EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 19. KÕIDE
FÜÜSIKA * MATEMAATIKA. 1970, NR. 2

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 19
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1970, № 2

https://doi.org/10.3176/phys.math.1970.2.07

А. СИЙМОН

ОДИН МЕТОД СХЕМНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЪЮНКЦИИ СИГНАЛОВ В ПОТЕНЦИАЛЬНО-ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ СТРУКТУРЕ

Будем применять язык, рассмотренный в [1–6], и следующие обозначения.

Для множества Ω нижним индексом указываем порядковый номер того элемента списка (ЭС), к выходному сигналу которого данное множество принадлежит. Для величины ω на первом месте нижнего индекса также указываем порядковый номер ЭС, а на втором месте указываем порядковый номер отрезка времени существования данного выходного сигнала с единичным значением. Через δ обозначаем единичную задержку сигнала и $\delta \geqslant \delta_{\min}$, где $\delta_{\min}$ является минимально допустимым временем между снятием информации с триггера и посылкой новой информации на данный триггер. Обозначаем мощность множества через $h(\ldots)$, где в скобках указываем символ соответствующего множества, а конъюнкцию сигналов, инвариантную к их временным координатам [1], обозначаем знаком &. Через $\delta^{(l)}$ обозначаем задержку выходного сигнала относительно входного сигнала (входных сигналов) в логическом элементе без памяти (т. е. в автомате Мили без памяти [7]), элементный логический оператор которого имеет по списку ЭС порядковый номер l. Чтобы во множестве Ω_l временных координат существования сигнала на выходе l-ого ЭС учесть задержку $\delta^{(l)}$ (множество Ω_l определяем методами работы [5]), ее прибавляем к начальной координате $t_{lg\alpha}$ и к конечной координате $t_{lg\beta}$ каждого отрезка времени ω_{lg} из множества Ω_l.

Рассмотрим схемную реализацию конъюнкции сигналов вида (1), если она схемно не реализуема комбинационной схемой, а все начальные и конечные координаты существования потенциальных сигналов имеют одинаковый сдвиг во времени относительно тактных импульсных сигналов. То же самое имеет место для начальных координат существования импульсных сигналов. Сигналы для (1) могут сами существовать или существуют их отрицания, а импульсные сигналы, кроме тактных, поступают не раньше, чем через $t_{k=1}$.

$$c^{\triangle}_{\Omega_l} = \mathop{\&}_{\mathfrak{E}_1} \Big(\mathop{\Gamma}_{\Omega_i^{(l)}} \tilde{x}^{\triangle}_{\omega_{ij}} \Big). \tag{1}$$

Здесь применены следующие обозначения:

$\mathfrak{E}_1$ — множество всех порядковых номеров i ЭС, выходные сигналы которых участвуют в образовании конъюнкции сигналов данного вида;

$\Omega_i^{(l)} \subseteq \Omega_i \subseteq \Omega_{i\,\max}$, где $\Omega_{i\,\max}$ есть множество Ω_i с максимальной мощностью;

$$\underset{\Omega_i^{(l)}}{\Gamma} \tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}} = \begin{cases} \underset{\Omega_i^{(l)}}{\vee} \tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}} \\ \underset{\Omega_i^{(l)}}{\&} \tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}. \end{cases}$$

Из-за ограниченности объема статьи алгоритмов последующего изложения не приводим.

Конъюнкцию сигналов вида (1) схемно реализуем с применением односторонних нереверсивных счетчиков с позиционным двоичным кодированием [8].

Образуем множества $\mathfrak{E}_2^{(1)}$ и $\mathfrak{E}_2^{(2)}$.

$$(\forall i)\,((i \in \mathfrak{E}_1)\,(\tilde{x}^{\Delta}_{\Omega_i} = \tilde{x}^{*}_{\Omega_i})\,S\,(\overline{\tilde{x}^{*}_{\Omega_i}})\,S\,((\overline{\tilde{x}^{*}_{\Omega_i}}))\,\wedge$$

$$\wedge\,(\Omega_{i\,\max} = \tilde{\Omega}_i)\,((h(\Omega_{i\,\max}) = h(\Omega_i^{(l)}))\,\wedge$$

$$\wedge\,((\underset{\Omega_i^{(l)}}{\Gamma} \tilde{x}^{*}_{\omega_{ij}} = \underset{\Omega_i^{(l)}}{\&} \tilde{x}^{*}_{\omega_{ij}})\vee(\underset{\Omega_i^{(l)}}{\Gamma} \tilde{x}^{*}_{\omega_{ij}} = \underset{\Omega_i^{(l)}}{\vee} \tilde{x}^{*}_{\omega_{ij}})\,\wedge$$

$$\wedge\,(h(\Omega_i^{(l)}) = 1)) \supset i \in \mathfrak{E}_2^{(1)})$$

$$\mathfrak{G}_2^{(2)} = \mathfrak{G}_1 \backslash \mathfrak{G}_2^{(1)}.$$

Здесь $\tilde{\Omega}_i$ — множество всех значений начальных координат отрезков времени, где сигнал $\tilde{x}^{*}_{\Omega_i}$ принимает единичное или нулевое значение.

Из сигналов $\tilde{x}^{\Delta}_{\Omega_i}$ или $(\overline{\tilde{x}^{\Delta}_{\Omega_i}})$, для которых $i \in \mathfrak{E}_2^{(2)}$, образуем пригодные для счетных входов указанных выше счетчиков импульсные сигналы $y^{*}_{\Omega_w}$ применением одного или нескольких следующих приемов: образование сигнала отрицания для обоих видов сигнала; выделение нужной части из сигнала; преобразование вида сигнала; совпадение и разделение сигналов с применением комбинационных схем и $y^{*}_{\Omega_w} = \tilde{x}^{*}_{\Omega_i}$. Если для данного сигнала $y^{*}_{\Omega_w}$ $h(\Omega_w) > 1$ и все исходные сигналы $\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}$ вошли дизъюнктивно в конъюнкцию сигналов вида (1), то для этого $y^{*}_{\Omega_w}$ образуем сигнал

$$X_{\Omega_l} = L(y^{*}_{\Omega_w}, \tau^{*}_{t_0}).$$

Здесь $\tau^{*}_{t_0}$ — тактный импульсный сигнал, поступающий во время t_0.

Введем следующие обозначения:

$\mathfrak{E}_3^{(1)}$ — множество всех таких l, для которых образованы сигналы X_{Ω_l};

$X^*_{\Omega_I}$ — все сигналы $y^*_{\Omega_w}$, для которых $h(\Omega_w)=1$, и сигналы $\overline{(\tilde{x}^*_{\Omega_i})}$, для которых $i \in \mathfrak{E}_2^{(1)}$;

$\mathfrak{E}_3^{(2)}$ — множество всех I, для которых $y^*_{\Omega_w} = X^*_{\Omega_I}$;

$\mathfrak{E}_3^{(3)}$ — множество всех I, для которых $X^*_{\Omega_I} = \overline{(\tilde{x}^*_{\Omega_i})}$;

I — порядковые номера отрезков времени существования сигналов X_{Ω_I} и $X^*_{\Omega_I}$, т. е.

$$\Omega_I = \{\omega_{I1}, \omega_{I2}, \ldots, \omega_{IJ}, \ldots, \omega_{IJ'}\}.$$

Рассмотрим случай, когда выполняется условие:

$$(\forall I)\,(I \in (\mathfrak{E}_3^{(2)} \cup \mathfrak{E}_3^{(3)}) \supset h(\Omega_I)=1). \tag{2}$$

Для схемной реализации конъюнкции сигналов вида (1) применяем v_1 указанных выше счетчиков ($v=1,2,3,\ldots,v_1$), каждый из которых называем v-тым счетчиком. Величину v_1 определяем пробным путем исходя из условий, чтобы она была минимальной, с одной стороны, а с другой стороны, чтобы все v-тые счетчики достигли своих конечных состояний раньше максимально допустимого времени $t^{(c)}_{\text{доп}}$ появления сигнала $c^{\Delta}_{\Omega_i}$ на выходе схемы, реализующей конъюнкцию сигналов вида (1).

Введем определение множеств $\mathfrak{X}_k^{(m)}$ следующим образом:

$$\begin{cases} (\forall I)\,(\forall J)\,((I \in \mathfrak{E}_3^{(m)})\,(\omega_{IJ} \geqslant t_k)\,(\omega_{IJ} < t_{k+1}) \supset X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_k^{(m)}) \\ m=2,3 \\ k=0,1,2,\ldots,k_0. \end{cases} \tag{3}$$

Тогда для образования входных последовательностей сигналов каждого v-го счетчика разбиваем множества $\mathfrak{X}_k^{(m)}$ для каждого значения k и m на непересекающиеся подмножества $\mathfrak{X}_{kv}^{(m)}$. Для данного значения k и m множества $\mathfrak{X}_{kv}^{(m)}$ являются равномощными или их мощности попарно отличаются только на единицу.

Все сигналы $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_{kv}^{(m)}$ снабжаем порядковыми номерами $p_{kmv} = 1,2,3,\ldots,p'_{kmv} = h(\mathfrak{X}_{kv}^{(m)})$ и $m=2,3$ так, чтобы сигнал $X^*_{\omega_{IJ}}$, имеющий большее значение ω_{IJ}, имел и больший порядковых номер. Сигналы $X^*_{\omega_{IJ}}$ называем $Y^*_{p_{k2v}}$ сигналами, если $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_{kv}^{(2)}$ или $Z^*_{p_{k3v}}$ сигналами, если $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_{kv}^{(3)}$.

Рассмотрим два способа образования входных последовательностей сигналов для v-тых счетчиков. Согласно первому способу при данном k сначала все $Y^*_{p_{k2v}}$ сигналы по порядку своих номеров p_{k2v} поступают на счетный вход v-го счетчика, а позднее все $Z^*_{p_{k3v}}$ сигналы поступают на нулевой вход v-го счетчика в порядке возрастания своих номеров

p_{k3v}. После этого по порядку номеров $p_{(k+1)2v}$ на счетный вход v-го счетчика поступают все $Y^*_{p_{(k+1)2v}}$ сигналы, а потом на нулевой вход v-го счетчика в порядке возрастания номеров $p_{(k+1)3v}$ поступают все $Z^*_{p_{(k+1)3v}}$ сигналы и т. д.

Согласно второму способу при данном k порядок следования этих сигналов — обратный.

Отрезок времени между двумя соседними $Y^*_{p_{k2v}}$ сигналами должен быть не меньше $\varepsilon_{2v}\delta$, а между $Z^*_{p_{k3v}}$ сигналами — не меньше $\varepsilon_{3v}\delta$. Эти отрезки времени, необходимые между $X_{\omega_{IJ}}$ сигналами входных последовательностей, могут быть или естественными, или достигаться применением задержек. Величины ε_{2v} и ε_{3v} определяются исходя из требования правильной работы v-го счетчика.

Отметим, что если при первом способе между двумя соседними $Y^*_{p_{k2v}}$ сигналами входных последовательностей образуется такой отрезок времени, куда можно вставить один или несколько $Z^*_{p_{k3v}}$ сигналов, не нарушая минимальной длины отрезка, то эту возможность надо использовать. При втором способе такими вставляемыми между соседними $Z^*_{p_{k3v}}$ сигналами будут, очевидно, $Y^*_{p_{k2v}}$ сигналы.

Образуем множества $\mathfrak{X}_v^{(2)}$ и $\mathfrak{X}_v^{(3)}$:

$$\begin{cases} \mathfrak{X}_v^{(m)} = \bigcup\limits_{k=0}^{k_0} \mathfrak{X}_{kv}^{(m)} \\ m = 2, 3. \end{cases}$$

Обозначаем множество всех сигналов $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_v^{(2)}$, имеющих одинаковую задержку μ_s через $\mathfrak{Y}_{sv}$, а множество всех сигналов $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_v^{(3)}$, имеющих одинаковую задержку μ_t, обозначаем через $\mathfrak{Z}_{tv}$. Задержки μ_s и μ_t определяем следующим образом:

$$\begin{cases} \mu_s = \mu_{2v\,\max} - s\delta \\ s = 0, 1, 2, \ldots, s_v \end{cases} \qquad \begin{cases} \mu_t = \mu_{3v\,\max} - t\delta \\ t = 0, 1, 2, \ldots, t_v. \end{cases}$$

Величины $\mu_{2v\,\max}$ и $\mu_{3v\,\max}$ являются максимальными значениями задержек для сигналов $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_v^{(2)}$ и $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_v^{(3)}$ соответственно.

Образуем сигналы $Y^{*(v)}_{\Omega_{a+s}}$ и $Z^{*(v)}_{\Omega_{b+t}}$:

$$\begin{cases} Y^{*(v)}_{\Omega_{a+s}} = Y^{*(v)}_{\substack{\Omega_{a+s-1} \\ \to\delta}} \vee \bigvee\limits_{\mathfrak{Y}_{sv}} X^*_{\omega_{IJ}} \\ s = 0 \supset Y^{*(v)}_{\Omega_{a+s-1}} = 0 \\ s = 0, 1, 2, \ldots, s_v; \end{cases} \qquad \begin{cases} Z^{*(v)}_{\Omega_{b+t}} = Z^{*(v)}_{\substack{\Omega_{b+t-1} \\ \to\delta}} \vee \bigvee\limits_{\mathfrak{Z}_{tv}} X^*_{\omega_{IJ}} \\ t = 0 \supset Z^{*(v)}_{\Omega_{b+t-1}} = 0 \\ t = 0, 1, 2, \ldots, t_v. \end{cases}$$

Сигнал $Y^{*(v)}_{\Omega_{a+s}}$ при $s = s_v$ поступает на счетный вход v-го счетчика, а сигнал $Z^{*(v)}_{\Omega_{b+t}}$ при $t = t_v$ поступает на нулевой вход v-го счетчика.

Дальнейшая часть схемы, реализующей конъюнкцию сигналов вида (1) с помощью v_1 счетчиков, такова. Если в v-тый счетчик самым первым во времени поступает сигнал $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_v^{(2)}$, то в v-тый счетчик с помощью тактного импульса сигнала $\tau^*_{t_0}$ записывают нуль. Если первым поступает сигнал $X^*_{\omega_{IJ}} \in \mathfrak{X}_v^{(3)}$, то в самый младший разряд записывают единицу.

Кроме того имеется комбинационная схема, которая фиксирует: наличие числа $h(\mathfrak{X}_v^{(2)})$ или числа $h(\mathfrak{X}_v^{(2)})+1$ (это зависит от начального состояния v-го счетчика) в каждом v-том счетчике; единичное значение всех сигналов X_{Ω_I}, для которых $I \in \mathfrak{E}_3^{(1)}$. На выходе этой комбинационной схемы находится потенциально-импульсный вентиль, на импульсный вход которого тактный импульсный сигнал поступает позже того, когда все v-тые счетчики и триггеры (применяемые для X_{Ω_I} сигналов) уже достигнут своих конечных состояний и пройдет время переходных процессов в указанной выше комбинационной схеме. Таким образом $c^{\Delta}_{\Omega_l} = c^*_{\Omega_l}$.

Отметим, что, следуя указанным выше двум способам, мы получаем две различные схемы, реализующие конъюнкцию сигналов вида (1). Выбор лучшей из них делается на основе экономических соображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович З. Л., В сб.: Тр. Междунар. симпозиума по теории релейн. устройств и конечн. 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. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 17, 270 (1968).
5. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 17, 391 (1968).
6. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 18, 347 (1969).
7. Глушков В. М., Синтез цифровых автоматов, М., 1962.
8. Рабинович З. Л., Элементарные операции в вычислительных машинах, Киев, 1966.

Институт кибернетики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
1/XII 1969

A. SIIMON

SIGNAALIDE KONJUNKTSIOONI SKEEMILISE REALISEERIMISE MEETOD POTENTSIAAL-IMPULSSES ELEMENTIDE SÜSTEEMIS

Vaadeldakse signaalide konjunktsiooni (1) skeemilist realiseerimist loendajatega potentsiaal-impulsses elementide süsteemis, kasutades selleks artiklites [1–6] käsitletud keelt.

A. SIIMON

A METHOD FOR THE REALIZATION OF CONJUNCTION OF SIGNALS IN FORM OF SCHEMES IN THE POTENTIAL-PULSE ELEMENT SYSTEMS

The author discusses a method for the realization of conjunction of signals (1) in form of schemes in the potential-pulse element system with using counters. For this purpose, the language is used, which is discussed in the papers [1–6].