ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
1973 год Выпуск 54

УДК 681.3.001

# СИНТЕЗ УСТРОЙСТВ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ОДНОМЕРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

А.А.Койфман, Л.И.Макаров, А.В.Панков, В.К.Попков, В.А.Скоробогатов

1. В работе [1] рассмотрен класс одномерных вычислительных сред (ОВСр), описаны основные этапы проектирования устройств логического управления (УЛУ) в ОВСр и задачи соответствующих комплексов автоматизированной системы проектирования. Показано, в частности, что синтез конкретного УЛУ в ОВСр сводится к синтезу в ОВСр системы $F=\{f_i\}$, $i=\overline{1,N}$, заданных в д.н.ф. монотонных, бесповторных функций алгебры логики (МБ-функций), и обосновано комплектование базиса $\psi=\{\psi_j\}$, $j=\overline{1,K}$, элемента ОВСр также МБ-функциями.

Конечной целью автоматизированного синтеза МБ-функций в ОВСр является построение программы настройки ОВСр на выполнение каждой из функций $f_i\in F$. Под программой настройки здесь понимается упорядоченный список массивов, каждый из которых соответствует одному элементу ОВСр, участвующему в реализации функции $f_i\in F$, и содержит следующую информацию: функцию $\psi_j\in\psi$, реализуемую этим элементом ОВСр; список переменных, констант и номеров коммутационных шин, подключаемых ко входам логической части элемента; номера коммутационных шин, подключаемых к выходам элемента.

Построение программы настройки разбивается на два этапа. На первом этапе по списку рангов конъюнкций функции $f_i$ строится план синтеза (определение плана дано в п.3), на втором этапе по плану производится построение программы настройки. Это позволяет исключить на первом этапе (при многократных просмотрах $f_i$) работу с конкретными именами переменных.

2. Пусть задано дерево $T$ ,все внутренние вершины которого имеют степень $m+1$ . Выберем одну из внешних вершин в качестве корня и введем ориентацию дуг от внешних вершин к корню. Все внутренние вершины пронумеруем числами от I до $M$ (где $M$ -число внутренних вершин). Обозначим внутренние вершины дерева $T$ через $a_\alpha$ , $\alpha=\overline{1,M}$ , а дуги, входящие в вершину $a_\alpha$ , через $b_\ell^\alpha$ , $\ell=\overline{1,m}$ .

Пусть $\psi=\{\psi_j\}$, $j=\overline{1,K}$ ,-множество функций от $m$ переменных. Сопоставим каждой внутренней вершине $a_\alpha$ элемент $A_\alpha$ с $m$ входами, реализующий одну из функций $\psi_j$ . Каждой внешней вершине, кроме корня, сопоставим константу (0 или I) или переменную из множества $X=\{x_1,x_2,\dots,x_n\}$ . Обозначим $\ell$ -й вход элемента $A_\alpha$ через $c_\ell^\alpha$ . Каждой дуге $b_\ell^\alpha$ , входящей в вершину $a_\alpha$, исходящей из внутренней вершины $a_\beta$ , $\beta=\overline{1,M}$,сопоставим связь между выходом элемента $A_\beta$ и $c_\ell^\alpha$ . Если дуга $b_\ell^\alpha$ выходит из внешней вершины,то примем, что на вход $c_\ell^\alpha$ элемента $A_\alpha$ подается соответствующая переменная (или константа). Корню дерева сопоставим функцию, реализуемую на выходе элемента, соответствующего внутренней вершине, соединенной дугой с корнем.

Такую конструкцию будем называть древовидной схемой из элементов над базисом $\psi$ или просто Д-схемой. Сложностью $L$ Д-схемы назовем число элементов в ней.

Очевидно, что анализ конкретной Д-схемы, т.е. определение реализуемой ею функции,не представляет трудности.

Очевидно также, что ОВСр можно настроить на выполнение МБ-функции, так что она станет Д-схемой из элементов над базисом $\psi=\{\psi_j\}$ . Далее рассматриваются только Д-схемы над базисом $\psi$ элемента ОВСр и такие, что каждая переменная подается только на один вход одного элемента.

Наличие ограничений на количество коммутационных шин ОВСр накладывает ограничение на вид интересующих нас Д-схем.При заданной нумерации элементов Д-схемы назовем сечением $S'_\lambda$ число соединений между элементами, номер которых не больше $\lambda$ , и элементами, номер которых больше $\lambda$ , $\lambda=\overline{1,L}$ .Шириной $S'$ Д-схемы при заданной нумерации назовем величину $\max\limits_\lambda S'_\lambda$ . Шириной Д- схемы назовем величину $S=\min S'$ по всем нумерациям, при которых выход каждого элемента подключен ко входу элемента с большим номером. Очевидно, что при синтезе программ настройки для однонаправленной ОВСр интерес представляют только



Д-схемы, ширина которых не превышает числа коммутационных шин. Для двунаправленных ОВСр ограничение на вид нумерации в определении ширины Д-схемы снимается. Нетрудно показать, что сложность поиска нумерации, при которой $S'$ минимальна, пропорциональна $L$ .

Основной задачей синтеза МБ-функций в ОВСр является построение по заданной функции $f_i\in F$ и заданному базису $\psi$ элемента ОВСр наименее сложной Д-схемы,реализующей $f_i$ и имеющей ширину, не превышающую числа коммутационных шин ОВСр.

Каждой конъюнкции МБ-функции $f$ сопоставим число, равное её рангу. Упорядоченное по убыванию множество чисел, соответствующее множеству всех конъюнкций $f$ , назовем спектром функции $f$ и обозначим символом $g(f)$ .

Пусть некоторый элемент $A_\alpha$ Д-схемы реализует функцию $\psi_j$, спектр которой $g(\psi_j)=(s_1^j,s_2^j,\dots,s_{k_j}^j)$ , $\sum\limits_{\rho=1}^{k_j} s_\rho^j=m$ .Примем для простоты, что нумерация входов элемента совпадает с нумерацией переменных в $\psi_j$ . Сопоставим элементу $A_\alpha$ символ $B_j^\alpha=(\psi_j,q_1^\varepsilon(\alpha),q_2^\varepsilon(\alpha),\dots,q_\ell^\varepsilon(\alpha),\dots,q_m^\varepsilon(\alpha))$. Компоненты $q_\ell^\varepsilon(\alpha)$, $\ell=\overline{1,m}$ ,символа $B_j^\alpha$ сопоставлены входам элемента и разбиты на $k_j$ групп $Q_\rho^\alpha$ , соответствующих отдельным конъюнкциям $\psi_j$ таким образом,что $|Q_\rho^\alpha|=s_\rho^j$ , $\rho=\overline{1,k_j}$ . Индекс $\varepsilon$ компоненты $q_\ell^\varepsilon(\alpha)$ может принимать значения из множества $\{0,I,\mu,\nu,\gamma\}$ .

Индексы $\ell$ -й компоненты $q_\ell(\alpha)$ соответствуют:

0 – подаче на $\ell$ -й вход элемента $A_\alpha$ константы 0;

I – подаче константы I;

$\mu$ – подаче одной из переменных множества $X=\{x_1,x_2,\dots,x_n\}$ ;

$\nu$ – подключению $\ell$ -го входа к выходу одного из элементов схемы, при этом индексы остальных компонент группы, содержащей $\ell$ -ю компоненту, могут принимать значения I, $\mu$ (такой вход назовем конъюнктивным);

$\gamma$ – подключению $\ell$ -го входа к выходу одного из элементов схемы, при этом индексы остальных компонент той же группы равны I (такой вход и такое соединение назовем дизъюнктивным).

3. Множество $\sigma=\{B_j^\alpha\}$ , в котором каждый из символов может повторяться неоднократно,назовем планом синтеза для МБ-функции $f$ , если существует реализующая функцию $f$ Д-схема заданной ширины, совокупность символов которой совпадает с $\sigma$ .

Для того, чтобы множество $\sigma$ являлось планом синтеза для функции $f$, необходимо, чтобы символы $B_j^{\alpha}$, а также все множество $\sigma$ удовлетворяли набору условий, обеспечивающих возможность реализации всех конъюнкций функции $f$ и объединения элементов со свободными дизъюнктивными и конъюнктивными входами в Д-схему заданной ширины без добавления элементов. Прежде чем перейти к формулированию условий, отметим ряд очевидных требований к методу реализации функций, выполнение которых не приводит к увеличению сложности получаемой Д-схемы. Каждую конъюнкцию функции, ранг которой не менее максимального ранга $s = \max_j s_j$ конъюнкций в базисе, необходимо реализовать последовательной цепочкой элементов, выполняющих базисную функцию, содержащую конъюнкцию ранга $s$. Каждую конъюнкцию (или остаток конъюнкции) ранга $i\ (i \le s-1)$ необходимо реализовать с помощью одной конъюнкции ранга $z \ge i$ одного элемента. Не допускается использование элементов для реализации констант или функций повторения входных переменных.

Разобьем множество $\sigma = \{B_j^{\alpha}\}$ на два подмножества $\hat{\sigma} = \{\hat{B}_j^{\alpha}\}$ и $\check{\sigma} = \{\check{B}_j^{\alpha}\}$. Первое из них соответствует реализации конъюнкций, ранг которых превышает $s$. Второе – реализации конъюнкций, ранг которых не превышает $s$, остатков конъюнкций и дизъюнктивных соединений.

Обозначим через $v^{\varepsilon}(\alpha)$ (соответственно через $\hat{v}^{\varepsilon}(\alpha), \check{v}^{\varepsilon}(\alpha)$) число компонент $q_{\ell}^{\varepsilon}(\alpha)$ в символе $B_j^{\alpha}$ (соответственно $\hat{B}_j^{\alpha}, \check{B}_j^{\alpha}$), а через $v_{\rho}^{\varepsilon}(\alpha)$ (соответственно через $\hat{v}_{\rho}^{\varepsilon}(\alpha)$, $\check{v}_{\rho}^{\varepsilon}(\alpha)$) число компонент $q_{\ell_{\nu}}^{\varepsilon}(\alpha)$ в группе $Q_{\rho}^{\alpha}$ символа $B_j^{\alpha}$ (соответственно в $\hat{Q}_{\rho}^{\alpha} \subset \hat{B}_j^{\alpha}$, $\check{Q}_{\rho}^{\alpha} \subset \check{B}_j^{\alpha}$).

Из требований к методу реализации функций и определения символа $B_j^{\alpha}$ следует, что символы $B_j^{\alpha} \in \sigma$ должны удовлетворять условиям:

Для каждого $B_j^{\alpha}$

$$\sum_{\rho=1}^{k_j} |Q_{\rho}^{\alpha}| = m, \quad v^{0}(\alpha) + v^{1}(\alpha) < m-1. \tag{I}$$

Для каждого $\hat{B}_j^{\alpha}$

$$|\hat{Q}_1^{\alpha}| = s, \quad \hat{v}_1^{\nu}(\alpha) \le 1,$$

$$\hat{v}_1^{\nu}(\alpha) + \hat{v}_1^{\mu}(\alpha) = s, \quad \hat{v}^{0}(\alpha) = m-s. \tag{2}$$



Для каждого $\check{Q}_{\rho}^{\alpha}$

$$\check{v}_{\rho}^{\nu}(\alpha) + \check{v}_{\rho}^{\gamma}(\alpha) \le 1, \quad \rho = \overline{1, k_j}. \tag{3}$$

Если $\check{v}_{\rho}^{\gamma}(\alpha) = 1$, то $\check{v}_{\rho}^{1}(\alpha) = |\check{Q}_{\rho}^{\alpha}| - 1$. (4)

Пусть задан спектр $g(f) = (s_1, s_2, \ldots, s_{t_0}, \ldots, s_k)$, в котором только элементы $s_1, s_2, \ldots, s_{t_0}$ имеют значения, превышающие $s$. Каждый из этих элементов представим в виде $s_t = s + \tau_t(s-1) + \eta_t$, где $0 < \eta_t \le s-1$, $\tau_t \ge 0$. Назовем гистограммой $\hat{\Gamma}(f) = (c^1, c^2)$ вектор, компонента которого $c^1 = t_0$, а $c^2 = \sum_{t=1}^{t_0} \tau_t$. Гистограммой $\check{\Gamma}(f) = (c_1, c_2, \ldots, c_s, c_{s+1}, \ldots, c_{2s})$ назовем вектор, компоненты $c_i$ которого при $i = \overline{1, s}$ равны числу элементов спектра $g(f)$, имеющих значение, равное $i$, а при $i = \overline{s+1, 2s}$ равны числу остатков $\eta_t$, равных $i-s-1$.

Пусть каждый символ $B_j^{\alpha} \in \sigma$ удовлетворяет условиям (I–4). Гистограммой $\Gamma(\hat{\sigma}) = (\sigma^1, \sigma^2)$ назовем вектор, компонента $\sigma^1$ которого равна числу символов $\hat{B}_j^{\alpha}$, в которых $\hat{v}_1^{\mu}(\alpha) = s$, а компонента $\sigma^2$ равна числу символов $\hat{B}_j^{\alpha}$, в которых $\hat{v}_1^{\nu}(\alpha) = 1$. Гистограммой $\Gamma(\check{B}_j^{\alpha}) = (\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_s, \delta_{s+1}, \ldots, \delta_{2s})$ назовем вектор, компоненты которого $\delta_i$ при $i = \overline{1, s}$ равны числу групп $\check{Q}_{\rho}^{\alpha}$, в которых $\check{v}_{\rho}^{\nu}(\alpha) = 0$ и $\check{v}_{\rho}^{\mu}(\alpha) = i$, а при $i = \overline{s+1, 2s}$ – числу групп, в которых $\check{v}_{\rho}^{\nu}(\alpha) = 1$ и $\check{v}_{\rho}^{\mu}(\alpha) = i-s-1$. Гистограммой $\Gamma(\check{\sigma}) = (\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_s, \Delta_{s+1}, \ldots, \Delta_{2s})$ назовем вектор, компоненты которого $\Delta_i$ равны сумме компонент $\delta_i$ гистограмм $\Gamma(\check{B}_j^{\alpha})$ всех $\check{B}_j^{\alpha} \in \check{\sigma}$.

Из приведенных определений и требований к методу реализации функций непосредственно следует утверждение: при отсутствии ограничений на число коммутационных шин ОВСр множество $\sigma = \{B_j^{\alpha}\}$ является планом синтеза для МБ-функции $f(X)$ тогда и только тогда, когда выполняются условия:

$$\sum_{\check{\sigma}} \check{v}^{\gamma}(\alpha) = |\check{\sigma}| - 1, \tag{5}$$

$$\hat{\Gamma}(f) = \Gamma(\hat{\sigma}), \tag{6}$$

$$\check{\Gamma}(f) = \Gamma(\check{\sigma}). \tag{7}$$

Действительно, пусть множество $\sigma = \{B_j^{\alpha}\}$ удовлетворяет условиям (5 – 7). Построим Д-схему, реализующую $f(X)$. Возьмем множество элементов с базисом $\varphi$, соответствующее множеству $\sigma$. Для каждого $t = \overline{1, t_0}$ построим цепочку из $\tau_t + 1$ элементов, соответствующих $\hat{\sigma}$ . Выход каждой $t$ - й цепочки подсоединим к конъюнктивному входу одного из элементов $A_\alpha$ , символ которого содержит группу, для которой $v_\rho^\nu(\alpha) = 1$, а $v_\rho^\mu(\alpha) = \eta_t$ . Возможность построения цепочек следует из условий (6,7). Присоединим произвольным образом каждый (свободный) выход элементов (кроме одного) к одному из свободных дизъюнктивных входов. Соответствие числа выходов и дизъюнктивных входов обеспечивается условием (5). Присвоим входам полученной схемы имена переменных из $X$ в соответствии с рангами конъюнкций функции и базисных функций. Получим Д-схему, на свободном выходе которой реализуется заданная $f(X)$. Обратно,пусть имеется Д-схема,реализующая $f(X)$ в соответствии с требованиями к методу реализации. Тогда необходимость выполнения условий (5-7) для множества $\sigma = \{ B_j^\alpha \}$ символов $B_j^\alpha$ элементов Д-схемы очевидна.

4. Рассмотрим теперь задачу построения минимального плана $\sigma$ , удовлетворяющего условиям (5,6,7). Так как множество $\hat{\sigma}$ , удовлетворяющее условию (6),строится однозначно, то основной задачей является построение минимального по мощности множества $\check{\sigma}$ ,удовлетворяющего условиям (5,7).Точное решение этой задачи может быть получено сведением её к задаче целочисленного линейного программирования (ЦЛП).

Пусть заданы базис $\varphi = \{\varphi_j\}, j = \overline{1,K}$, и гистограмма $\check{\Gamma}(f) = (c_1, c_2, \dots, c_{2s})$ функции $f(X)$. Обозначим через $\{B_{jh}\}$, $h = \overline{1,h_j}$, множество различных символов, соответствующих $\varphi_j$ и удовлетворяющих условиям (1,3,4). Пусть $H = \max_j h_j$ .

Матрицу $A = \|a_{jhi}\|$ назовем матрицей ограничений [2] для целочисленной модели, если

- все ненулевые строки матрицы различны,
- для каждого $j$ число ненулевых строк равно $h_j$ ,
- для каждой пары $jh$ — $a_{jh0} = v_{jh}^\gamma$ ,( $v_{jh}^\varepsilon$ - число компонент $\varphi^\varepsilon$ в символе $B_{jh}$),
- при $h = \overline{1,h_j}$ — $a_{jhi} = \delta_{jhi}$ (через $\delta_{jhi}$ обозначена компонента $\delta_i$ гистограммы $\Gamma(\check{B}_{jh})$) , при $h > h_j$ — $a_{jhi} = 0$.

Если ввести переменные $z_{jh}$ , означающие число символов $\check{B}_{jh}$ в $\check{\sigma}$ , то задача сводится к минимизации

$$\sum_{j=1}^{K} \sum_{h=1}^{H} z_{jh} \qquad (8)$$



при условиях;

$$z_{jh} \geq 0 , \quad z_{jh} \text{ — целые числа } , j = \overline{1,K} , \; h = \overline{1,H}; \qquad (9)$$

$$\sum_{j=1}^{K} \sum_{h=1}^{H} a_{jhi} z_{jh} = c_i , \qquad i = \overline{1,2s} ; \qquad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{K} \sum_{h=1}^{H} ( a_{jh0} - 1 ) z_{jh} + 1 = 0 . \qquad (11)$$

При ограниченном числе коммутационных шин ОВСр к условиям (1-7) должны быть добавлены условия, позволяющие строить Д-схему заданной ширины. Например, в случае двух коммутационных шин к условиям (1-4) добавляется условие: для каждого $B_j^\alpha$

$$v^\gamma(\alpha) + v^\nu(\alpha) \leq 2 , \qquad (12)$$

а к условиям (5-7)

$$\sum_{\check{\sigma}} [ 1 + sgn ( v^\nu(\alpha) - 2 )] \leq 1 . \qquad (13)$$

Можно показать, что условия (1-7, 12,13) являются необходимыми и достаточными для того, чтобы множество $\sigma$ являлось для МБ-функции $f(X)$ планом синтеза в ОВСр с двумя коммутационными шинами.

В соответствии с условиями (12,13) меняется матрица ограничений в задаче ЦЛП.

Пусть при $h = \overline{1,\rho_j}$ в каждом из символов $B_{jh}$ $v^\nu(\alpha) \leq 1$,а при $h = \overline{\rho_j + 1, h_j}$ $v^\nu(\alpha) = 2$. Тогда к условиям (9,10,11) в задаче ЦЛП добавляется условие

$$\sum_{j=1}^{K} \sum_{h=\rho_j+1}^{h_j} z_{jh} \leq 1 . \qquad (14)$$

5. Практическое решение задачи ЦЛП на ЭВМ встречает существенные трудности, так как число переменных быстро увеличивается с ростом $m$ . Так, например, для $m = 5$, $K = 10$ число переменных в задаче равно 200 и увеличивается на порядок для $m = 8$, $K = 10$.

Основным путем уменьшения вычислительной сложности решения задачи является уменьшение числа различных символов $B_{jh}$ для каждой $\varphi_j$ . Это может быть достигнуто либо за счет предварительного анализа функции $f(X)$ и удаления из $\check{\sigma}$ символов , которые не могут быть применены при построении плана синтеза для данной функции, либо за счет перехода от необходимых и достаточных ограничений (типа I–4, I2) к ограничениям, не являющимся необходимыми и соответственно не гарантирующим минимальность получаемого решения.

В случае, когда количество коммутационных шин не определено заранее и важна минимизация только количества элементов ОВСр, число переменных $z_{jh}$ в (8) может быть сокращено, если построение плана синтеза разбить на два этапа. На первом этапе можно не учитывать разницу между группами $\check{Q}^{\alpha}_{\rho 1}$ и $\check{Q}^{\alpha}_{\rho 2}$, для которых $\check{v}^{\nu}_{\rho 1}(\alpha) + \check{v}^{\mu}_{\rho 1}(\alpha) = \check{v}^{\nu}_{\rho 2}(\alpha) + \check{v}^{\mu}_{\rho 2}(\alpha)$, но $\check{v}^{\nu}_{\rho 1}(\alpha) \neq \check{v}^{\nu}_{\rho 2}(\alpha)$. При этом гистограмма $\check{\Gamma}(f)$ должна быть свернута в гистограмму $\check{\Gamma}'(f) = (c'_1, c'_2, \ldots, c'_s)$, где $c'_i = c_i + c_{i+s}$. На втором этапе по гистограмме $\check{\Gamma}(f)$ может быть легко проведено выделение групп, в которых $\check{v}^{\nu}_{\rho}(\alpha) \neq 0$, и построение плана синтеза.

Для фиксированного числа $\mathcal{P}$ коммутационных шин может быть применен метод последовательного построения символов $B_{jh}$ и включения их в $\check{\sigma}$. Каждый символ характеризуется весом, зависящим от $v^{\mu}_{jh}$, $v^{\gamma}_{jh}$ и числа коммутационных шин. При выборе очередного символа производится частичный перебор функций $\varphi_j$, и для каждой $\varphi_j$ с учетом вектора $\check{\Gamma}(f)$ и количества свободных коммутационных шин строится символ $B'_{jh}$ с максимальным весом. Символ $B^{o}_{jh}$, обладающий максимальным весом среди всех построенных $B'_{jh}$, включается в $\check{\sigma}$. Далее производится уменьшение компонент гистограммы $\check{\Gamma}(f)$, соответствующих группам символа $B^{o}_{jh}$, и выбор следующего символа.

Таким образом, построение плана $\sigma$ синтеза для МБ-функции $f(X)$ при заданном числе $\mathcal{P}$ коммутационных шин ОВСр производится в следующем порядке (описание блок-схемы програмы синтеза приведено в [I]).

I) По заданной функции $f(X)$ и базису $\varphi = \{\varphi_j\}$ элемента ОВСр строится спектр $g(f)$ и гистограммы $\hat{\Gamma}(f)$, $\check{\Gamma}(f)$. По гистограмме $\hat{\Gamma}(f)$ формируется множество $\hat{\sigma}$.

2) К гистограмме $\check{\Gamma}(f)$ добавляется компонента $c_{2s+1}$, равная числу требуемых дизъюнктивных связей (вначале $c_{2s+1} = 0$).

В гистограмме $\check{\Gamma}(f)$ выбирается ненулевая компонента $c_{i_0}$, соответствующая максимальному рангу конъюнкций. Если имеются две такие ненулевые компоненты $c_i$ и $c_{i+s}$, $i = s$, то в качестве $i_0$ выбирается $i+s$.



В базисе $\varphi$ перебираются все функции, в которых имеются конъюнкции ранга, большего, чем $i_0$ (или $i_0 - s$, если $i_0 > s$). Для каждой функции $\varphi_j$ из выбранного множества производится построение символа $B'_{jh}$ с максимальным весом ( в качестве веса символа $B_{jh}$ принята величина $v^{\nu}_{jh} + v^{\mu}_{jh} + \frac{m}{\mathcal{P}} v^{\gamma}_{jh}$ ). При этом учитывается возможность включения символа $B'_{jh}$ в план, т.е. наличие в гистограмме $\check{\Gamma}(f)$ ненулевых компонент соответствующего ранга и наличие достаточного числа свободных коммутационных шин для проведения конъюнктивных и дизъюнктивных связей. Далее выбирается символ $B^{o}_{jh} = \max\limits_{j} B'_{jh}$ и включается в план синтеза.

3) В гистограмме $\check{\Gamma}(f)$ уменьшаются компоненты, соответствующие группам символа $B^{o}_{jh}$. Компонента $c_{2s+1}$ уменьшается на $v^{\gamma}_{jh}$ и затем увеличивается на единицу, если не все компоненты $\check{\Gamma}(f)$ равны нулю.

Далее производится возврат к п.2).

Построение плана синтеза оканчивается, когда все компоненты $\check{\Gamma}(f)$ равны нулю.

По плану синтеза строится упорядоченная последовательность элементов Д-схемы. Производится формирование связей между элементами, расстановка констант и присвоение имен переменным. Полученная Д-схема легко преобразуется в программу настройки ОВСр с заданным числом коммутационных шин.

6. П р и м е р .

Для однонаправленной ОВСр с двумя коммутационными шинами и базисом $\varphi$ элемента приведены результаты работы комплекса програм [I], основанные на вышеизложенном методе синтеза.

Исходные параметры: $m = 8$, $K = 10$, $\mathcal{P} = 2$,

$$\varphi \supset \varphi' = \{\varphi_j\}, \quad j = 1, 2 .$$

Требуется получить настройку ОВСр на выполнение МБ-функции:

$$f = x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7 x_8 x_9 x_{10} x_{11} \vee x_{12} x_{13} x_{14} \vee x_{15} x_{16} x_{17} \vee \vee x_{18} x_{19} \vee x_{20} \vee x_{21} \vee x_{22} \vee x_{23} \vee x_{24} \vee x_{25} .$$

Спектры: $g(f) = ($ (II, 3, 3, 2, I,I,I,I,I,I),

$$g(\varphi_1) = (7, 1), \quad g(\varphi_2) = (3, 2, 1, 1, 1).$$

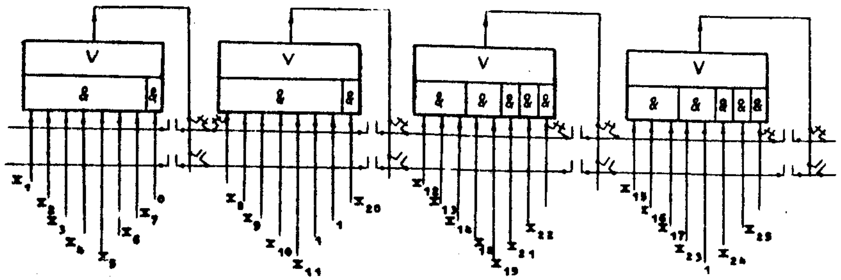
План синтеза; $\sigma = \{ B^{\alpha}_j \}$, $j = 1, 2$; $\alpha = 1, 2, 3, 4$; $q^{\varepsilon}_{\ell} = q^{\varepsilon}_{\ell}(\alpha)$:

$$B^1_1 = (\varphi_1, q^{\mu}_1, q^{\mu}_2, q^{\mu}_3, q^{\mu}_4, q^{\mu}_5, q^{\mu}_6, q^{\mu}_7, q^{o}_8),$$

$$B^2_1 = (\varphi_1, q^{\nu}_1, q^{\mu}_2, q^{\mu}_3, q^{\mu}_4, q^{\mu}_5, q^{1}_6, q^{1}_7, q^{\mu}_8),$$

$$B^3_2 = (\varphi_2, q^{\mu}_1, q^{\mu}_2, q^{\mu}_3, q^{\mu}_4, q^{\mu}_5, q^{\mu}_6, q^{\mu}_7, q^{\gamma}_8),$$

$$B_2^4 = (\varphi_2, q_1^\mu, q_2^\mu, q_3^\mu, q_4^\mu, q_5^1, q_6^\mu, q_7^\mu, q_8^\gamma).$$



На рисунке приведена схема реализации в ОВСр функции $f$, полученная после преобразования плана синтеза в программу настройки.

## Л и т е р а т у р а


I. КОЙФМАН А.А., КУЛИШ Г.Н., МАКАРОВ Л.И., СКОРОБОГАТОВ В.А. Автоматизированное проектирование устройств логического управления в одномерной вычислительной среде. Настоящий сборник. стр. 90–III.

2. КОРБУТ А.А., ФИНКЕЛЬШТЕЙН Ю.Ю. Дискретное программирование. "Наука", 1969.



Поступила в ред.изд.отд.
I5 декабря I972г.