

УДК 621.3.049

С. Н. КУПЧИНОВ

## ПРИКЛАДНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДСИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БИС В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ-ИНВАРИАНТНОЙ САПР

Рассматриваются вопросы организации прикладного математического обеспечения подсистемы размещения элементов БИС, проектируемых по И<sup>2</sup>Л, И<sup>3</sup>Л, *n*-МОП и КМОП технологиям. Предложен алгоритм размещения компонентов в матричных БИС, основанный на применении структурно-топологических моделей элементной базы БИС, реализованный программно на алгоритмическом языке высокого уровня ФОРТРАН, и позволяющий обеспечить выполнение этапа трассировки соединений на 95—98%.

Библиогр.: 5 назв.

*Գիտարկվում են И<sup>2</sup>Л, И<sup>3</sup>Л, n-ՄՔԿ տեխնոլոգիաներով նախագծվող մեծ ինտեգրալ սխեմաների տարրերի տեղավորման ենթահամակարգի կիրառական մաթեմատիկական ապահովման հարցերը: Առաջարկվում է մատրիցային մեծ ինտեգրալ սխեմաների բազադրիշ-ների տեղավորման ալգորիթմը: Այն օգտագործում է մեծ ինտեգրալ սխեմաների կոմպլեք-սավորային տոպոլոգիական մոդելների տարրական բազան: Նրան համապատասխանող ՖՈՐ-ՔՐԱՆ լեզվով իրականացված ծրագրերը սխեմայի էլեկտրական միացումների փուլը իրագործում է 95—98 %-ով:*

Тенденция более широкого применения больших интегральных схем (БИС) в качестве элементной базы электронно-вычислительной техники, а также недостатки, присущие существующим в настоящее время системам автоматизированного проектирования, основным из которых является необходимость перехода на новую САПР при изменении технологического процесса изготовления БИС, выдвигают на первый план задачу создания технологически-инвариантной (ТИ) САПР, т. е. САПР, имеющей альтернативное программное обеспечение и операционную систему автоматизированного проектирования, позволяющую выбирать совокупность машинных программ применительно к заданному объекту проектирования в зависимости от технологии его изготовления [1].

Важной частью топологического проектирования БИС является этап размещения элементов БИС [2]. В данной статье рассматривается математическое обеспечение (МО) подсистемы размещения элементов БИС, входящей в состав ТИ САПР, ориентированной на проектирование БИС по одной из технологий базового множества  $T$

$$T = \{И^2Л, И^3Л, n-МОП, КМОП\}.$$

Множество  $S$  является множеством слоев, которые при  $t_j$  технологии изготовления БИС ( $t_j \in T$ ) являются коммутационными. Используются следующие условные обозначения:  $P$  — слой поликремния,  $M_1$  — первый слой металлизации,  $M_2$  — второй слой металлизации.

Как известно [3], МО включает в себя математические методы, модели и алгоритмы. В качестве размещаемых элементов в рассматриваемой подсистеме предлагается использовать структурно-топологические модели элементной базы БИС.

Элементарной базой биполярных (ИЭЛ, ИЭЛ) БИС являются биполярные транзисторы, число коллекторов у которых не превышает четырех. Целесообразно использовать транзисторы, которые имеют четыре коллекторные области, т.е. их геометрические размеры одинаковы. В этом случае число рабочих коллекторов определяется наличием контактных окон к этим областям. Структурно-топологическая модель такого транзистора может быть представлена прямоугольником с расположенными по его периметру выводами от полупроводниковых областей (И—инжектор, Б—база, К—коллектор):

$$R_1 = [K_1, K_2, K_3, K_4, И, Б].$$

Отличие этих технологий состоит в том, что в ИЭЛ БИС имеет место однослойная металлизация, а в ИЭЛ БИС в качестве коммутационных используется три слоя (полукремний и два слоя металла). Это существенно влияет на количество возможных топологических вариантов реализации транзистора и выбор весовых коэффициентов целевой функции размещения.

Элементарной базой *n*-МОП и КМОП технологий являются инверторы и созданные на их основе параллельным и последовательным включением логических транзисторов логические схемы И-НЕ и ИЛИ-НЕ. Число входов логического элемента может достигать ста. Используются следующие условные обозначения: Вх — вход, Вых — выход, Е — питание, З — земля:

$$R_2 = [Вх_1, \dots, Вх_{100}, Вых, Е, З].$$

Функциональное назначение того или иного выходного контакта может быть определено следующим образом:

$$V_j = \begin{cases} S \& R, & \text{если } d_{ris_k}^j = 1, \\ \emptyset, & \text{если } d_{ris_k}^j = 0, \end{cases}$$

где  $d_{ris_k}^j$  — показывает, возможно ли для технологии  $t_j$  расположение вывода  $r_i$  в слое  $S_k$ ,  $R = R_1 \cup R_2$ .

Геометрические размеры СТМ для каждой из технологий множества определяются с учетом конструкторско-технологических ограничений и зависят от количества входов логического элемента при МОП-технологии.

Информация о структурно-топологических моделях хранится в локальной базе знаний ЛБЗ подсистемы размещения в виде фреймов, состоящих из: а) имени фрагмента; б) описания стороны структурно-то-

топологической модели (СТМ); в) описания контактов, расположенных на стороне СТМ; г) описания слоя, в котором расположен контакт.

По оценкам, приведенным в [4], использование СТМ элементной базы БИС в процессе размещения позволяет сократить время обращения к ЛБЗ в несколько раз, а хранение библиотечных элементов топологических разновидностей транзисторов и логических элементов необязательным.

В состав МО подсистемы размещения входят пять алгоритмов размещения (один универсальный и четыре специализированных). Все алгоритмы ориентированы на размещение фрагментов топологии в матричных БИС с использованием описанных выше СТМ элементной базы. Целевая функция размещения учитывает суммарную длину соединений, количество пересечений, равномерность заполнения поверхности кристалла и требования к тепловому режиму. Однако в зависимости от топологии каждое из перечисленных требований учитывается в большей или меньшей степени.

Поскольку в И<sup>2</sup>Л БИС имеет место однослойная металлизация, то на первое место становится критерий обеспечения минимального числа пересечений с целью облегчения последующей трассировки, который может быть записан в виде

$$F = \sum_{i=1}^{R_x} \sum_{j=1}^{R_y} \left( \sum_{k=1}^c P_{ijk} \right)^2,$$

где  $R_x, R_y$  — количество рядов опорных прямоугольников соответственно по координатам  $X$  и  $Y$ ,  $P_{ijk}$  — плотность  $k$ -й цепи в опорном прямоугольнике,  $c$  — количество цепей.

При вычислении плотности  $k$ -й цепи в опорном прямоугольнике цепь оценивается прямоугольником и рассматриваются и анализируются перекрытия этих прямоугольников. Процедура размещения состоит из двух этапов: последовательного и итерационного. Этап последовательного размещения начинается установкой закрепленных компонентов. Весь кристалл рассматривается как начальная свободная область, т.к. все остальные полупроводниковые структуры, включая и периферийные, размещаются в центре кристалла. Далее происходит деление пополам наибольшей свободной области и полупроводниковые структуры из начального центра области перераспределяются в центры полученных вновь областей. Этот процесс длится до тех пор, пока не будут определены посадочные места для каждой компоненты матричной БИС. Размещение выбранного из списка нераспределенных компонентов очередного компонента осуществляется в менее заполненную область при условии, что его установка даст минимальное приращение целевой функции. Полученное размещение полупроводниковых структур оптимизируется с помощью итерационной процедуры, причем, перестановки выполняются только внутри заданной для каждого типа компонентов ограниченной области соседства. Тип компонента определяется его типоразмером.

Для остальных технологий из базового множества  $T$  разработаны свои специализированные алгоритмы размещения. Подсистему размещения можно условно разбить на две основные части. В первой части решаются вопросы, связанные с организацией настройки подсистемы на заданный технологический вариант изготовления БИС. Процесс настройки подсистемы осуществляется в два этапа. На первом этапе происходит выделение информации, необходимой для размещения элементов БИС, изготавливаемой по  $t_j$  технологии, а на втором — осуществляется выбор из базового множества алгоритмов  $A$  специализированного алгоритма  $a_k$ .

Во второй части подсистемы размещения элементов БИС осуществляется непосредственно само размещение на основе СТМ элементной базы либо специализированным алгоритмом  $a_k$ , либо универсальным алгоритмом  $a_v \in A$ , если  $t_j \in T$ , т. е. представляет собой технологию, для которой не подходит частный алгоритм  $a_k$ .

Методика организации процедуры размещения элементов БИС на основе СТМ их элементной базы в ТИ САПР может быть представлена следующим образом.

1. Ввод исходной информации для размещения.
2. Задание номера  $j$  технологического варианта изготовления БИС  $t_j$ .
3. Если  $J = n$ , где  $n = 1, 2, 3, 4$ , то переход к п. 4, иначе — переход к п. 5.
4. Выбор множества конструкторско-технологических ограничений БИС для  $t_j$  технологии.
5. Выбор метрических параметров для БИС, изготавливаемой по  $t_j$  технологии.
6. Если  $J = n$ , то переход к п. 7, иначе — переход к п. 8.
7. Выбор специализированного алгоритма  $a_k$ ,  $a_k \in A$ . Переход к п. 9.
8. Выбор универсального алгоритма  $a_v$ ,  $a_v \in A$ .
9. Вывод информации.
10. Конец работы.

Представленные в работе методика организации математического обеспечения подсистемы размещения элементов БИС, специализированный алгоритм размещения элементов И<sup>2</sup>Л БИС, а также структурно-топологические модели элементной базы БИС [5] делают подсистему открытой и обеспечивают возможность включения ее в состав ТИ САПР, что, в свою очередь, приводит к ряду преимуществ по сравнению с существующими САПР БИС [4, 5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Яшкин В. В. Процедура расслоения совмещенной топологии БИС в технологически-инвариантной САПР // Автоматизация проектирования электронной аппаратуры: Междувед. тематич. науч. сб. — Таганрог, 1988. — Вып. 5. — С. 62—69.

2. Селятин В. А. Автоматизированное проектирование топологии БИС.— М.: Радио и связь, 1983.— 112 с.
3. Морозов К. К., Одинокое В. Г., Курейчик В. М. Автоматизированное проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры.— М.: Радио и связь, 1983.— 280 с.
4. Болы Л. А., Кулчинов С. Н. Универсальная модель элементной базы БИС микропроцессорных систем управления // Элементы, узлы, устройства и математическое обеспечение микропроцессорных систем управления: Междувед. тематич. науч. сб.— М., 1987.— С. 176—183.
5. Кулчинов С. Н. Моделирование элементной базы СВИС и технологически-инвариантных САПР // Проблемы создания и развития интегрированных автоматизированных систем в проектировании и производстве: Тез. докл. Всесоюзной науч. конф.— М.: Радио и связь, 1987.— С. 102—103.

Татарский радиотехн. ин-т

25, II, 1988

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 6, 1989, с. 283—288

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 691.327:539.376

### А. П. КИРИЛЛОВ, Э. Я. БАГРИЯ, В. Н. ЗАВЯЛОВ К ВОПРОСУ О ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ БЕТОНА ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Представлены некоторые результаты экспериментально-теоретического исследования ползучести тяжелого бетона при двухосном сжатии. Сопоставление экспериментальных данных с теоретическими по предложенным аналитическим зависимостям позволило добиться удовлетворительного результата при описании относительных деформаций ползучести в направлении каждого из действующих напряжений.

Ил. 3. Библиограф.: 7 назв.

*Ներկայացված են ծանր բետոնի սոդքի տեղական-փորձարարական հետազոտման որոշ արդյունքները երկառանցք սեղմման դեպքում: Հետ առաջարկված վերլուծական կախումների՝ տեղական և փորձարարական ալյալների համադրումը թույլ է տվել յուրաքանչյուր գործող լարման ուղղությամբ առաջացող սոդքի հարաբերական դեֆորմացիաների նկարագրման դեպքում հասնել բավարար արդյունքների:*

В большинстве случаев бетон массивных пространственных и плоскостных железобетонных конструкций находится в условиях сложного напряженного состояния. В настоящее время наметилось два подхода к оценке длительных деформаций бетона в таких сложных условиях силовых воздействий.

В первом из них [1—3] реализуется основанная на том или ином учете нелинейных деформаций ползучести бетона система физических уравнений, связывающих относительные деформации бетона во времени по любому направлению с соответствующими величинами тензора напряжений. Во втором [4—6] влияние сложного напряженного состояния учитывается своеобразной трансформацией функции удельных относительных деформаций ползучести, например, в виде