

УДК 681.31.00

**В.М. Глушань****МЕТОД ИМИТАЦИИ ОТЖИГА**

При автоматизированном конструировании электронных схем общее решение обычно разбивают на ряд задач, наиболее важными из которых являются: задача компоновки блоков, задача размещения компонентов и задача трассировки монтажных соединений.

Под компоновкой понимают задачу объединения блоков низшего уровня в блоки высшего уровня. Размещение предполагает точное местоположение компонентов в области монтажного пространства, а трассировка заключается в проведении проводящих соединений в соответствии с принципиальной схемой.

При решении всех этих задач должны выполняться выбранные критерии оптимизации и соответствующие ограничения. Желательно также иметь такой метод, который полностью или частично применялся бы к решению перечисленных задач.

В 1953 году Метрополис предложил метод Монте-Карло для моделирования положения равновесия множества атомов при данной температуре  $T$ . Этот метод основан на том, что по закону Больцмана вероятность любой конфигурации  $i$  атомов есть  $\exp(-E(i)/(k_b T))$ , где  $E(i)$  – энергия, соответствующая конфигурации  $i$ ,  $k_b$  – постоянная Больцмана. Следовательно, наиболее вероятны при данной температуре конфигурации с более низкой энергией. Тогда можно попытаться генерировать эти конфигурации случайным образом с целью получения конфигурации с минимальной энергией. Так как количество возможных конфигураций велико, то Метрополис предложил эвристику для нахождения конфигурации с низкой энергией. На каждом шаге алгоритма атому задается небольшое перемещение и вычисляется результирующее изменение энергии  $\Delta E$ . Если  $\Delta E \leq 0$ , новое размещение принимается и эта конфигурация рассматривается как начальная точка следующего шага. Случай  $\Delta E \geq 0$  осуществляется вероятностным образом.

В физической ситуации температура медленно снижается, позволяя атомам перейти в состояние с минимальной энергией. Это позволяет использовать температуру в случае произвольной комбинаторной задачи в качестве управляющего параметра.

Адаптация Метрополиса, скомбинированная с методом изменения температуры, называется методом имитации отжига или просто методом отжига.

Метод Метрополиса легко адаптируется для решения произвольных комбинаторных задач. Используя функцию стоимости вместо энергии и определяя конфигурацию множеством параметров, можно непосредственно процедурой Метрополиса генерировать множество конфигураций данной проблемы оптимизации при некоторой температуре  $T$ . Температура используется как управляющий параметр, измеряемый в тех же единицах, что и функция стоимости. Процесс имитации отжига, таким образом, состоит в доведении системы, подлежащей оптимизации, высокой температуры, а затем изменении температуры мелкими шагами, пока система не «замерзнет» и никакие изменения будут не нужны. При каждой температуре имитация должна продолжаться достаточно долго, чтобы система достигла состояния равновесия. Это можно считать расписанием отжига. Метод имитации отжига отличается от итеративного улучшения тем, что возможен выход из локального оптимума при ненулевой температуре.

Метод «имитации отжига» удобно применить для решения задачи размещения. Структурная схема этого алгоритма приведена на рис.1.

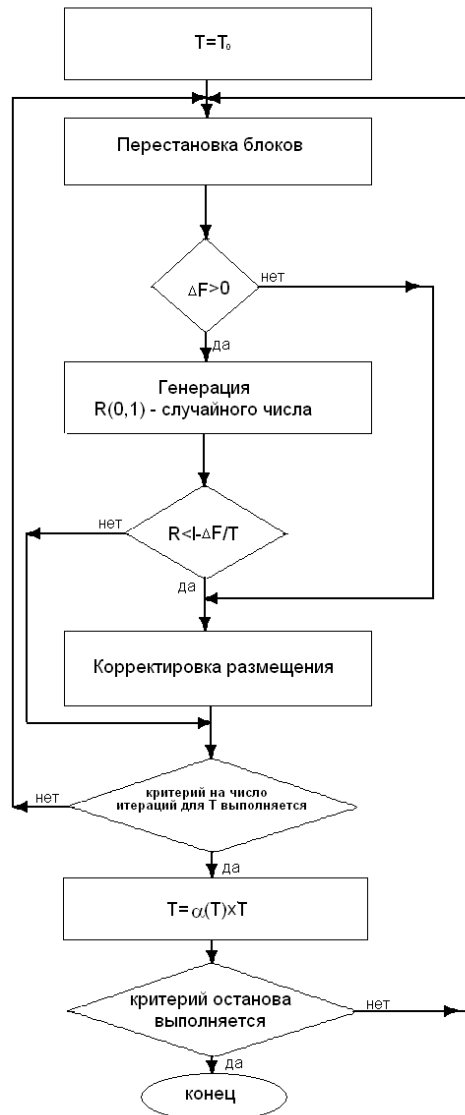


Рис.1

Здесь  $\Delta F$  – приращение целевой функции. В данном случае целевой функцией является длина.

В соответствии с процессом отжига температура должна медленно падать, поэтому необходимо задавать закон изменения (падения) температуры.  $T := \alpha(T) \times T_0$ ,  $T = aT_0/n$ ,  $n=1,2,\dots$  - номер шага эксперимента (алгоритма). Из приведенных соотношений видно, что в начале процесса размещения, т.е. при высокой  $T$ , принятие

худших решений осуществляется с высокой вероятностью, а по мере «остывания», эта вероятность уменьшается, приближаясь к нулю.

Наиболее ответственным моментом в алгоритмах этого типа является эмпирический подбор изменения температуры на каждом шаге работы алгоритма. Алгоритм имеет большую временную трудоемкость, но, как показывают экспериментальные исследования, создает наиболее благоприятные условия для последующей трассировки.

Размеры окна, в котором осуществляются перестановки, логично уменьшать по мере уменьшения температуры отжига. Причем делать это можно в соответствии с выражениями:

$$W_x(T) = W_x(T_0) [\lg(T) / \lg(T_0)],$$

$$W_y(T) = W_y(T_0) [\lg(T) / \lg(T_0)].$$

Здесь  $W_x(T)$  и  $W_y(T)$  – размеры окна по оси X и Y при данной  $t^0$ .

$W_x(T_0)$  и  $W_y(T_0)$  – то же, но при  $t^0 = T_0$ , то есть при начальной  $t^0$ .

УДК 681.324.378

О.П. Шередеко, С.Н. Щеглов, В.В. Янушко

#### ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ САПР СПРУТ

**Введение.** В последнее время концепция автоматизации труда конструктора базировалась на принципах геометрического моделирования и компьютерной графики. При этом системы компьютеризации труда конструкторов, технологов, технологов - программистов, инженеров - менеджеров и производственных мастеров развивались автономно и инженерные знания - основа проектирования, оставались вне компьютера. Такое положение не удовлетворяет современным требованиям к автоматизации. Сейчас необходима комплексная компьютеризация инженерной деятельности на всех этапах жизненного цикла изделий, которая получила название CALS (computer aided life-cycle system) технологии. Традиционные САПР с их геометрическим, а не информационным ядром, не могут явиться основой для создания таких систем. Сегодня каждое изделие в процессе своего жизненного цикла должно представляться в компьютерной среде в виде иерархии информационных моделей, составляющих единое целое и имеющих соподчиненность, где каждая последующая является более детальной и содержит дополнительную информацию [1].

Традиционные CAD-CAM системы способны помочь инженеру лишь получить РД и УП для станков с ЧПУ. Для полной реализации современного подхода к проектированию необходимы метаинструментальные среды, способные в равной мере эффективно решать как геометрические, так и негеометрические задачи. На такой среде базируется СПРУТ-технология. СПРУТ-технология основана на российской разработке - метаинструментальной среде автоматизированного проектирования СПРУТ. С ее помощью ведется комплексная компьютеризация средних российских предприятий, включая не только конструкторско-технологическую подготовку производства, но и управление ресурсами.

Среда СПРУТ изначально задумывалась как гибкая структура с набором современных "строительных материалов", позволяющих пользователям строить свои "сооружения" по своему вкусу, без излишеств и с полной возможностью модернизации их при необхо-