

А. СИМОН

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

В данной статье, тесно связанной с предыдущими работами автора, рассмотрим некоторые вопросы структурного синтеза логических схем с учетом временных свойств информационных сигналов. При этом важно подчеркнуть, что временными переключательными функциями можно описать структуру любого дискретного автомата и временное соотношение между сигналами в этом автомате [1-3], а не только функции возбуждения автомата, как это имеет место для переключательных функций [4].

Предположим, что для синтезируемого дискретного автомата задана следующая система временных переключательных функций:

$$\begin{cases} M \tilde{x}_{\tau\theta}^{\Delta} = \varphi_{\tau\theta}(\tilde{x}_{\Psi_{1\theta}}^{\Delta}, \tilde{x}_{\Psi_{2\theta}}^{\Delta}, \dots, \tilde{x}_{\Psi_{\tau\theta}}^{\Delta}, \dots); \\ \Psi_{\tau\theta} = \omega_{i_{\tau\theta} j_{\tau\theta}}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $M$  — знак системы выражений;

$\theta$  — множество всех порядковых номеров элементов списка (ЭС) [9], выходные сигналы которых являются выходными сигналами данного дискретного автомата;

$i_{\tau\theta}$  — какое-то значение порядкового номера  $i$  ЭС;

$j_{\tau\theta}$  — какое-то значение порядкового номера  $j$  отрезка времени существования сигнала на выходе  $i_{\tau\theta}$ -го ЭС.

Эта система временных переключательных функций построена на функционально полном наборе следующих операций (рассмотренных в работах [5-8] и написанных на языке, разработанном в работах [9-12]): конъюнкция сигналов (назовем ее обычной конъюнкцией сигналов)

$$c_{\Omega_i}^{\Delta} = \bigwedge_{i \in \mathcal{E}_1} (\Gamma \tilde{x}_{\omega_{ij}}^{\Delta}); \quad (2)$$

конъюнкция сигналов (назовем ее конъюнкцией, инвариантной временным координатам сигналов — конъюнкцией ИВК)

$$c_{\Omega_i}^{\Delta} = \&_{i \in \mathcal{E}_1} (\Gamma \tilde{x}_{\omega_{ij}}^{\Delta}); \quad (3)$$

дизъюнкция сигналов

$$d_{\Omega_i}^{\Delta} = \bigvee_{i \in \mathcal{E}_0} (\Gamma \tilde{x}_{\omega_{ij}}^{\Delta}); \quad (4)$$

отрицание сигнала

$$\tilde{x}_{\Omega_i}^{\Delta} = \overline{(x_{\Omega_i}^{\Delta})}; \quad (5)$$

задержка сигнала

$$\tilde{x}_{\Omega_i}^{\Delta} = \underset{\rightarrow x}{x_{\Omega_i}^{\Delta}}. \quad (6)$$

Примененные в (2) — (4) обозначения приведены в [5–8].

Ради краткости будем обозначать временную переключательную функцию  $\varphi_{\theta}(\tilde{x}_{\Psi_{1\theta}}^{\Delta}, \tilde{x}_{\Psi_{2\theta}}^{\Delta}, \dots, \tilde{x}_{\Psi_{\zeta\theta}}^{\Delta}, \dots)$  из системы (1) через  $\varphi_{\theta}$ . Пред-

положим, что для каждой  $\varphi_{\theta}$  дано максимально допустимое время  $t_{\text{доп}}^{(\theta)}$  переработки информации в дискретном автомате, заданном системой (1). Так как каждая  $\varphi_{\theta}$  в системе (1) может иметь различную глубину скобочной записи или иметь нормальную форму записи, то возникает задача найти такие системы (1), которые обеспечили бы нужное быстродействие синтезируемого автомата.

Другой, связанной с предыдущей задачей, является задача определения величин  $t_{\text{доп}}^{(c)}$  и  $t_{\text{доп}}^{(d)}$  соответственно для конъюнкции ИВК вида (3) и дизъюнкции сигналов вида (4) в том случае, когда для их схемной реализации требуются счетчики, т. е. когда эти величины влияют на структуру логической схемы автомата. В [5–8] рассмотрена только потенциально-импульсная элементная структура, но результаты этих работ легко обобщаемы на любую элементную структуру.

К решению поставленных задач приступим следующим образом. Определим подчинение операций в  $\varphi_{\theta}$ :

1) будем говорить, что операция  $\beta$  в  $\varphi_{\theta}$  подчиняется операции  $\alpha$  из  $\varphi_{\theta}$ , если после выполнения операции  $\alpha$  в  $\varphi_{\theta}$  непосредственно выполняется операция  $\beta$  в  $\varphi_{\theta}$ ;

2) если операция  $\beta$  в  $\varphi_{\theta}$  подчиняется операции  $\alpha$  из  $\varphi_{\theta}$  и операция  $\gamma$  в  $\varphi_{\theta}$  подчиняется операции  $\beta$  из  $\varphi_{\theta}$ , то операция  $\gamma$  в  $\varphi_{\theta}$  подчиняется операции  $\alpha$  из  $\varphi_{\theta}$ ;

3) каждая операция подчиняется самой себе;

4) других видов подчинения операций не существует.

Назовем операцию  $\alpha$  начальной операцией в  $\varphi_{\theta}$ , если она подчиняется только самой себе.

Законы подчинения операций распространим на соответствующие нижеприведенные операторы.

Введем следующие операторы, обозначающие определенные выше операции:

$B_{nm\theta}^{(1)}(a_{nm\theta}, b_{nm\theta})$  — для обычной конъюнкции сигналов вида (2);

$B_{nm\theta}^{(2)}(a_{nm\theta}, b_{nm\theta})$  — для конъюнкции ИВК вида (3);

$B_{nm\theta}^{(3)}(a_{nm\theta}, b_{nm\theta})$  — для дизъюнкции сигналов вида (4);

$B_{nm\theta}^{(4)}(a_{nm\theta}, b_{nm\theta})$  — для отрицания сигналов вида (5);

$B_{nm\theta}^{(5)}(a_{nm\theta}, b_{nm\theta})$  — для задержки сигналов вида (6).

Здесь  $n$  ( $n=1, 2, 3, \dots, n_{\theta}$ ) является порядковым номером начального оператора в  $\varphi_{\theta}$ , которому данный оператор  $B_{nm\theta}^{(p)}(a_{nm\theta}, b_{nm\theta})$  подчиняется, а  $m$  ( $m=1, 2, 3, \dots, m_n$ ) — порядковый номер подчиняющегося  $n$ -му начальному оператору оператора  $B_{nm\theta}^{(p)}(a_{nm\theta}, b_{nm\theta})$ ;

$a_{nm\theta}$  является количеством потенциальных сигналов, а  $b_{nm\theta}$  количеством импульсных сигналов, охваченных данным оператором.

Далее, для каждого значения  $n$  и  $\theta$  из каждого начального оператора и всех подчиняющихся ему операторов в данной  $\Phi_\theta$  образуем произведения  $F_{n\theta}$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{n\theta} = B_{nm_1\theta}^{(p_1)}(a_{nm_1\theta}, b_{nm_1\theta}) B_{nm_2\theta}^{(p_2)}(a_{nm_2\theta}, b_{nm_2\theta}) \dots \\ \dots B_{nm_s\theta}^{(p_s)}(a_{nm_s\theta}, b_{nm_s\theta}) \dots; \\ p_s \in \{1, 2, 3, 4, 5\}, \end{array} \right.$$

где  $m_s$  — какое-то значение  $m$ .

Время задержки сигнала в схеме, реализующей данный оператор, известно, если при схемной реализации данного оператора счетчики не применяются и известны набор элементов, количество входов и величина нагрузки. Обозначим через  $\mathcal{M}_{n\theta}$  множество всех  $m$  при данных значениях  $n$  и  $\theta$  в операторах  $B_{nm\theta}^{(p)}$  ( $p=1, 2, 3, 4, 5$ ), когда время задержки сигнала в схеме, реализующей данный оператор  $B_{nm\theta}^{(p)}$ , известно (обозначим его через  $t_{nm\theta}$ ).

Определим для каждого значения  $n$  и  $\theta$  величину

$$t_{\text{доп}}^{(n)(\theta)} = t_{\text{доп}}^{(\theta)} - \sum_{m \in \mathcal{M}_{n\theta}} t_{nm\theta}.$$

Если выполняется условие

$$(\exists n) (\exists \theta) (t_{\text{доп}}^{(n)(\theta)} < 0), \tag{7}$$

то данная система (1) схемно не реализуема.

В противном случае образуем множества

$$\mathcal{M}'_{n\theta} = \{1, 2, 3, \dots, m, \dots, m_n\} \setminus \mathcal{M}_{n\theta}.$$

Определим величины  $t_{\text{доп}}^{(l)(n)(m)(\theta)}$  из следующих условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} / \quad t_{\text{доп}}^{(l)(n)(m)(\theta)} = / \quad K_m; \\ m \in \mathcal{M}'_{n\theta} \quad m \in \mathcal{M}'_{n\theta} \\ e = \begin{cases} c, \\ d; \end{cases} \\ \sum_{m \in \mathcal{M}'_{n\theta}} t_{\text{доп}}^{(l)(n)(m)(\theta)} = t_{\text{доп}}^{(n)(\theta)}; \end{array} \right.$$

где «/» — знак деления, а  $K_m$  — количество триггеров в  $m$ -м счетчике.

Обозначим множество всех  $m$ , для которых операторы  $B_{nm\theta}^{(p)}$  ( $p=1, 2, 3, 4, 5$ ) одинаковы, через  $\mathcal{M}_q$ , где  $q=1, 2, 3, \dots, q'$ , а  $q'$  — количество различных операторов  $B_{nm\theta}^{(p)}$  в системе (1). Определим

величины  $t_{\text{доп}}^{(l)(q)}$  следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{\text{доп}}^{(l)(q)} = \min_{n=1,2,3,\dots,n_\theta} \min_{m \in \mathcal{M}_q} \min_{\theta \in \Theta} t_{\text{доп}}^{(l)(n)(m)(\theta)}; \\ e = \begin{cases} c, \\ d; \end{cases} \\ q = 1, 2, 3, \dots, q'. \end{array} \right.$$

Если выполняется приведенное ниже условие (8), то величины  $t_{\text{доп}}^{(l)(q)}$  являются искомыми величинами  $t_{\text{доп}}^{(c)}$  и  $t_{\text{доп}}^{(d)}$ . В противном случае система (1) схемно не реализуема.

$$\left\{ \begin{array}{l} (\forall q) (\forall m) (\forall n) (\forall \theta) ((m \in \mathcal{M}'_{n\theta}) \cdot (t_{\text{доп}}^{(l)(q)} \geq \delta_c (a_{nm\theta} + b_{nm\theta}) + \\ + \delta_{\min} + \delta_B + \max_{\mathcal{E}^{(q)}} \max_{J=1,2,3,\dots,J'} t_{IJ\alpha}); \\ \omega_{IJ} = \begin{cases} t_{IJ\alpha}, & \text{если } \tilde{X}_{\Omega_I}^{\Delta} = X_{\Omega_I}; \\ t_{IJ\alpha}, & \text{если } \tilde{X}_{\Omega_I}^{\Delta} = \tilde{X}_{\Omega_I}^* \cdot \\ \Omega_I = \{\omega_{I1}, \omega_{I2}, \dots, \omega_{IJ}, \dots, \omega_{IJ'}\}; \\ m \in \mathcal{M}_q; \\ q = 1, 2, 3, \dots, q'; \\ \mathcal{E}^{(q)} = \mathcal{E}_3^{(2)(q)} \cup \mathcal{E}_3^{(3)(q)}. \end{cases} \end{array} \right. \quad (8)$$

Здесь

- $\delta_c(\dots)$  — величина задержки сигнала в схеме, реализующей совпадение потенциальных сигналов, количество которых указано в круглых скобках;
- $\delta_B$  — задержка сигнала в потенциально-импульсном вентиле;
- $\delta_{\min}$  — минимально допустимое время между снятием информации с триггера и записью новой информации в данный триггер;
- $\mathcal{E}_3^{(2)(q)}, \mathcal{E}_3^{(3)(q)}$  — соответственно множества  $\mathcal{E}_3^{(2)}$  и  $\mathcal{E}_3^{(3)}$ , определенные в работах [6, 8];
- $\tilde{X}_{\Omega_I}^{\Delta}$  — сигнал, определенный в [6, 8].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович З. Л., Тр. Междунар. симп. по теории релейных устройств и конечных автоматов (ИФАК). Теория конечных и вероятностных автоматов, М., 1965, с. 215.
2. Рабинович З. Л., Кибернетика, № 3, 36 (1968).
3. Рабинович З. Л., Кибернетика, № 4, 25 (1968).
4. Глушков В. М., Синтез цифровых автоматов, М., 1962.
5. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 18, 215 (1969).
6. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 19, 172 (1970).
7. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 19, 397 (1970).
8. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 19, 401 (1970).
9. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 17, 270 (1968).
10. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 17, 391 (1968).
11. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 18, 347 (1969).
12. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 20, 468 (1971).

Институт кибернетики  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
27/VIII 1971

A. SIIMON

## MÕNINGAID LOOGILISTE SKHEEMIDE STRUKTUURSE SÜNTEESI KÜSIMUSI

Vaadeldakse tingimusi, millede puhul avaldiste süsteem (1) on realiseeritav loogilise skeemina ja määratakse tööde [6-8] jaoks suurused  $t_{доп}^{(c)}$  ja  $t_{доп}^{(d)}$ .

A. SIIMON

## SOME PROBLEMS OF STRUCTURAL SYNTHESIS OF THE LOGICAL SCHEMES

Conditions are discussed, under which the system (1) is realizable in the form of logical schemes. The determination of  $t_{доп}^{(c)}$  and  $t_{доп}^{(d)}$  referred to in the papers [6-8] are also presented.