УДК 621.3.049.77.001.2

С. Э. Миронов, А. Ю. Васильев
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Подсистема автоматизированного иерархического технологически инвариантного проектирования топологии макроблоков КМОП СБИС Matching of Cells

Изложены результаты исследований авторов в области автоматизации иерархического технологически инвариантного проектирования топологии макроблоков КМОП СБИС. Приводится описание разработанных программных средств проектирования топологии макроблоков и излагается методика иерархического проектирования топологии с помощью графического редактора подсистемы Matching of Cells.

Иерархическое проектирование топологии, сжатие топологии, технологически инвариантное проектирование, автоматизация проектирования

Обобщенная структура подсистемы автоматизированного иерархического технологически инвариантного проектирования топологии макроблоков КМОП СБИС Matching of Cells. В ранее опубликованных работах авторов рассматривались вопросы согласования габаритов и положения выводов ячеек, сборки из ячеек топологии макроблоков и проблемы оптимизации этих процессов для минимизации размеров ячеек и времени их согласования.

В последней из работ по этой тематике [1] описывались возможности графического редактора структурно-топологических планов макроблоков СБИС. Принципиальным изменением, привнесенным этим модулем в разработанные авторами средства проектирования, стала возможность описания и генерации нерегулярных структур.

Регулярные матричные структуры представляют собой своеобразные решетки, ячейки которых имеют одинаковую высоту в строке и одинаковую ширину в столбце. В связи с этим процесс выравнивания положения выводов и границ осуществлялся относительно «общей базы», в качестве которой выступала левая граница столбца или нижняя граница строки.

Что же касается нерегулярных макроблоков СБИС, то в них выравнивание положения выводов должно осуществляться для неструктурированных групп ячеек (не объединенных в строки или столбцы), и в качестве точки отсчета для них будут выступать границы последних обработанных ячеек макроблоков, а именно правые границы левых ячеек и верхние границы нижних ячеек (рис. 1). Вертикальные координаты (по оси Y) стыкуемых выводов «A» 3-й и 4-й ячеек определяются выражениями

$$Y_A = H_1 + Y_{3A} \quad \text{и} \quad Y_A = H_2 + Y_{4A},$$

где H_1 и H_2 – высоты 1-й и 2-й ячеек соответственно, а Y_{3A} и Y_{4A} – координаты по оси Y выводов «A» в 3-й и 4-й ячейках соответственно.

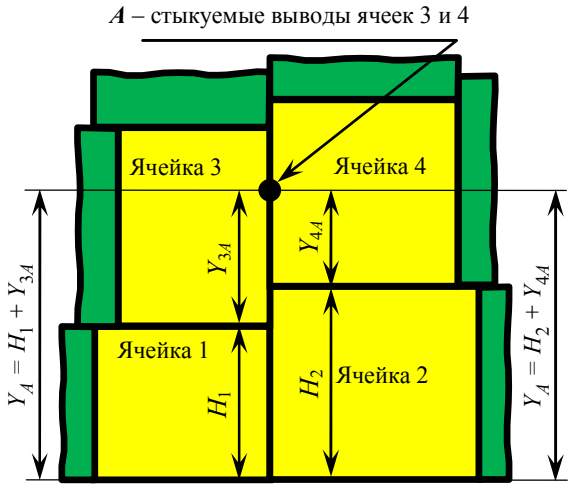

Рис. 1

Это значит, что при проектировании иерархических макроблоков с использованием систем технологически инвариантного проектирования на базе алгоритмов сжатия для ячеек, как и для элементов топологии, можно говорить о частоколах – виртуальных ломаных линиях, повторяющих контуры границ последних обработанных ячеек.

Таким образом, при разработке графического редактора структурно-топологических планов принципы согласования ячеек и построения макроблоков СБИС с регулярной структурно-топологической организацией были распространены на макроблоки с нерегулярной структурно-топологической организацией, являющиеся более общим случаем организации макроблоков СБИС.

Графический редактор представляет собой одну из составляющих подсистемы автоматизированного иерархического технологически инвариантного проектирования топологии макроблоков КМОП СБИС Matching of Cells, обобщенная структура которой приведена на рис. 2.

Входными данными для подсистемы являются файлы виртуального описания ячеек (vlf-файлы), спецификации ячеек (dat-файлы) и спецификация макроблока.

Файлы виртуального описания ячеек создаются в системе символьного проектирования TopDesign [2]. Файлы спецификации ячеек, содержащие описание границ и выводов ячеек, либо генерируются с помощью программы парсера [3] из файлов виртуального описания ячеек, предварительно сохраненных в формате cpp, используя редактор TopDesign, либо заполняются вручную с помощью текстового редактора в соответствии с заданным синтаксисом конструкций. Файлы спецификации макроблока либо заполняются вручную с помощью текстового редактора, либо проектируются в графическом редакторе подсистемы.

Подсистема автоматизированного иерархического технологически инвариантного проектирования топологии макроблоков КМОП СБИС Matching of Cells состоит из трех модулей:

– структурно-топологического проектирования макроблоков СБИС;

– согласования топологии ячеек макроблока СБИС;

– сборки топологии макроблоков СБИС.

В состав модуля структурно-топологического проектирования макроблоков СБИС входит графический редактор структурно-топологического описания макроблоков СБИС, позволяющий проверять описание макроблоков на корректность. (В консольной версии приложения отсутствует графический редактор и возможность проверки входных данных.)

Данные в подсистему проектирования загружаются из файлов исходных данных или из файла проекта макроблока. При этом структурно-топологическое описание макроблоков СБИС может не только загружаться из текстового файла спецификации макроблока или файла проекта макроблока, но и проектироваться в графическом редакторе (не только вручную, но и с помощью генератора матриц ячеек макроблоков). После загрузки данные поступают в модуль согласования топологии ячеек макроблока СБИС, который в процессе работы обращается к системе сжатия топологии TopDesign.

Модуль согласования выполняет сжатие ячеек в заданных проектных нормах с учетом вычисляемых им дополнительных ограничений на расположение выводов и границ ячеек. Информация о вычисленных ограничениях передается через внутренние объекты приложения. После завершения согласования осуществляется расчет габаритов ячеек, необходимых для выполнения операции сборки топологии макроблока.

При сборке топологии макроблока, осуществляемой модулем сборки топологии макроблоков СБИС, используются данные о структуре макроблока из модуля структурно-топологического проектирования макроблоков СБИС.

Выходные данные, генерируемые подсистемой автоматизированного иерархического технологически инвариантного проектирования топологии макроблоков КМОП СБИС Matching of Cells, представляют собой структурированный иерархически файл описания топологии макроблока СБИС в заданной технологии на стандартном языке описания топологии CIF, включающий в себя:

– библиотеку ячеек макроблока;

– библиотеку модулей макроблока (описание сборки строк и столбцов из ячеек);

– описание сборки макроблока из строк и столбцов ячеек.

Подсистема Matching of Cells предоставляет возможность сборки макроблока определенной разрядности без повторного выполнения операций согласования.

Подсистема отображает большой спектр информации как о введенной исходной структуре, так и о ходе выполнения различных операций для контролирования процесса генерации топологии макроблока пользователем. Подсистема работает под Windows XP и в режиме совместимости (Windows XP SP2) под Windows 7.

Методика иерархического проектирования топологии с помощью графического редактора иерархического проектирования макроблоков подсистемы Matching of Cells. Программная генерация иерархического описания топологии макроблока СБИС осуществляется в соответствии с этапами приведенной ниже методики иерархического проектирования топологии.

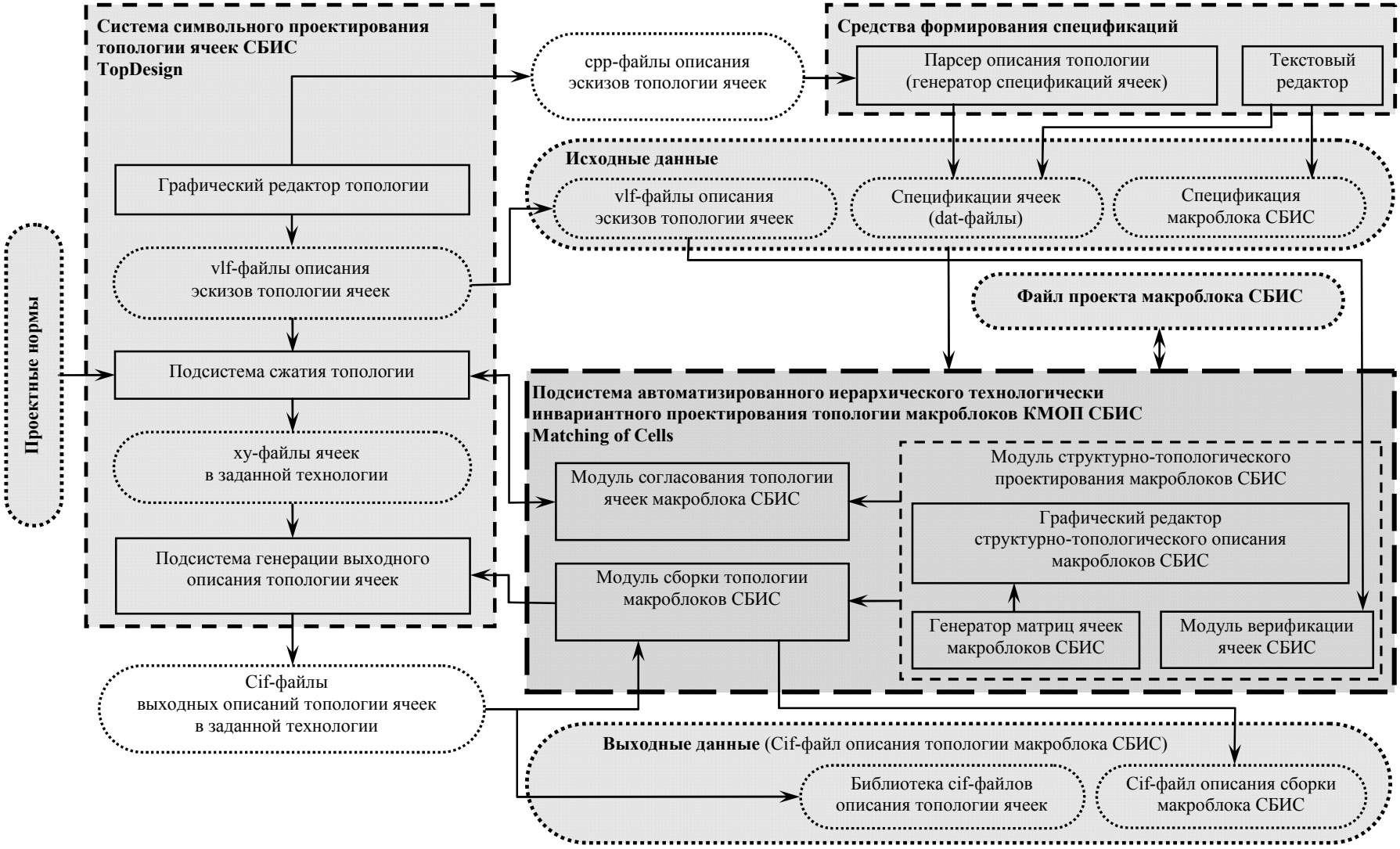
Система символьного проектирования топологии ячеек СБИС TopDesign
Графический редактор топологии
vlf-файлы описания эскизов топологии ячеек
Подсистема сжатия топологии
xy-файлы ячеек в заданной технологии
Подсистема генерации выходного описания топологии ячеек
Проектные нормы
cif-файлы выходных описаний топологии ячеек в заданной технологии
cpp-файлы описания эскизов топологии ячеек
Средства формирования спецификаций
Парсер описания топологии (генератор спецификаций ячеек)
Текстовый редактор
Исходные данные
vlf-файлы описания эскизов топологии ячеек
Спецификации ячеек (dat-файлы)
Спецификация макроблока СБИС
Файл проекта макроблока СБИС
Подсистема автоматизированного иерархического технологически инвариантного проектирования топологии макроблоков КМОП СБИС Matching of Cells
Модуль согласования топологии ячеек макроблока СБИС
Модуль сборки топологии макроблоков СБИС
Модуль структурно-топологического проектирования макроблоков СБИС
Графический редактор структурно-топологического описания макроблоков СБИС
Генератор матриц ячеек макроблоков СБИС
Модуль верификации ячеек СБИС
Выходные данные (Cif-файл описания топологии макроблока СБИС)
Библиотека cif-файлов описания топологии ячеек
Cif-файл описания сборки макроблока СБИС

Рис. 2

1. Разработка структурно-топологического плана.

2. Схемотехническое проектирование ячеек макроблока и разработка библиотеки виртуальных описаний топологий ячеек в редакторе TopDesign и библиотеки текстовых файлов спецификаций ячеек макроблока.

3. Разработка иерархического описания макроблока СБИС – спецификации макроблока. Для матричной структуры можно загрузить в графический редактор текстовую спецификацию макроблока, а в случае сложной нерегулярной структуры его необходимо самостоятельно собирать из ячеек и шин, их соединяющих.

4. Формирование библиотеки реальных описаний топологий ячеек макроблока в заданных проектных нормах посредством автоматического согласования ячеек по положению выводов и границ между собой в соответствии с заданным структурным планом макроблока с помощью графического редактора подсистемы «Matching of Cells».

5. Генерация выходного файла иерархического описания топологии макроблока на языке CIF с помощью подсистемы «Matching of Cells».

Принципиальными отличиями этой методики от описанной в [4], [5] с точки зрения особенностей реализуемых устройств является возможность описания и генерации нерегулярных структур, а с точки зрения технологии разработки – возможность как загрузки текстовых описаний, так и формирования их в диалоге.

Кроме того для ситуации, когда уже разработан структурно-топологический план и имеется библиотека согласованных ячеек, т. е. когда необходимо лишь изменить структурные параметры реализуемого устройства (разрядность данных), предусмотрена методика сокращенной программной генерации иерархического описания топологии макроблока СБИС. В этом случае достаточно, загрузив уже имеющийся проект, задать только новые значения коэффициентов матрицирования ячеек и строк (столбцов) и выполнить операцию сборки.

В заключение следует отметить, что зарубежные разработки как в области технологически инвариантного проектирования топологии, так и в области иерархического проектирования макроблоков представляют собой «ноу-хау» таких компаний, как Cadence, Mentor Graphics и Synopsys и недоступны разработчикам ни в России, ни за рубежом. В связи с этим работы, проводимые в данном направлении, непосредственно связаны со стратегической задачей обеспечения национальной безопасности посредством ликвидации зависимости России от передовых стран в области наукоемких технологий.

Приведенные в статье результаты исследований в области проектирования топологии регулярных макроблоков СБИС получены в СПбГЭТУ при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта № 14-07-31098 «САПР иерархического инвариантного проектирования топологии блоков СБИС (САПР ИИП) для специализированных вычислительных систем».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов С. Э., Васильев А. Ю. Технологически инвариантная САПР топологии иерархических макроблоков КМОП СБИС // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 1. С. 30–34.

2. Технологически инвариантная система проектирования топологии стандартных фрагментов МОП БИС / И. С. Зуев, А. Б. Максимов, С. Э. Миронов, Н. М. Сафьянников // Изв. вузов. Электроника. 2003. № 3. С. 63–70.

3. Миронов С. Э., Баранов А. А., Ефимова Т. О. Средства автоматизации проектирования иерархических макроблоков СБИС с использованием параметризированных ячеек // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. № 4. С. 15–18.

4. Иерархический технологически инвариантный компилятор схемы деления / А. Ю. Васильев, С. Э. Миронов, Л. Г. Морозова, А. К. Фролкин // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. № 4. С. 31–35.

5. Миронов С. Э., Васильев А. Ю. Автоматизация иерархического технологически инвариантного проектирования топологии регулярных макроблоков СБИС // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. № 6. С. 50–55.

S. E. Mironov, A. Yu. Vasilev
Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

MATCHING OF CELLS – THE SUBSYSTEM OF THE AUTOMATION HIERARCHICAL PROCESS TOLERANT DESIGN OF CMOS VLSI MACROBLOCKS LAYOUT

The results of researches in the field of automation hierarchical process tolerant design of CMOS VLSI macroblocks are presented. Describes the developed software tools for the design topology of the macroblocks and the methodology hierarchical topology design using the graphical editor of the subsystem "Matching of Cells" are described.

Hierarchical layout design, layout compaction, process tolerant design, design automation

УДК 004.023;656.027

Е. В. Скакалина
Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка

Использование генетических алгоритмов для решения задачи оптимизации транспортных перевозок

Разработан эвристический алгоритм на базе генетического алгоритма, позволяющий генерировать оптимальные расписания для организации транспортных перевозок. Алгоритм полностью удовлетворяет условиям решения логистических задач и имеет преимущество в скорости по сравнению с другими разновидностями классических генетических алгоритмов. Программная реализация выполнена в среде C#.

Эвристика, генетический алгоритм, транспортная задача, логистика, анализ, библиотека классов

Эффективность и качество функционирования транспортных комплексов (ТК) в значительной степени зависят от рациональной координации работы различных видов транспорта, оптимального перераспределения между ними объемов перевозок и формирования на этой основе необходимых управленческих решений. Решение этих и других научно-прикладных задач требует формирования соответствующих организационных и функциональных структур на региональном и государственном уровнях. Данные структуры должны взять на себя выполнение функций, связанных с организацией работы различных видов транспорта как по горизонтали (различные виды транспорта), так и по вертикали (производственный, региональный и государственный уровни). Эффективная организация в работе различных видов транспорта требует решения ряда актуальных научно-прикладных задач, основными среди которых являются:

– формирование государственного и региональных ТК как единых функциональных образований в структуре государственного управления транспортной системой;

– разработка математических моделей эффективного функционирования отдельных элементов ТК в современных рыночных условиях;

– разработка методов и алгоритмов оптимизации работы ТК;

– формирование информационных и функционально-организационных структур и систем организационного управления производственными процессами ТК;

– разработка методов прогнозирования производственно-хозяйственной и финансовой деятельности ТК;

– формирование рынка транспортно-экспедиционных услуг.

На данный момент единственный по своей технологической сути процесс перевозок грузов на отдельных уровнях и этапах своего жизненного цикла функционирования раздроблен, интересы отдельных субъектов не скоординированы и, в целом, ориентированы на экономическую кон-