

## РАСЧЕТ МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЦВМ ПРИ КОНСТРУКТОРСКОМ СИНТЕЗЕ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

*В.М. Помазанов, Ю.М. Крыжановский*

(Москва)

Данный доклад посвящен вопросам конструкторского синтеза, причем основное внимание будет уделено задаче расчета монтажных соединений цифрового вычислительного устройства некоторой конструкции. Так как рассматриваемая задача является лишь отдельным звеном в системе автоматизации конструкторского синтеза, мы вкратце остановимся на решении предшествующих ей задач.

Под конструкторским синтезом здесь понимается получение производственной и эксплуатационной документации для вычислительного устройства (таблицы на бумажной ленте, на перфокартах).

Под логической схемой вычислительного устройства будем понимать описание этого устройства в терминах функций алгебры логики.

Мы будем придерживаться следующей конструкции. Вычислительное устройство состоит из панелей, располагаемых одна за другой как листы в книге. Каждая панель состоит из нескольких одинаковых плат прямоугольной формы. При этом если две платы примыкают друг к другу, то верхняя граница нижней платы (сторона прямоугольника) является нижней границей верхней платы. Плоскость, соединяющая панели (корешок книги), назовем соеди-

нительной плоскостью. Предполагается, что соединение элементов на плате, а также контактов на соединительной плоскости, проводится многослойным печатным монтажом.

Платы в устройстве будем называть принадлежащими одному уровню, если их нижние границы удалены на одинаковые расстояния от основания панелей, на которых они находятся. Часть соединительной плоскости, примыкающей к платам одного уровня, назовем соединительной зоной этого уровня.

При соединении элементов, находящихся на разных платах, выходы с платы осуществляются через выходные контакты, лежащие на границе этой платы с другой платой или на границе этой платы с соединительной зоной того же уровня. Переходы с уровня на уровень можно осуществлять только внутри панели, т.е. переход через границу между соединительными зонами запрещен.

Основной исходной информацией ко всей системе автоматизации является логическая схема устройства, представленная в виде таблиц в ЦВМ.

Первая задача в конструкторском синтезе - задача покрытия логической схемы устройства физическими элементами, например, микромодулями, т.е. логической схеме должна быть поставлена в соответствие схема соединения микромодулей.

В результате решения этой задачи получаются таблицы связей между микромодулями с указанием их типов и номеров соединяемых выводов.

По полученным таблицам производится компоновка панелей микромодулями. Основным требованием при решении задачи компоновки является достижение минимального количества связей между панелями.

В результате работы программы выдаются таблицы с указанием номеров панелей и номеров микромодулей, попавших на них. Алгоритм решения задачи приведен в [1].

Следующей задачей является задача компоновки плат микромодулями и размещения микромодулей на платах. Основными требованиями здесь являются минимизация числа связей между уровнями и минимизация общей длины соединительных проводов на плате.

В результате работы программы получаются таблицы размещения микромодулей по платам. Постановка задачи и алгоритм решения описаны в [2].

Из таблицы связей между микромодулями и таблицы размещения микромодулей при помощи программы получаются таблицы связей между микромодулями, находящимися на разных платах, и таб-

лицы связей между микромодулями, находящимися на одной плате.

Таблица межплатных связей между микромодулями (таблица I) является входной для расчета монтажных соединений.

Т а б л и ц а I

$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$\lambda_1$
...	...	...	...	...
$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$\lambda_1$
$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$	$\lambda_2$
...	...	...	...	...

Здесь  $a_1$  - номер панели,  $a_2$  - номер платы,  $a_3$  - номер места микромодуля на плате,  $a_4$  - номер контакта (вывода) микромодуля. Смысл последующих строк тот же. Признаком  $\lambda$  с индексом внизу помечаются те строчки, контакты в которых требуется соединить между собой. Множество плат, находящихся в строчках таблицы, помеченных одним признаком  $\lambda_1$ , назовем множеством  $\lambda_1$ .

Задача расчета монтажных соединений заключается в указании контактов, которые должны быть соединены, чтобы осуществить межплатные связи.

Каждой плате, а также соединительной зоне поставим в соответствие вершину графа  $G$ . Две вершины соединим ребром, если соответствующие им платы и соединительные зоны имеют общую границу и через эту границу могут быть проведены пути, т.е. на этой границе имеются выходные контакты. Число этих контактов назовем пропускной способностью ребра. Вершины графа  $G$  (рис. I) обозначены символами  $(i, j)$ , причем, если  $i = 0$ , то

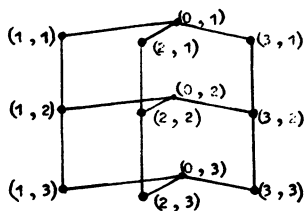


Рис. I.

вершина соответствует соединительной зоне, в противном случае, эта вершина соответствует  $j$ -ой плате  $i$ -ой панели. Множества  $\lambda_i$  мы перенесем на граф  $G$ , отождествляя элементы этого множества с вершинами графа  $G$ .

На первом этапе решения задачи расчета монтажных соединений для каждого множества  $\lambda_i$  мы будем выделять на графе  $G$  дерево, среди вершин которого находятся все элементы множества  $\lambda_i$ ; при этом потоком через ребро графа будем называть число уже выделенных деревьев, проходящих через это ребро. Задача заключается в том, чтобы для каждого множества  $\lambda_i$  было выделено дерево и чтобы потоки через ребра графа  $G$  не превышали пропускных способностей этих ребер. Очевидно, что данная задача не всегда разрешима. В случае ее неразрешимости требуется построить максимально возможное число деревьев. Здесь будет дан алгоритм, который, вообще говоря, не решает задачи, но который приводит к удовлетворительным результатам при практическом применении.

Определим расстояние между двумя вершинами  $(b_1, b_2)(d_1, d_2)$ , где  $b_1 \times d_1 \neq 0$  по некоторой формуле, например:

$$\rho((b_1, b_2), (d_1, d_2)) = 3 \operatorname{sgn} |b_1 - d_1| + 2 |b_2 - d_2|.$$

Упорядочим вершины каждого множества  $\lambda_i$  следующим образом. Первой будем считать произвольно выбранную вершину, второй — ближайшую к первой, третьей — ближайшую к первым двум и т.д.

Окрестностью некоторой вершины графа  $G$  назовем множество смежных ей вершин. Пропускной окрестностью ( $\pi$  - окрестностью) вершины назовем множество тех вершин ее окрестности, для которых пропускная способность ребер, инцидентных данной вершине, меньше потока через эти ребра.

Для каждой вершины графа определяется  $\Pi$  - окрестность, причем вершины этой  $\Pi$  - окрестности упорядочиваются по убыванию разностей пропускных способностей и потоков ребер, инцидентных рассматриваемой вершине.

В множестве  $\lambda_i$  выбираем две первые вершины и строим между ними путь по алгоритму, аналогичному алгоритму  $\Pi$ , рассматривая в качестве окрестности вершины ее  $\Pi$  - окрестность. В результате получаем путь, представленный в таблице 2 строчками до признака  $\xi$ , которым помечается конец пути. В этой таблице каждой вершине дерева отводятся две строки. Строка, соответствующая началу пути, полностью переносится из таблицы I.

Вершины вида  $(0, b_2)$  в таблицу 2 не включаются.

Т а б л и ц а 2

$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$\lambda_1$
$a_1$	$a_2$	0	0	$\lambda_1$
...	...	...	...	...
$f_1$	$f_2$	0	0	$\lambda_1$
$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$\lambda_1$
$\xi_1$	$\xi_2$	$\xi_3$	$\xi_4$	$\lambda_1$
...	...	...	...	...

Затем берем следующую вершину множества  $\lambda_1$  и по тому же алгоритму проводим путь до первой встречной вершины выделенного поддерева, дописывая полученную ранее таблицу 2. Причем в таблицу не включаются строчки, у которых первый элемент равен нулю. Если первой встреченной вершиной поддерева является вершина вида  $(0, b_2)$ , то вместо нее в таблицу включается строка, соответствующая любой вершине, смежной вершине  $(0, b_2)$  и принадлежащей ранее выделенному поддереву. Последняя для рассматриваемого пути строка таблицы 2 помечается признаком  $\xi$ . Если соответствующая этой строке вершина не принадлежит множеству  $\lambda_1$ , то третий и четвертый элементы строки равны нулю. В противном случае соответствующая строка переносится в эту таблицу из таблицы I полностью.

Аналогично поступаем для всех оставшихся вершин множества  $\lambda_1$ . Выделив дерево, включающее все вершины множества  $\lambda_1$ , увеличиваем на единицу потоки через ребра графа  $G$ , принадлежащие этому дереву, и производим соответствующие изменения и переупорядочивания в  $\Pi$ -окрестностях. Затем переходим к выделению дерева для множества  $\lambda_{1+1}$  и т.д.

Задачей второго этапа является заполнение в таблице 2 мест, на которых стоят нули, номерами контактов, через которые будут проходить пути. Заметим, что если на первом этапе мы рассматривали всё устройство целиком, то сейчас нас будет интересовать лишь каждая отдельная плата и соседние ей платы. Будем рассматривать поочередно все панели слева направо. На каждой панели платы рассматриваются поочередно сверху вниз.

Выходные контакты на соединительную зону находятся на правой стороне платы. Выходные контакты на соседние платы од-

ной панели могут находиться и на верхней, и на нижней стороне платы, а также и на обеих сторонах платы, в зависимости от места платы на панели.

На плате возможны элементы пути, изображенные на рис. 2.

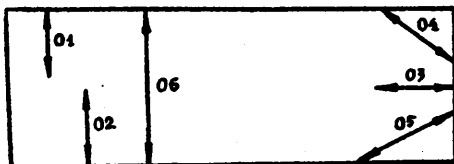


Рис. 2.

Выберем некоторую плату, согласно описанному порядку. В таблице 2 каждой паре строк с номером выбранной платы присваиваем признак одного из элементов пути, изображенных на рис. 2. Это всегда можно сделать, учитывая признак  $\xi$  и анализируя номера плат в строках, соседних с каждой парой. Заметим, что если на плате находятся элементы пути вида 01, 06, 04, то верхний контакт им был присвоен при рассмотрении предшествующих плат. Кроме этого могли быть присвоены контакты правой стороны элементам пути вида 04 и 05. При присвоении контактов необходимо придерживаться следующих принципов:

1. Всем элементам пути вида 03, 04 или 05, порожденным одним деревом, присваивается один и тот же контакт на правой стороне платы.

2. Всем элементам пути вида 05 и 06, порожденным одним деревом, присваивается один и тот же контакт на нижней стороне платы.

3. Если элементу пути вида 05 не присвоен контакт на правой стороне платы, то он присваивается произвольно.

4. Свободные контакты на нижней и правой стороне платы присваиваются элементам пути в соответствии с формулой  $i = \left[ \frac{n-k}{k} \right] j + j$ , где квадратная скобка означает целую часть соответствующего числа,  $n$  - число свободных контактов на данной стороне,  $j$  - порядковый номер упорядоченных относительно соответствующей стороны платы контактов, с которых осуществляются выходы через данную сторону,  $k$  - число этих контактов,  $i$  - порядковый номер свободного контакта,

который должен быть соединен с контактом  $j$ . Упорядочивание контактов относительно стороны платы проводится так, чтобы получаемые в пункте 4 отрезки путей, идущих к этой стороне, не пересекались. Например, упорядочивание контактов относительно нижней стороны платы для микромодуля с 12 контактами можно провести так, как указано на рис. 3.

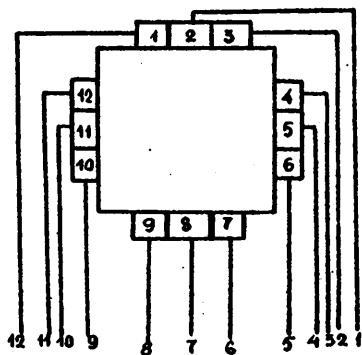


Рис. 3.

Нетрудно получить такое упорядочивание для всех контактов платы (в том числе и принадлежащих боковым сторонам).

Из конструктивных соображений присвоение какому-либо пути контакта на стороне платы может автоматически определить контакт для этого пути на соответствующей стороне соседней платы. Это может быть тогда, когда, например, на соединительной зоне не допускается пересечение проводников. Поэтому после обработки каждой платы просматривается вся таблица 2 и проводится присвоение контактов путям в соответствии с вышеделанным замечанием.

После обработки всех плат из таблицы 2 формируются две таблицы. Одна является входной для проведения печатного монтажа (трассировки) на каждой плате, другая - для проведения печатного монтажа на каждой соединительной зоне.

В заключение следует заметить, что описанный здесь алгоритм применяется в одной из систем автоматизации конструкторского проектирования, по которой ведется расчет ЭВМ.

## Л и т е р а т у р а

крыжановский. Решение задачи компоновки и размещения элементов электронных схем блока по панелям с помощью ЦВМ. Применение вычислительных машин для проектирования цифровых устройств. М., 1967.

2. В.М. Помазанов. К задаче о размещении приборов в кассете. Применение вычислительных машин для проектирования цифровых устройств. М., 1967.