И. Барабанцев, Ю. Потапов

Рисуем схемы по ГОСТ
(особенности национального рисования схем)

В области проектирования электронных устройств проблема оформления документации согласно требованиям ГОСТ стояла всегда очень остро. Связано это с тем, что большинство используемых в настоящий момент систем проектирования импортные. В конце 80-х годов в нашей стране появился и успешно прижился продукт P-CAD. Высокая функциональность этого пакета оказала двоякое влияние на отечественную электронную промышленность.

С одной стороны, она стимулировала развитие различных АСУ предприятий, которые использовали открытый формат данных этой системы для обмена информацией между своими модулями. P-CAD 4.5 получил всеобщее распространение и стал "российским стандартом" де-факто, а его последующие версии 8.5 и выше даже были нелегально локализованы. Почти всё производство использовало файлы P-CAD для создания управляющих файлов для изготовления фотошаблонов и сверления. В ряде институтов были разработаны системы моделирования цифровых и аналоговых устройств, использовавшие программу PC-CAPS в качестве редактора схем, а также системы автоматической трассировки на базе редактора плат PC-CARDS. Кое-где с помощью P-CAD пытались разрабатывать даже СВЧ-устройства.

С другой стороны, наличие столь мощной и бесконтрольно распространяемой системы проектирования резко сдерживало развитие собственных разработок. Пик освоения P-CAD для DOS пришёлся на период, когда появилась операционная система Windows с поддержкой кириллицы и длинных имён файлов. Разрабатываемые же в это время отечественные программы, так или иначе, должны были быть похожими или совместимыми с англоязычным P-CAD для DOS. А значит, рано или поздно они упирались в набор языковых ограничений, которые преодолевались самыми замысловатыми способами. Последующие изменения в экономике страны ещё более усугубили ситуацию.

Продукт P-CAD тем временем продолжал развиваться, никак не ориентируясь на ту шестую часть суши, где был так популярен. В Windows версии P-CAD (ACCEL EDA) были введены инструменты Document Toolbox, ориентированные на оформление документации согласно IEEE и ISO. Единичные продажи лицензионных версий в России не позволяли требовать от разработчиков адаптации её к отечественным ГОСТ. Проблему переложили на плечи самих пользователей, дав им в руки DBX-интерфейс, позволяющий разрабатывать надстройки к программе. Однако, даже имея в руках необходимые DBX-утилиты, отечественный пользователь всегда был вынужден играть по чужим правилам.

Единственным разумным выходом в данной ситуации была разработка отечественного продукта, предназначенного для проектирования электроники и полностью соответствующего требованиям ГОСТ. Задача была разбита на несколько этапов. В конце 2001 года на свет появилась первая версия программы оформления текстовой документации по ГОСТ, получившей название TDD. Это полностью автономное приложение было призвано преобразовывать текстовую документацию, подготовленную в самых различных импортных системах проектирования в виде списков используемых материалов (BOM, *Bill of Materials*).

Проблема языковой совместимости (ряд западных систем и сейчас не допускают использование кириллицы) была решена весьма оригинальным способом. Для хранения русскоязычной информации были применены базы данных, горячую связь с которыми операционная система позволяет осуществлять через ODBC-интерфейс. Таким образом, программа TDD, с одной стороны, загружает список используемых материалов (BOM) в виде таблицы из двух столбцов, содержащих уникальные позиционные обозначения и идентификационные коды компонентов. С другой стороны, в программу TDD попадает информация из внешней базы данных, на структуру которой не накладывается никаких ограничений, за исключением того, что все представленные в ней компоненты должны иметь аналогичные идентификационные коды. Именно по этим кодам программа TDD связывает данные, полученные из двух описанных выше источников, и заносит их во внутреннюю электронную таблицу. Формирование из этой таблицы текстовых документов по ГОСТ стало делом техники. Учитывая популярность системы P-CAD, в программу TDD была введена возможность прямого обмена данными через ASCII формат. Гибкость программы позволяет одинаково легко

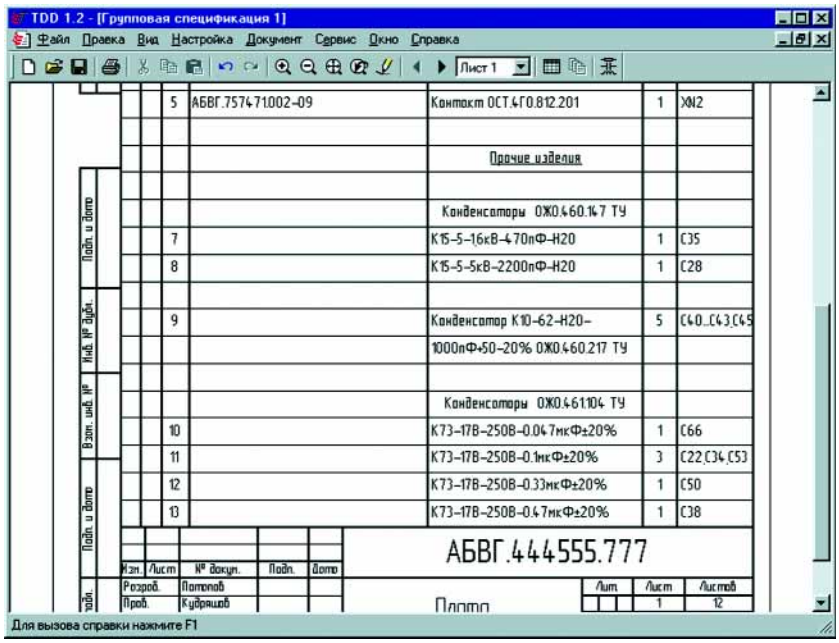

Рисунок 1 **Оформление спецификации в программе TDD**

оформлять текстовую документацию для проектов, разработанных в любых САПР, электронных или механических, DOS или Windows, поддерживающих или не поддерживающих русский язык (рис. 1).

Следующим этапом создания отечественной системы проектирования явилась разработка редактора принципиальных схем. Данная задача оказалась на порядок сложнее, причём её сложность стала проявляться по мере осуществления. Редактор схем получил название Schemagee (читается "схемаджи").

Чтобы многолетний труд пользователей зарубежных САПР по созданию библиотек электронных компонентов не пропал даром с переходом на отечественную систему проектирования, было решено, что новая программа должна давать возможность использовать при построении схем все эти библиотеки. Таким образом, в первой версии программы Schemagee появилась возможность импорта библиотечных компонентов из наиболее популярной системы проектирования P-CAD (ACCEL EDA), а точнее, из её файлов библиотек и схем формата ASCII.

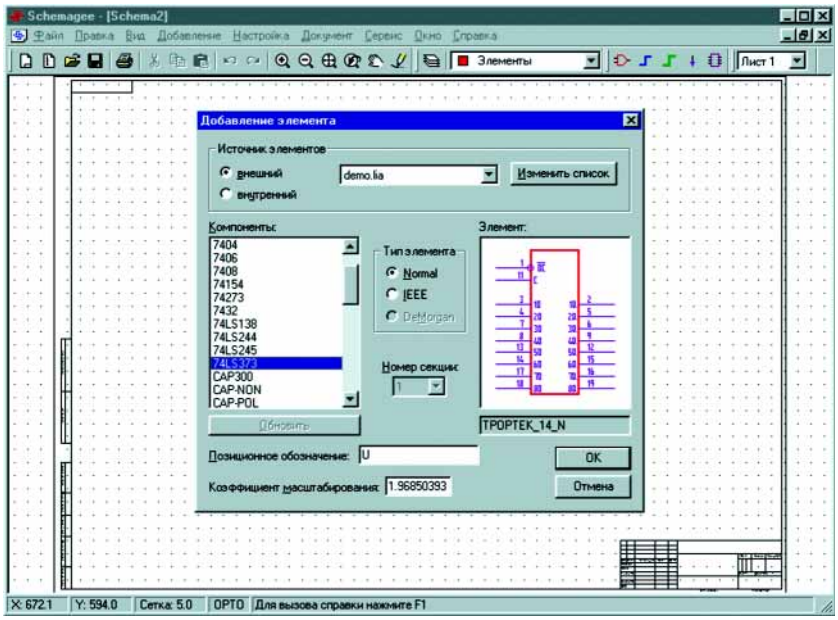

Рисунок 2 **Добавление на схему элемента из библиотеки системы P-CAD 2002**

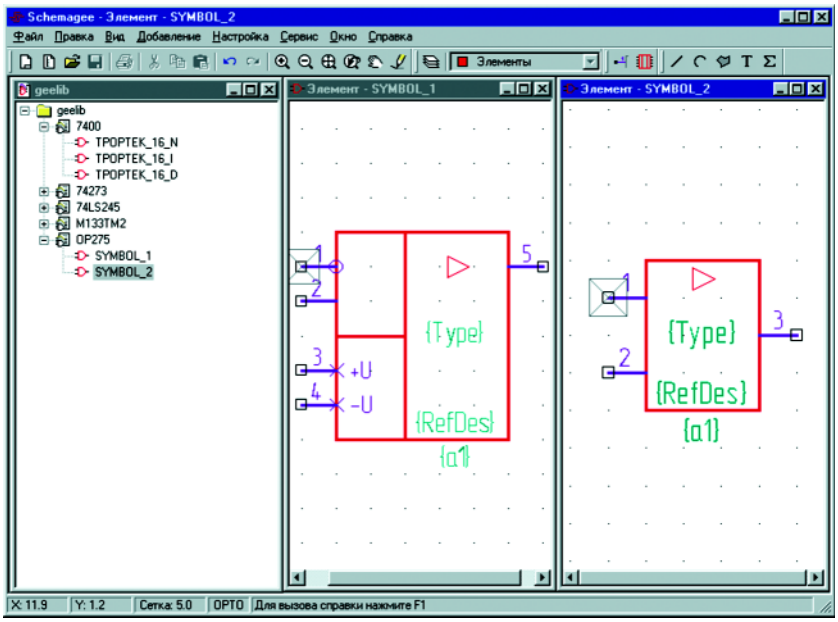

Рисунок 3 **Работа с библиотеками компонентов в редакторе Schemagee**

Но, разрабатывая схемы с использованием этих компонентов в Schemagee, пользователь избавляется от ряда проблем, с которыми он ранее неизбежно сталкивался в среде P-CAD.

Во-первых, условные графические обозначения (УГО) схемных элементов из разных библиотек нередко нарисованы в разных масштабах, что является не только причиной несоответствия ГОСТ схеме, содержащей такие элементы, но и затрудняет использование единой координатной сетки при прокладывании линий связи между ними. Для решения этих проблем в Schemagee реализована возможность масштабирования изображений элементов. Кроме того, при добавлении нового элемента на схему программа автоматически определяет, какой коэффициент масштабирования необходим для того, чтобы привести его УГО в соответствие метрической системе (рис. 2).

Во-вторых, в отличие от P-CAD, где трудно добиться единого стиля в изображении схемных элементов из разных библиотек, в Schemagee любой элемент, попадая на схему, сразу принимает все параметры изображения линий, текста, выводов, которые приняты в этой схеме.

Если же после всех автоматических преобразований, произошедших с элементом после его добавления на схему, пользователю чем-то не понравится его изображение, то он сможет легко изменить его в окне редактора элементов.

Кроме импортированных компонентов, Schemagee использует при рисовании схемы и компоненты собственной разработки. Для этого в программе существует модуль управления библиотеками, позволяющий создавать компоненты любой сложности, в том числе, многосекционные неоднородные. Все компоненты могут иметь неограниченное количество атрибутов. Библиотеки могут строиться не только "с нуля", но и из импортированных компонентов системы P-CAD или на основе уже созданных схем Schemagee (рис. 3).

Дальнейший процесс разработки схемы, а именно: соединение элементов линиями электрической связи, объединение сегментов цепей с помощью шин и портов, — также подчинён жёстким требованиям ГОСТ.

Особо хотелось бы обратить внимание на шины или, другими словами, линии групповой связи. В зарубежных системах способы использования шин обычно не отвечают отечественным стандартам, а самое главное, чаще всего, шины просто не в состоянии без ка-

ких-либо подручных средств (портов, меток) выполнить свою прямую обязанность по объединению удалённых друг от друга сегментов одной цепи.

Программа Schemagee, в отличие от этого, позволяет рисовать шины и подключения к ним линий связи в соответствии с ГОСТ. При этом, чтобы объединить сегменты цепей через шину, нужно просто подвести к ней линии этих сегментов и задать для них одно имя цепи (рис. 4).

Для объединения сегментов одной цепи так же, как и во многих зарубежных системах, в Schemagee применяются специальные объекты, называемые "портами". Хотя в отечественных стандартах не встречается такой термин, программе удалось избежать противоречий с ними и в этом вопросе. Например, использование порта в виде стрелки удовлетворяет такому требованию ГОСТ 2.701-84: *"Линии связи в пределах одного листа, если они затрудняют чтение схемы, допускается обрывать. Обрывы линий связи заканчивают стрелками"*.

Отображение на схеме символов заземления и питания, принятых в ГОСТ, также реализовано с помощью портов. А чтобы удовлетворить самым разным способам прорисовки таких символов, программа предоставляет пользователю возможность самому создавать изображения соответствующих портов (рис. 5).

Очень часто при разработке принципиальной схемы возникает необходимость её размещения на нескольких листах. При этом для сохранения электрической целостности схемы сегменты цепей, расположенные на разных листах, должны быть каким-то образом связаны между собой. Об обозначении таких связей в ГОСТ 2.701-84 говорится следующее: *"Линии связи, переходящие с одного листа или одного документа на другой, следует обрывать за пределами изображения схемы без стрелок. Рядом с обрывом линии связи должно быть указано обозначение или наименование, присвоенное этой линии (например, номер провода, номер трубопровода, наименование сигнала или его сокращенное обозначение и т.п.), и в круглых скобках — номер листа схемы и зоны при её наличии при выполнении схемы на нескольких листах, например, лист 5 зона А6 (5, А6), или обозначение документа, при выполнении схем самостоятельными документами, на который переходит линия связи"*. В зарубежных системах нечасто удаётся добиться соответствия таким требованиям. А в Schemagee полностью подчинены ГОСТ не только межлистовые соединения цепей, но и шин.

Самые большие разногласия между западными системами проектирования и требованиями отечественных стандартов возникают при построении иерархических проектов. Авторы программы Schemagee постарались учесть эти требования, в результате чего были разработаны следующие способы построения иерархии.

Первый способ позволяет создавать иерархические связи между схемами, расположенными в разных документах (файлах). В этом случае программа следует требованию ГОСТ 2.701-84: *"При оформлении схем изделия (установки), в состав которых входят одинаковые устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, каждое такое устройство рассматривают как элемент схемы изделия и изображают его в виде прямоугольника или условного графического обозначения"*. В терминах Schemagee, устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему, называется "внешним блоком". Связи между схемой внешнего блока и схемой, в

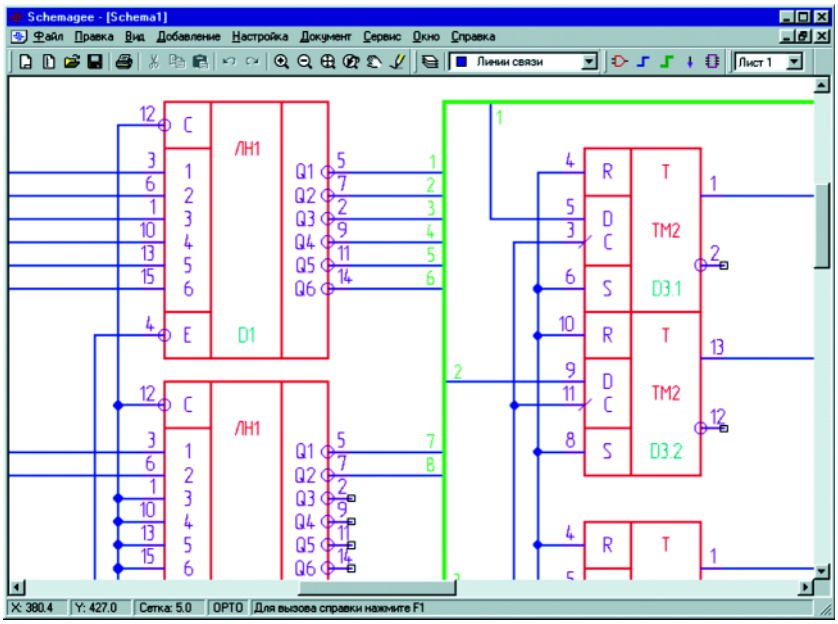

Рисунок 4 **Прорисовка шин**

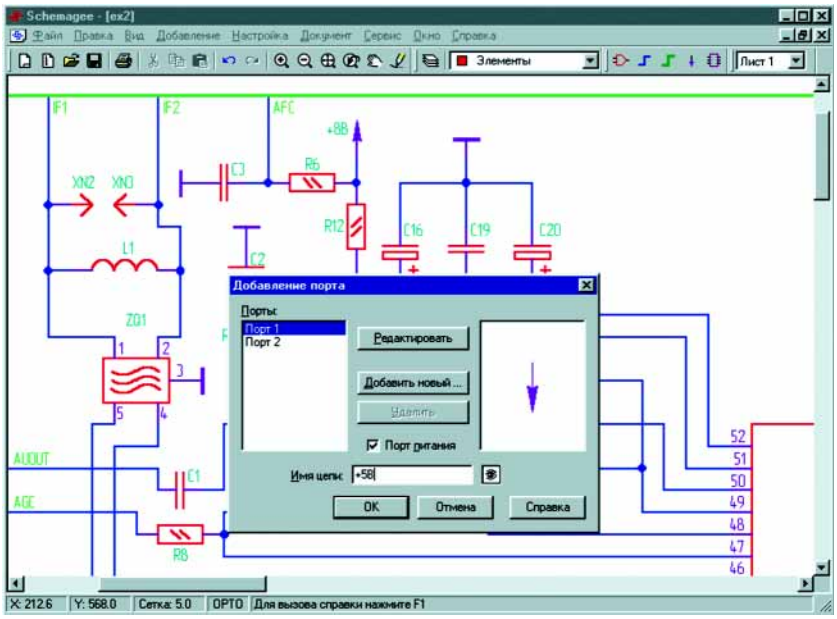

Рисунок 5 **Электрические связи в Schemagee могут быть заданы с помощью проводников, шин и портов**

которую этот блок входит, реализуются как связи между выводами УГО блока и входами/выходами схемы блока. Роль входов/выходов схемы блока выполняют глобальные элементы. Каждый вывод такого элемента становится выводом УГО блока при его автоматическом формировании.

Второй способ построения иерархии, реализованный в Schemagee, не встречается ни в одной другой системе проектирования. Он позволяет реализовать то, что ранее, казалось, было невозможным, а именно, размещение схем, соответствующих разным уровням иерархии, на одном чертеже (рис. 6). Этот способ согласуется со следующим требованием ГОСТ: *"Если в изделие (установку) входят несколько одинаковых устройств, не имеющих самостоятельных принципиальных схем, или одинаковых функциональных групп, то на схеме изделия (установки) допускается не повторять схемы этих устройств или функциональных групп. При этом устройство или функциональную группу изображают в виде прямоугольника, а схему такого устройства или функциональной группы изображают внутри одного из прямоугольников (большего размера) или помещают на поле схемы с соответствующей надписью, например: «Схема блока АБВГ.XXXXXX.XXX»"*. В редакторе Schemagee устройство, не имеющее самостоятельную принципиальную схему, или функциональная группа, называется "внутренним блоком". Внутренний блок изображается на схеме так же, как и внешний блок, в виде УГО. Но, в отличие от внешнего блока, схема внутреннего размещается на поле схемы, элементом которой он является. Связи между схемами, находящимися на соседних уровнях иерархии в этом случае реализуются аналогично первому способу построения иерархического проекта.

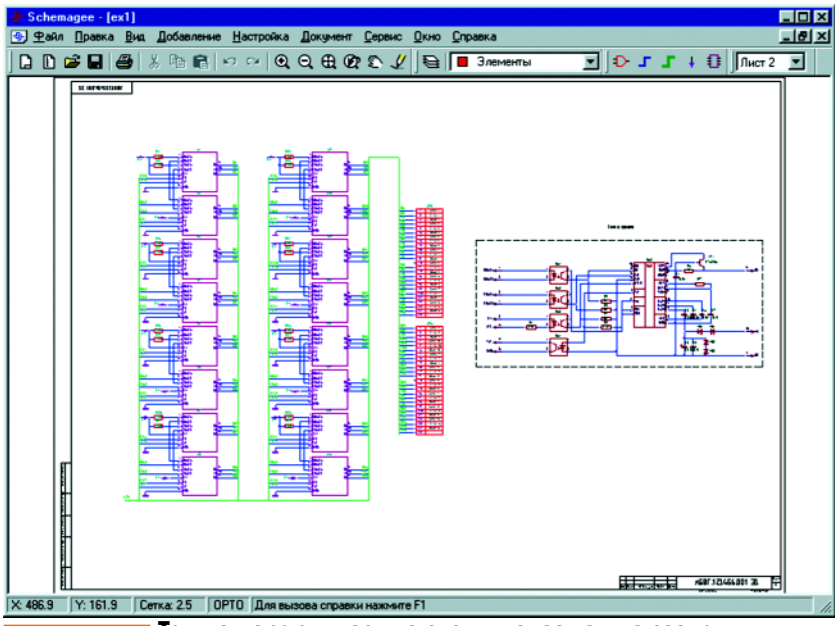

Рисунок 6 **Такую иерархическую схему невозможно создать ни в одной другой системе проектирования**

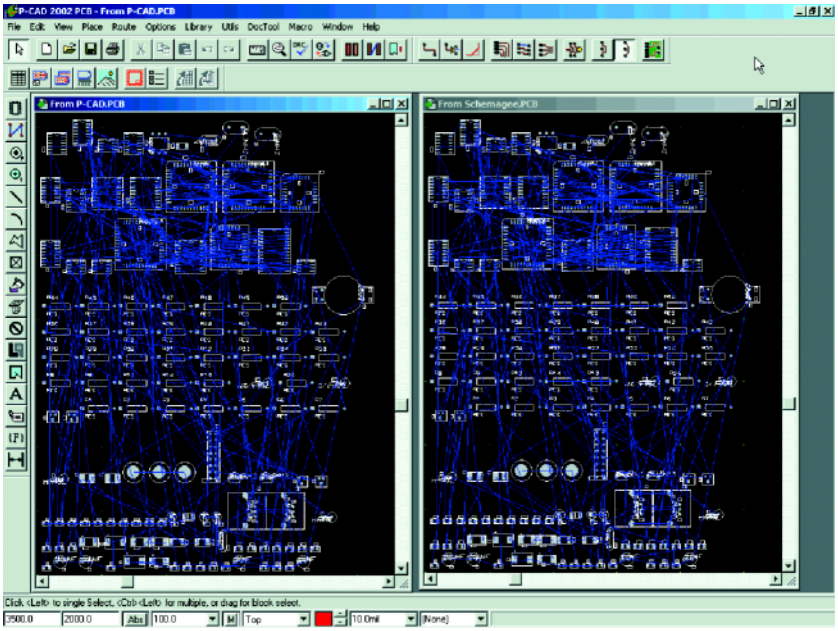

Рисунок 7 **Пример загрузки в редактор плат P-CAD 2002 двух проектов, один из которых создавался в редакторе Schemagee**

При использовании этих двух способов программа позволяет строить иерархические проекты любой сложности, без ограничения числа уровней иерархии.

После завершения разработки схемы в программе Schemagee работа над проектом не заканчивается. Благодаря возможности генерации списка соединений в форматах P-CAD ASCII или Tango на основании полученной схемы может быть разработана печатная плата во многих популярных САПР, таких как P-CAD, Protel или OrCAD (рис. 7).

Однако здесь возникает небольшое несоответствие требованиям ГОСТ в случае с иерархическим проектом. Дело в том, что позиционные обозначения элементов, входящих в состав блоков (устройств, функциональных групп), согласно ГОСТ 2.710-81, должны выглядеть следующим образом: #A1-R1, что означает "резистор R1 из функциональной группы A1". Но тире в позиционном обозначении недопустимо в формате Tango, а также является нежелательным символом в P-CAD PCB. Для решения этой проблемы программа позволяет пользователю самому указать, каким будет этот символ-разделитель. Например, одним из вариантов является символ "подчеркивание". Также существует возможность автоматического формирования дополнительного атрибута, содержащего позиционное обозначение, соответствующее ГОСТ, который затем может использоваться при разработке конструкторской документации.

Ещё одним направлением в дальнейшей работе над проектом является формирование перечня элементов на основании разработанной схемы. И здесь, конечно же, на помощь приходит программа TDD. На момент выхода первой версии Schemagee её связь с TDD была

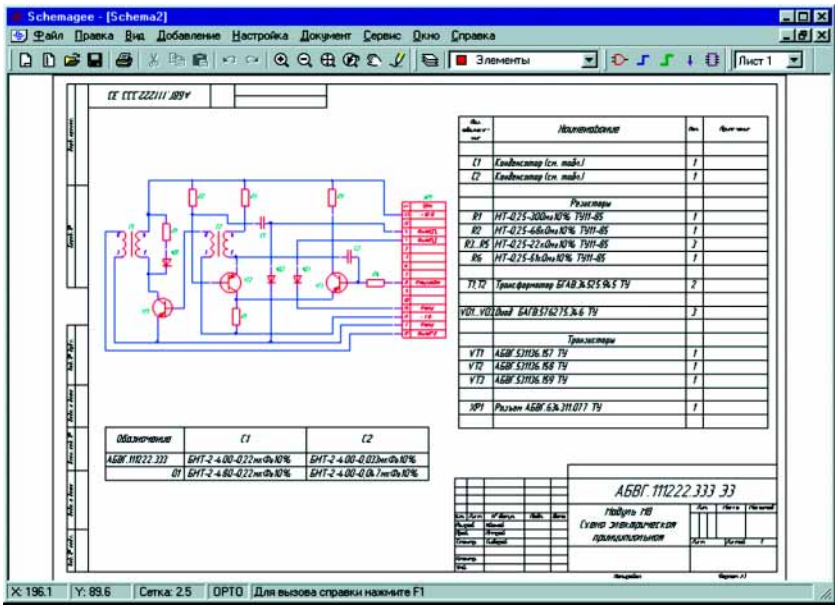

Рисунок 8 **Пример оформления схемы и перечня элементов на одном листе**

возможна только через файл BOM. Но уже с выходом TDD версии 1.2 и Schemagee версии 1.1 появляется двунаправленный интерфейс между этими программами, реализованный на основе технологии COM *(Component Object Model)*. Благодаря этому интерфейсу процесс формирования перечня элементов может свестись к нажатию нескольких кнопок.

Кроме того, возможна ситуация, когда перечень элементов не выполняется самостоятельным документом, а размещается на первом листе схемы. В этом случае TDD используется лишь как промежуточное звено для автоматического формирования таблицы перечня, которая затем извлекается в Schemagee и помещается на поле схемы. Связка Schemagee–TDD позволяет в автоматическом режиме получить перечень элементов для иерархического проекта, полностью удовлетворяющий требованиям ГОСТ, что является практически невозможным в случаях использования TDD с другими системами проектирования (рис. 8).

Как графический редактор, Schemagee обладает всеми необходимыми инструментами и средствами, свойственными этому классу программ. Можно отметить такие возможности, как поддержка гибкой системы слоёв, использование разнообразных координатных сеток, рисование графических объектов под прямым или произвольным углом. Особо стоит обратить внимание на различные способы управления изображением. Например, с помощью только одного колеса прокрутки мыши без выполнения каких-либо специальных команд можно и масштабировать, и сдвигать изображение.

Schemagee поддерживает обмен данными с другими программами. Возможен импорт схем из системы P-CAD (ACCEL EDA), экспорт чертежа схемы в формате DXF, копирование объектов схемы через буфер обмена в другие программы, позволяющие вставлять данные в формате EMF *(Enhanced Meta File)*.

Программа постоянно развивается и совершенствуется. Одними из главных направлений на этом пути являются:

- взаимодействие со многими популярными САПР электронных устройств как на уровне импорта библиотек и схем, так и на уровне подготовки списка соединений в удобном для них формате;
- поддержка систем моделирования;
- реализация прямой и обратной корректировки проекта (ECO) в связке с редактором печатных плат.

По всем вопросам, связанным с приобретением программ Schemagee и TDD, просим обращаться в компанию "Элек-Трейд-М" по адресу *info@eltm.ru* или телефону (095) 974-1480. Демо-версию программы, а также учебный видеоролик можно найти по адресу *www.eltm.ru*.

Литература:

1. ГОСТ 2.104-68. ЕСКД. Основные надписи.
2. ГОСТ 2.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
3. ГОСТ 2.106-96. ЕСКД. Текстовые документы (спецификации, различные ведомости и т.д.).
4. ГОСТ 2.109-73. ЕСКД. Основные требования к чертежам.
5. ГОСТ 2.113-75. ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы.
6. ГОСТ 2.123-93. ЕСКД. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.
7. ГОСТ 2.301-68. ЕСКД. Форматы.
8. ГОСТ 2.304-81. ЕСКД. Шрифты чертежные.
9. ГОСТ 2.417-91. ЕСКД. Платы печатные. Правила выполнения чертежей.
10. ГОСТ 2.701-84. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
11. ГОСТ 2.702-75. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
12. ГОСТ 2.708-81. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
13. ГОСТ 2.709-72. ЕСКД. Система обозначения цепей в электрических схемах.
14. ГОСТ 2.710-81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
15. ГОСТ 2.721-74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
16. ГОСТ 2.728-74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы. Конденсаторы.
17. ГОСТ 2.743-91. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники.