

УДК 621.382.8.001.2:681.3

ОБ ОДНОЙ ИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ПО ПРОЦЕНТУ ВЫХОДА ГОДНЫХ

В.С. Павленко

Постановка задачи статистической оптимизации известна [1] и может быть сформулирована следующим образом:

Пусть качество изделий определяется некоторым вектором выходных параметров \vec{Y} , который связан с вектором входных параметров \vec{X} зависимостью $\vec{Y} = f(\vec{X})$. Необходимо найти характеристики закона распределения вектора \vec{X} , обеспечивающие наилучшее значение некоторой целевой функции при выполнении ограничений (в общем случае двухсторонних) на компоненты \vec{Y} .

Для вычисления целевой функции в алгоритме оптимизации традиционно используется метод случайных испытаний (метод Монте-Карло). При значительных дисперсиях компонент \vec{X} необходимое количество однократных испытаний может стать очень большим. Вследствие этого задача не может быть решена на ЭВМ среднего быстродействия из-за слишком больших затрат машинного времени. Поэтому возникает вполне естественное стремление найти способ уменьшения затрат на вычисление электрических выходных параметров схемы в процессе оптимизации. В данной работе предлагается один из таких способов.

Если критерием оптимизации является процент годных интегральных схем (ИС), то результатом однократного испытания является заключение о том, удовлетворяются ли ограничения на компоненты вектора \vec{Y} , т.е. является ли схема годной. Полагаем, что существует область значений вектора \vec{X} , при которых ИС годная. Отметим, что здесь и ниже нам удобнее вместо понятия N -мерного вектора \vec{X} использовать понятие точки X в пространстве размерности N (N — число входных переменных). Тогда для каждой реализации X достаточно определить, попадет ли эта точка в область годных. Для этого необ-

ходимо иметь описание этой области. Предлагается описать область годных изделий некоторым набором векторов Z_i , каждый из которых начинается в одной и той же заранее выбранной в области годных точке X_0 и заканчивается на границе раздела области годных и брака в точке X_1 . Направления векторов Z_i являются случайными величинами с равномерным распределением. Набор таких векторов должен быть получен предварительно с применением программы расчета электрических параметров принципиальной схемы.

При определении попадания некоторой случайной точки X в область годных рассматривается вектор Z_k , соединяющий эту точку с точкой X_0 . Определяем, какой из векторов Z_i имеет наименьший угол с Z_k . Через конец этого вектора, лежащий на границе области годных, проводим плоскость, перпендикулярную этому вектору. Остается решить, находится ли X по ту же сторону от плоскости, что и X_0 (тогда схема годная), или нет. Это уже просто, да и весь способ имеет простой и ясный геометрический смысл. Реализация его в виде программы несложна, и затраты машинного времени не должны быть большими.

Недостатком метода является то, что область годных в сущности заменяется некоторым многогранником, стороны которого не являются касательными к реально существующей границе области. Это ограничивает его область применения выпуклыми односвязными областями и может приводить к значительной погрешности при определении принадлежности точки к области годных. Очевидно, что эта погрешность уменьшается при увеличении числа граничных точек (векторов Z_i). Однако при этом увеличиваются и вычислительные затраты как в процессе предварительного расчета (получение граничных точек), так и при определении попадания в область годных. Величина погрешности не была оценена; предполагается, что эти оценки могут являться предметом дальнейшей работы.

Для реализации метода разработаны программы на языке ФОРТРАН для ЭВМ "Минск-32", осуществляющие поиск граничных точек области, определение попадания в область годных и оптимизацию по проценту выхода.

Для оптимизации применяется метод случайного поиска с адаптацией, в котором учтены некоторые особенности данной целевой функции. В частности, количество испытаний при вычислении процента выхода изменяется в зависимости от величины его на предыдущем шаге оптимизации, а величина шага изменяется так, чтобы различие вели-

чин процента выхода на двух последовательных шагах оптимизации было больше заданной величины.

Необходимость введения этих поправок обусловлена тем, что процент выхода есть случайная величина. Опыт работы с программой показал, что без них оптимальные условия далеко не всегда удается найти.

Проведенные на ЭМ "Минск-32" расчеты показали, что применение предлагаемого метода дает возможным оптимизацию по проценту выхода с применением ЭМ среднего быстродействия. В частности, в одном из примеров поиска оптимальных условий для микросхемы, состоящей из трех последовательно включенных инверторов, затраты машинного времени ЭМ "Минск-32" составили 10 часов. Из них 8 часов затрачено на поиск граничных точек по результатам предварительного статанализа (200 испытаний) и 2 часа на поиск оптимальных значений математических ожиданий четырех входных параметров. Количество граничных точек было равно 100. Число испытаний на одном шаге оптимизации - не менее 100. Обычные методы статистической оптимизации для этого случая потребовали бы не менее 150 часов машинного времени.

Л и т е р а т у р а

1. ИЛЬИН В.Н. Машинное проектирование электронных схем. М., "Энергия", 1972.

Поступила в ред.-изд.отд.

31 января 1977 года