EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. XVII KÖIDE
FÜÜSIKA * MATEMAATIKA. 1968, NR. 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ XVII
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1968, № 3

https://doi.org/10.3176/phys.math.1968.3.03

А. СИЙМОН

О ЯЗЫКЕ ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ В ПОТЕНЦИАЛЬНО-ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ СТРУКТУРЕ

В статье рассматривается язык для аналитического описания логических схем, реализующих в потенциально-импульсной элементной структуре [1] операции конъюнкции, дизъюнкции, отрицания и задержки сигналов. Сигналы сами рассматриваются как булевские переменные [2] $x(t)$, зависящие от времени t. Таким образом, булевские функции [2] сами являются временными булевскими функциями

$$f(t) = \varphi\,(x_1(t),\ x_2(t), \ldots, x_i(t), \ldots, x_n(t)). \qquad (1)$$

В качестве логической схемы рассмотрим такую абстракцию физической схемы, реализующей данную булевскую функцию (1), которая получится после удаления из схемы всех вспомогательных элементов [1], т. е. в которой присутствуют только логические элементы [1].

Работу логической схемы рассмотрим в дискретном времени t_k, где $k = 0, 1, 2, \ldots, k_0$. Кроме того предположим, что в каждый момент времени t_k имеется возможность получить тактный импульс $\tau^*_{t_k}$ из источника тактных сигналов (генератор при синхронных схемах [1] или ответы об окончании предыдущего такта при асинхронных схемах [1]).

Логическую схему рассмотрим в виде списка. Элементы логической схемы приведены в списке в виде элементных логических операторов [1] (ЭЛО). Кроме того, в список внесены все сигналы, поступающие на входные полюсы [2] данной логической схемы, которые, так же как и ЭЛО, будем называть элементами списка (ЭС).

Так как имеются сигналы обоих видов, то будем везде звездочкой обозначать импульсный сигнал и отсутствием звездочки — потенциальный сигнал.

Для примера рассмотрим следующую логическую схему, функционирующую в отрезке времени $[t_0 \div t_7]$ (см. рисунок). Соответствующий данной логической схеме список приведен в виде таблицы.

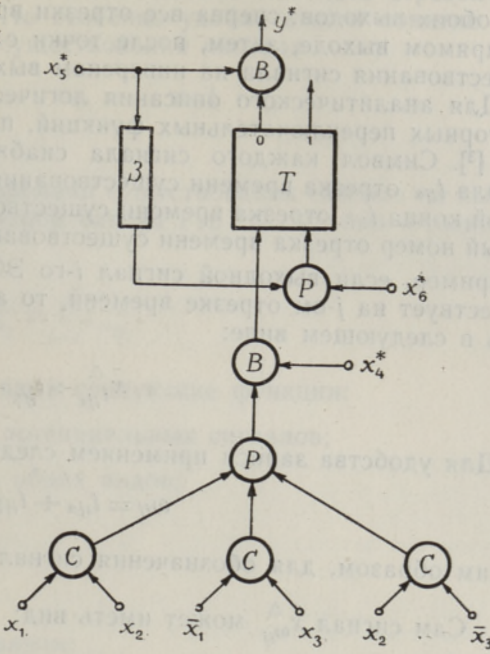
Если какой-то сигнал является входным (выходным) сигналом какого-нибудь логического элемента или входного полюса, то будем называть его входным (выходным) сигналом соответствующего ЭС.

Если для обозначения выходного сигнала какого-нибудь ЭС не имеется специального символа, то применяем порядковый номер i этого ЭС по данному списку с обозначением вида сигнала. Триггер имеет два выходных сигнала: на прямом и на инверсном выходе. После символа ЭЛО в круглых скобках указаны входные сигналы данного ЭЛО.

В качестве последних берутся выходные сигналы тех ЭС, для которых выходы соответствующих логических элементов или входные полюсы в логической схеме присоединены к соответствующим входам данного логического элемента. Для оператора триггера имеется три входных сигнала, которые записываются в следующем порядке: 1) сигнал на единичный вход, 2) сигнал на нулевой вход и 3) сигнал на счетный вход.

При отсутствии какого-либо входа триггера на соответствующем месте ставим черточку.

В последнем столбце списка приводим все те отрезки времени, на которых выходной сигнал ЭС принимает значение «1» при единичном выходном



№	Выходной сигнал ЭС	ЭС	Отрезки времени существования сигнала
1	1	x_1	$t_1 \div t_5$
2	2	$\bar{x}_1$	$t_0 \div t_1,\ t_5 \div t_7$
3	3	x_2	$t_2 \div t_5$
4	4	x_3	$t_0 \div t_3$
5	5	$\bar{x}_3$	$t_4 \div t_7$
6	6*	x_4^*	t_3
7	7*	x_5^*	t_4
8	8*	x_6^*	t_0
9	9	С (1, 3)	$t_2 \div t_5$
10	10	С (2, 4)	$t_0 \div t_1$
11	11	С (3, 5)	$t_4 \div t_5$
12	12	Р (9, 10, 11)	$t_0 \div t_1,\ t_2 \div t_4,\ t_4 \div t_5$
13	13*	В (12, 6*)	t_3
14	14*	З (7*)	t_5
15	15*	Р (8*, 14*)	$t_0,\ t_5$
16	16, $\overline{16}$	Т (15*, 13*, —)	$t_0 \div t_3,\ t_5 \div t_7,\ t_3 \div t_5$
17	y^*	В ($\overline{16}$, 7*)	t_4

Обозначения ЭЛО

С (...) — совпадение потенциальных сигналов;
Р (...) — разделение или потенциальных, или импульсных сигналов;
В (...) — потенциально-импульсное совпадение сигналов (потенциально-импульсный вентиль);
З (...) — задержка импульсного сигнала;
Т (...) — триггер;
И (...) — инвертор сигнала (в данной логической схеме отсутствует).

сигнале на выходе данного ЭС. Для краткости будем эти отрезки времени называть отрезками существования сигнала. Так как триггер имеет два выхода, то отрезки существования сигнала указаны для обоих выходов: сперва все отрезки времени существования сигнала на прямом выходе, затем, после точки с запятой, все отрезки времени существования сигнала на инверсном выходе.

Для аналитического описания логических схем применяем аппарат векторных переключательных функций, предложенный З. Л. Рабиновичем [3]. Символ каждого сигнала снабжаем временной координатой начала $t_{ij\alpha}$ отрезка времени существования сигнала и временной координатой конца $t_{ij\beta}$ отрезка времени существования сигнала, где j — порядковый номер отрезка времени существования сигнала на выходе i-го ЭС. Например, если выходной сигнал i-го ЭС обозначить через $\tilde{x}^{\triangle}$ и он существует на j-ом отрезке времени, то аналитически это можно выразить в следующем виде:

$$\tilde{x}^{\triangle}_{t_{ij\alpha} \div t_{ij\beta}}.$$

Для удобства записи применяем следующее сокращение:

$$\omega_{ij} = t_{ij\alpha} \div t_{ij\beta}.$$

Таким образом, для обозначения сигнала $\tilde{x}^{\triangle}_{t_{ij\alpha} \div t_{ij\beta}}$ используем символ $\tilde{x}^{\triangle}_{\omega_{ij}}$. Сам сигнал $\tilde{x}^{\triangle}_{\omega_{ij}}$ может иметь вид:

$$\tilde{x}^{\triangle}_{\omega_{ij}} = \begin{cases} \tilde{x}^{*}_{\omega_{ij}} = \begin{cases} x^{*}_{\omega_{ij}}, \\ \bar{x}^{*}_{\omega_{ij}}, \end{cases} \\ \tilde{x}_{\omega_{ij}} = \begin{cases} x_{\omega_{ij}}, \\ \bar{x}_{\omega_{ij}}. \end{cases} \end{cases}$$

При импульсных сигналах конечную координату $t_{ij\beta}$ отрезка времени существования сигнала опускаем. В некоторых случаях в записи потенциального сигнала конечную координату $t_{ij\beta}$ отрезка времени существования сигнала также опускаем, если она нас не интересует (например, при выходном сигнале триггера, если сброс триггера в нулевое состояние еще не определен). В таком случае отрезок времени существования сигнала обозначаем через $t_{ij\alpha\rightarrow}$. Введем для этого случая предикат $A(\tilde{x}_{\omega_{ij}}) \cdot A(\tilde{x}_{\omega_{ij}}) = 1$, если для потенциального сигнала $\tilde{x}_{\omega_{ij}}$ конечная координата отрезка времени существования сигнала $t_{ij\beta}$ опускается. $A(\tilde{x}_{\omega_{ij}}) = 0$ в противном случае. «1» и «0» представляют соответственно истинность и ложность предиката $A(\tilde{x}_{\omega_{ij}})$.

Таким образом,

$$\omega_{ij} = \begin{cases} t_{ij\alpha} \div t_{ij\beta}, & \text{если } (\tilde{x}^{\triangle}_{\omega_{ij}} = \tilde{x}_{\omega_{ij}})\,\overline{A(\tilde{x}_{\omega_{ij}})}; \\ t_{ij\alpha\rightarrow}, & \text{если } (\tilde{x}^{\triangle}_{\omega_{ij}} = \tilde{x}_{\omega_{ij}})\,A(\tilde{x}_{\omega_{ij}}); \\ t_{ij\alpha}, & \text{если } \tilde{x}^{\triangle}_{\omega_{ij}} = \tilde{x}^{*}_{\omega_{ij}}. \end{cases}$$

Если выходной сигнал i-го ЭС имеет больше чем один отрезок времени существования сигнала, то особенно удобно ввести понятие множества Ω_i отрезков времени существования сигнала:

$$\begin{cases} \Omega_i = \{\omega_{i1}, \omega_{i2}, \ldots, \omega_{ij}, \ldots, \omega_{in}\} \\ n = j', \end{cases}$$

где j' — количество отрезков времени существования сигнала на выходе i-го ЭС. Таким образом, выходной сигнал i-го ЭС удобно обозначать через $\tilde{x}^{\Delta}_{\Omega_i}$, т. е.

$$\tilde{x}^{\Delta}_{\Omega_i} = \bigvee_{j=1}^{j'} \tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}.$$

Полезно ввести в данный язык следующие функции:

1) $D_{t_q}(\tilde{x}_{\omega_{ij}})$ — только для потенциальных сигналов;

2) $G(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}})$ — для сигналов обоих видов;

3) $U(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}})$ — то же;

4) $S(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}})$ — „ „ .

Определяем их следующим образом:

1) $D_{t_q}(\tilde{x}_{\omega_{ij}}) = u^*_{t_q}$, где

$u = 1$, если в отрезке времени $(t_q - \Delta t_q;\ t_q + \Delta t_q)$, где $\Delta t_q \to 0$, физическая величина (например, напряжение), представляющая сигнал $\tilde{x}_{\omega_{ij}}$, переходит с высокого уровня на низкий или с низкого уровня на высокий;

$u = 0$, если в отрезке времени $(t_q - \Delta t_q;\ t_q + \Delta t_q)$, где $\Delta t_q \to 0$, физическая величина, представляющая сигнал $\tilde{x}_{\omega_{ij}}$, сохраняет свой прежний уровень.

2) $G(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}) = 1$, если полярность сигнала $\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}$ в схеме совпадает с желаемой полярностью сигнала;

$G(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}) = 0$ в противном случае. «1» и «0» представляют соответственно истинность и ложность предиката $G(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}})$.

3) $U(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}})$ инвертирует полярность сигнала $\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}$ (инвертор).

4) $S(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}) = 1$, если вообще существует сигнал $\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}$, как выходной сигнал какой-то другой логической схемы или сигнал $\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}$ образуется в данной логической схеме;

$S(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}}) = 0$ в противном случае. «1» и «0» представляют соответственно истинность и ложность предиката $S(\tilde{x}^{\Delta}_{\omega_{ij}})$.

Полученный таким образом аппарат используем для аналитического описания реализации конъюнкции, дизъюнкции, отрицания и задержки сигналов в виде логических схем в потенциально-импульсной элементной структуре.

Вопросы, связанные со схемной реализацией конъюнкции, дизъюнкции, отрицания и задержки сигналов будут рассмотрены в последующих статьях автора.

Здесь не приводится пример аналитического описания логической схемы, так как еще не разработаны правила определения отрезков времени существования сигнала на выходе ЭЛО при заданных отрезках времени для его входных сигналов. Это будет сделано в следующей статье.

Автор весьма признателен З. Л. Рабиновичу и Ю. В. Капитиновой за ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович З. Л., Элементарные операции в вычислительных машинах, Киев, 1966.
2. Глушков В. М., Синтез цифровых автоматов, Физматгиз, 1962.
3. Рабинович З. Л., Тр. Междунар. симпозиума по теории релейн. устройств и конеч. автоматов (ИФАК). Теория конечных и вероятностных автоматов, М., 1965, с. 215.

Институт кибернетики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
29/III 1968

A. SIIMON

POTENTSIAAL-IMPULSSES ELEMENTIDE SÜSTEEMIS OLEVATE LOOGILISTE SKEEMIDE ANALÜÜTILISE KIRJELDAMISE KEELEST

Kõnesolevas artiklis vaadeldav keel on määratud loogiliste skeemide analüütiliseks kirjeldamiseks, mis realiseerivad signaalide konjunktsiooni, disjunktsiooni, inversiooni ja viivise potentsiaal-impulsses elementide süsteemis.

A. SIIMON

ON THE LANGUAGE FOR AN ANALYTICAL DESCRIPTION OF LOGICAL SCHEMES IN THE POTENTIAL-PULSE ELEMENT SYSTEM

This paper describes the language for an analytical description of logical schemes in the potential-pulse element system. This language is intended for describing logical schemes realizing conjunction, disjunction, inversion and delay of signals in the potential-pulse element system.