов. Компоненты с одинаковым значением поля *Comment* помещаются в одну строку списка. Поскольку при редактировании параметров компонентов в вариантах проекта присвоенное значение номинала *Value* не передается параметру *Comment*, такие компонен-

Comment	Designator	Component Name	TCC	Val	Value	Toler	Noise	TKS	Clavate	TechSpec	Quantity
H51	5000 nF	C1_FLTRA, C1_FLTRB, C1_FLTRC Конденсатор K10-17A	M750	50 B	5000 nF	+/-5%			B	ОЖО.460.104 ТУ	4
H20	0.010 nF	C2_FLTRA, C2_FLTRB, C2_FLTRC Конденсатор K10-17A	H20	50 B	0.010 nF	+/-20%			B	ОЖО.460.104 ТУ	4
M750	0.010 nF	C4_FLTRA, C4_FLTRB, C4_FLTRC Конденсатор K10-17A	M750	50 B	0.010 nF	+/-5%			B	ОЖО.460.104 ТУ	4
M447	100 nF	C3_FLTRA, C3_FLTRB, C3_FLTRC Конденсатор K10-17A	M447	50 B	100 nF	+/-5%			B	ОЖО.460.104 ТУ	4
M60	56 nF	C5_FLTRA, C5_FLTRB, C5_FLTRC Конденсатор K10-17A	M60	50 B	56 nF	+/-10%			B	ОЖО.460.104 ТУ	4
M100	1 M	R1_FLTRD, R2_FLTRD, R3_FLTRC Резистор C2-250.125			1 M	+/-5%	A	B	B	ОЖО.467.104 ТУ	5
	10 n	R1_FLTRC, R2_FLTRC, R3_FLTRC Резистор C2-250.125			10 n	+/-5%	A	B	B	ОЖО.467.104 ТУ	5
	10 nDn	R1_FLTRA, R2_FLTRA, R3_FLTRA Резистор C2-250.125			10 nDn	+/-5%	A	B	B	ОЖО.467.104 ТУ	5
	100 nDn	R1_FLTRB, R2_FLTRB, R3_FLTRB Резистор C2-250.125			100 nDn	+/-5%	A	B	B	ОЖО.467.104 ТУ	5

Рис. 14. Сортировка по номиналу в списке BOM

ты попадают в одну запись списка BOM: в графе *Comment* у них стоит значение номинала исходного варианта, а в графе *Value* в одной клетке таблицы перечислены все номиналы, присвоенные в варианте. Понять, какой номинал принадлежит какому компоненту, и автоматизировать составление записи перечня элементов в таких условиях невозможно. Однако из этого положения можно выйти: при редактировании параметров компонентов варианта укажите в поле *Project Components* (рис. 5) необходимый компонент, активируйте (установкой флажка) в поле параметров варианта ячейку *Comment* и вручную присвойте параметру *Comment* новое значение *Value*. В этом случае компоненты в списке BOM будут отсортированы по номиналу (рис. 14).

Позиционные обозначения компонентов каждого канала приводятся с суффиксами-именами каналов.

Удастся ли преобразовать эти записи в полноценный перечень элементов — это уже вопрос экспорта и применения необходимых программных средств вне пределов Altium Designer. Известные попытки формирования перечня элементов по ЕСКД основаны, как правило, на экспорте списка BOM и на обработке данных в среде электронных таблиц Microsoft Excel.

Рассмотрим теперь, каким образом документы многовариантного проекта могут быть приведены в соответствие требованиям ГОСТ 2.113-75 к групповым или базовым конструкторским документам. Начнем с документов однока-

ного перечня элементов напротив позиционных обозначений этих «переменных» компонентов дается ссылка на таблицу вариантов (ГОСТ 2.113-75, Приложение 13). Сами варианты исполнения проекта могут быть заявлены с помощью рассмотренной процедуры и отображены в выходных распечатках, но перечень элементов и таблица вариантов должны составляться на листе схемы вручную.

- Если перечень элементов выпускается отдельным документом, а схема содержит большое количество переменных элементов, ГОСТ 2.113-75 рекомендует выпускать несколько перечней элементов в виде самостоятельных документов, каждый из которых распространяется на одно или несколько исполнений. В этом случае схема и перечень элементов базового варианта могут служить групповым документом, а для каждого варианта составляется список BOM, после чего, как обычно, может быть предпринята попытка сформировать перечни элементов для исполнений.

3. Схемные документы многоканального проекта как в безвариантном, так и в многовариантном исполнении также не отвечают требованиям ЕСКД к схемам. Выходом из положения является отказ от многоканального проекта по правилам Altium Designer и составление схемы в виде одноуровневого многолистового документа с явным воспроизведением всех каналов. В этом случае варианты исполнения явно отображаются в распечатках графических документов и относительно легко передаются в перечень элементов на всю схему и для всех вариантов.

Распечатки вариантов сборки могут быть выпущены как чертежи исполнений изделия. При этом без существенной доработки они не будут полноценным сборочным чертежом по ГОСТ 2.109-73: в них недостает изображения составных частей сборки, присоединяемых на стадиях выполнения работы, следующих за стадией проектирования печатной платы, отсутствуют виды проекций сборочной единицы и другие элементы.

В результате можно сделать вывод, что, как уже неоднократно отмечалось, иностранные разработчики «электронных» САПР ориентируют свои продукты на «бездокументное» производство функциональных узлов на печатных платах или на систему стандартов, принятую в странах происхождения этих САПР. Желая выпускать на свои изделия комплекты конструкторской документации по ЕСКД (все равно — на бумаге или в виде электронных документов) приходится самостоятельно искать такую возможность, используя функции экспорта CAD-файлов в среду тех или иных «машиностроительных» конструкторских систем или других специализированных приложений. Обещания производителей САПР, представленных на российском рынке, адаптировать свои продукты к требованиям стандартов ЕСКД пока далеки от исполнения.

Владислав Суходольский
Бюро ESG,
специалист по Altium Designer,
доцент кафедры микрорадиоэлектроники
и технологии радиоаппаратуры
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»