

УДК 621.3.049

С. И. КУПЧИНОВ

ПРИКЛАДНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДСИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БИС В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНВАРИАНТНОЙ САПР

Рассматриваются вопросы организации прикладного математического обеспечения подсистемы размещения элементов БИС, проектируемых по И²Л, И³Л, п-МОП и КМОП технологиям. Предложен алгоритм размещения компонентов в матрицах 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.

Դիտարկվում են И²Л, И³Л, п-УРЧ տեխնոլոգիաներով նախագծվող մեծ ինտեգրալ սխեմաների տարրերի տեղավորման ենթահամակարգի կիրառական մաթեմատիկական ապահովման հարցերը: Առաջարկվում է մատրիցային մեծ ինտեգրալ սխեմաների բաղադրիչների տեղավորման ալգորիթը: Այն օգտագործում է մեծ ինտեգրալ սխեմաների կառուցվածքային տալադրիական մոդելների տարրական բազան: Նրան համապատասխանաբար ՖՈՐՏՐԱՆ լեզվով իրականացված ծրագրեր սխեմայի էնկոդական 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

$$T = \{И^2Л, И^3Л, п-МОП, КМОП\}.$$

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.

Элементной 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):

$$R_i = \{K_1, K_2, K_3, K_4, И, Б\}.$$

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.

Элементной базой л-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:

$$R_j = \{Вх_1, \dots, Вх_{160}, Вых, Е, З\}.$$

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

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

где $d_{i,j}^{t_j}$ — показывает, возможно ли для технологии t_j расположение вывода j 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 необходимым.

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 технологии каждое из перечисленных требований учитывается в большей или меньшей степени.

Поскольку в ИСЛ 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 i технологического варианта изготовления БИС t_i .
3. Если $I = n$, 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_i технологии.
5. Выбор метрических параметров для БИС, изготавливаемой по t_i технологии.
6. Если $I = n$, 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 ИЭЛ 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. Яким В. В. Процедура расслоения совмещенной топологии БИС в технологически-инвариантной САПР // Автоматизация проектирования электронной аппаратуры: Междисц. тематич. науч. сб. — Таганрог, 1988. — Вып. 5. — С. 62—69.

2. Свлютин 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. Боло Л. А., Купчиков С. Н. Универсальная модель элементной базы БИС микропроцессорных систем управления // Элементы, узлы, устройства и математическое обеспечение микропроцессорных систем управления: Междучед. тематич. науч. сб. — М., 1987. — С. 176—183.
5. Купчиков С. Н. Моделирование элементной базы СБИС 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. 11. 1988

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

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 691.327:539.376

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

Представлены некоторые результаты экспериментально-теоретического исследования ползучести тяжелого бетона при даухосном 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 լայն բնույթի օպերի տեսական-փորձարարական հետազոտման որոշ արդյունքները ծրարած լարման դեպքում: Հաստատված է փորձական կախումների տեսական և փորձարարական տվյալների համադրումը թույլ է տվել յուրաքանչյուր զործող լարման ուղղությամբ տարածող օպերի 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