

Лекция 7

Задачи топологического проектирования и методы их решения

Вопросы лекции

1. Задачи компоновки и методы их решения.
2. Задачи размещения и методы их решения.
3. Задачи трассировки и методы их решения.

Состав и взаимосвязь задач топологического проектирования



Вопрос 1.

**Задачи компоновки и методы
их решения**

Компоновка (разрезание) заключается в группировании компонентов по критерию связности, что необходимо или для размещения формируемых групп в отдельных чипах при многокристальной реализации (на отдельных печатных платах), или для определения их взаимного расположения в одном кристалле (на одной плате) при выполнении процедуры планировки кристалла (платы).

Компоновкой называется процесс перехода от схемы ЭС к конструктивному распределению (разбиению) всех элементов на группы, соответствующие конструктивам различных уровней (микросхем, типовых элементов замены, панелей блоков, стоек и т. д.).

Иногда выделяют три постановки задачи компоновки: разбиение — разрезание исходной схемы на части; покрытие — преобразование исходной схемы в схему соединений элементов; типизация — разделение схемы на группы конструктивных элементов различных типов.

Задача компоновки

как задача разрезания большой схемы на части формулируется следующим образом.

Пусть исходная схема представляется мультиграфом $G(V, R)$, здесь множество вершин V соответствует множеству конструктивных модулей, а множество ребер R — связям между ними. Требуется разрезать (разбить) граф $G(V, R)$ на n частей $G_1(V_1, R_1), \dots, G_n(V_n, R_n)$ с $N_i, i = 1, n$ вершинами в каждой так, чтобы число ребер, соединяющих вершины разных частей, было минимальным, т. е. критерий оптимальности имеет вид

$$Q = \sum_{i,j=1}^n |R_{i,j}| \rightarrow \min_{V_1, \dots, V_n}, \quad (1)$$

где $|R_{i,j}|$ — мощность множества ребер $R_{i,j}$, инцидентных частям $G_i(V_i, R_i)$ и $G_j(V_j, R_j)$ графа G .

При этом должен выполняться ряд ограничений.

1. Число вершин в каждой части должно быть задано, т. е.

$$\forall i = \overline{1, n} : |V_i| = N_i. \quad (2)$$

2. Одна вершина должна принадлежать лишь одной части, т. е.

$$\forall G_i, G_j: G_i \neq G_j \Rightarrow V_i \cap V_j = \emptyset. \quad (3)$$

3. Объединение всех частей должно быть равно исходному графу, т. е.

$$\bigcup_{i=1}^n G_i(V_i, R_i) = G(V, R). \quad (4)$$

4. Максимально допустимое число внешних связей каждой части не должно превышать допустимой величины S_i :

$$\left| \bigcup_{\substack{j=1, \\ j \neq i}}^n R_{i,j} \right| \leq S_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

5. Раздельная компоновка ряда вершин $v_k, v_l \in V$ в разных частях графа, т. е.

$$v_k \in V_i \Rightarrow v_l \in V \setminus V_i. \quad (6)$$

6. Некоторые вершины v_p, v_q должны быть жестко закреплены за определенными частями V_i, V_j . Такие вершины называются закрепленными, т. е.

$$v_p \in V_i, v_q \in V_j. \quad (7)$$

Известные алгоритмы компоновки можно условно разбить на 5 групп:

- алгоритмы, использующие методы целочисленного программирования;
- последовательные алгоритмы;
- итерационные алгоритмы;
- смешанные алгоритмы;
- алгоритмы, основанные на методе ветвей и границ.

Алгоритмы первой группы, хотя и позволяют получить точное решение задачи, однако для устройства реальной сложности фактически не реализуемы на ЭВМ.

Методы решения задач компоновки, основанные на последовательных алгоритмах

Последовательный алгоритм, использующий матрицу смежности

Последовательный алгоритм, использующий матрицу цепей

Последовательно-итерационный алгоритм

Генетические алгоритмы

Алгоритмы решения задач типизации и покрытия

Компоновка типовых блоков обычно сводится к так называемым задачам типизации и покрытия. Типизация представляет собой разбиение схемы соединений (коммутационной схемы) блоков на части с минимальной номенклатурой частей разбиения или по максимуму однотипности используемых ячеек. Сокращение номенклатуры типовых элементов конструкции позволяет уменьшить затраты на дальнейшее проектирование. Под покрытием понимается представление принципиальной схемы ЭС типовыми конструктивными элементами, на которых она будет реализована, и связями между ними с учетом выбранных критериев оптимальности. Выделяют два вида задачи покрытия: с несвязанными элементами и функциональными ячейками. В первом случае решение сводится к определению необходимого числа ячеек для покрытия схемы с минимальной суммарной стоимостью и минимизации числа связей между ячейками. Во втором случае решается задача покрытия схемы заданным классом функциональных ячеек с минимизацией числа ячеек и суммарного числа связей между ними.

Вопрос 2

**Задачи размещения и методы их
решения**

Размещение рассматривается как проектная процедура, заключающаяся в определении расположения заданного множества элементов в монтажно-коммутационном пространстве. При конструировании ЭС решаются задачи размещения микросхем на печатной плате, компонентов в кристалле интегральных схем, типовых элементов замены в панели, панелей в стойке и т. п. Проектирование печатного узла связано с размещением не только электронных компонентов в МКП, но и распределением электрических связей по слоям платы. Качество решения задачи размещения определяет повышение надежности, уменьшение размеров конструктивных единиц и длины соединений, минимизацию взаимных наводок, задержек сигналов и т. д. От результатов ее решения зависит эффективность последующей задачи — трассировки.

Исходными данными для решения задачи размещения являются множество конструктивных элементов $V = \{v_1, \dots, v_n\}$, множество связей между ними $R = \{r_1, \dots, r_p\}$ и множество установочных мест (позиций) в МКП $T = \{t_1, \dots, t_m\}$, причем каждый элемент может занимать не более одного посадочного места, т. е. $m \geq n$. Указываются конфигурация МКП, ограничения на расположение отдельных элементов по установочным местам и относительно друг друга с учетом тепловой и электромагнитной совместимости, а также их влияния на механические характеристики платы (блока). Схема соединений элементов может задаваться графом $G(V, R)$, матрицей цепей или в виде табличного списка. Кроме того, задается критерий оптимальности Q .

Математически задача размещения формулируется следующим образом. Для заданных $G(V, R)$ и T требуется найти такое отображение графа схемы G на множество установочных мест T , чтобы выполнялись необходимые ограничения и обеспечивался минимум выбранного критерия оптимальности Q .

Наиболее часто в задачах размещения минимизируется суммарная длина электрических соединений:

$$Q_1 = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m l_{ij} s_{ij}, \quad (5.20)$$

суммарное число внутрисхемных пересечений:

$$Q_2 = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^{|R|} p(r_{ij}), \quad (5.21)$$

число соединений, длина которых превышает задаваемую величину l_3 :

$$Q_3 = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m l'_{ij} s_{ij}, \quad l'_{ij} \geq l_3, \quad (5.22)$$

где l_{ij} — расстояние между i -м и j -м установочными местами на МКП, в которых расположены соответствующие конструктивные элементы, определяемое по формулам (3.13) или (3.14); l'_{ij} — расстояния l_{ij} , превышающие l_3 ; s_{ij} — число кратных связей (ребер графа G), соединяющих элементы в i -м и j -м установочных местах; $p(r_{ij})$ — число пересечений ребра r_{ij} графа G .

Методы решения задач размещения

Последовательно-итерационный алгоритм размещения

Эвристический алгоритм, основанный на методе выделения «длинных» и «коротких» ребер

Последовательный алгоритм размещения однотипных элементов

Алгоритм, основанный на методе ветвей и границ
Алгоритм случайного поиска

Алгоритмы размещения соединений по слоям платы

Вопрос 3

**Задачи трассировки и методы их
решения**

Трассировка является одной из самых сложных задач проектирования ЭС и заключается в соединении между собой контактов ЭРИ электрической цепью, при этом критерий качества электрических соединений должен достигать экстремального значения и выполняться необходимые технологические ограничения.

Методы решения задач трассировки

Алгоритмы формирования списка электрических соединений

Алгоритмы определения порядка проведения соединений

Волновой алгоритм

Алгоритм встречной волны

Волновой алгоритм соединения комплексов

Алгоритм минимального отклонения от соединительной линии

Алгоритм обхода занятых дискрет

Лучевой алгоритм

Волновой алгоритм трассировки многослойных печатных плат

Алгоритм Хейса