ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 184 1970

О СИНТЕЗЕ РЕЛЕЙНЫХ СХЕМ С ВРЕМЕННЫМИ ЗАВИСИМОСТЯМИ

Е. Л. СОБАКИН

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры автоматики и телемеханики)

Релейные устройства — это устройства, построенные из элементов с релейной характеристикой. Для синтеза и анализа таких устройств в настоящее время широко применяется булева алгебра — алгебра логики [1].

В большинстве практических случаев в реальных устройствах предусматриваются элементы, замедленные при «срабатывании» или при «отпускании» или и при «срабатывании» и «отпускании» одновременно. Кроме того, во многих устройствах предусматриваются сигналы разных длительностей, а сами эти устройства должны преобразовывать длительности сигналов.

Алгебра Буля в ее обычном виде для этих целей не пригодна, поэтому происходит постоянное ее обновление и дополнение — появляются временные, рекуррентные булевы функции [2] и т. д., позволяющие описывать работу релейных устройств во времени.

В данной работе предлагается рассматривать релейные устройства с временными зависимостями как потенциально-импульсные. Тогда, имея математический аппарат, учитывающий различие импульсных и потенциальных сигналов и их длительностей, можно путем использования операций дизъюнкции и конъюнкции выразить алгебраически операции уменьшения, увеличения длительностей сигналов и операции временного сдвига (задержки) сигналов. Однако такого математического аппарата пока в литературе не встречается.

Введем для обозначения потенциальных и импульсных сигналов статические и соответственно импульсные переменные. Дадим их математические определения:

а) статические переменные

$$a = \begin{cases} 0 \text{ при } t < t_0 \text{ и } t \geqslant t_1; \\ 1 \text{ при } t_0 \leqslant t < t_1; \end{cases} \qquad \bar{a} = \begin{cases} 1 \text{ при } t < t_0 \text{ и } t \geqslant t_1; \\ 0 \text{ при } t_0 \leqslant t < t_1; \end{cases}$$

б) импульсные переменные первого рода (импульсные переменные перехода 0—1)

$$a_\tau = \begin{cases} 0 \text{ при } t < t_0 \text{ и } t \geqslant t_0 + |\tau|; \\ 1 \text{ при } t_0 \leqslant t < t_0 + |\tau|; \end{cases}$$

$$\bar{a}_\tau = \begin{cases} 1 \text{ при } t < t_0 \text{ и } t \geqslant t_0 + |\tau|; \\ 0 \text{ при } t_0 \leqslant t < t_0 + |\tau|; \end{cases}$$

в) импульсные переменные второго рода (импульсные переменные перехода 1—0)

$$\bar{a}_{\tau'} = \begin{cases} 0 \text{ при } t < t_1 \text{ и } t \geqslant t_1 + |\tau'| \\ 1 \text{ при } t_1 \leqslant t < t_1 + |\tau'| \end{cases},$$

$$a_{\tau'} = \begin{cases} 1 \text{ при } t < t_1 \text{ и } t \geqslant t_1 + |\tau'| \\ 0 \text{ при } t_1 \leqslant t < t_1 + |\tau'| \end{cases}.$$

В этих формулах:

t — текущий момент времени;

t_0 — момент перехода сигнала a с 0 на 1;

t_1 — момент перехода сигнала a с 1 на 0;

τ и τ' — специальные операторы, служащие для обозначения импульсных сигналов;

$|\tau|$ и $|\tau'|$ — модули операторов τ и τ', численно равные длительностям импульсных сигналов.

Если T — длительность потенциального сигнала a, то $t_1 = t_0 + T$ и необходимо, чтобы $0 < |\tau| < T$ и $0 < |\tau'| < T$. В принципе можно включить граничные условия $|\tau| = |\tau'| = 0$ и $|\tau| = |\tau'| = T$. Тогда первый случай будет соответствовать отсутствию импульсных сигналов, а второй будет означать, что длительность импульсных и потенциальных сигналов одинакова.

Используя определения дизъюнкции и конъюнкции для булевых переменных и определения переменных a, $\bar{a}_\tau$, $a_{\tau'}$ и их инверсий, нетрудно установить, что выражения $\bar{a}_\tau \cdot a = a^\tau$, $\bar{a}_{\tau'} + a = a^{\tau'}$ и $a + \bar{a}_{\tau'} = a^{\tau\tau'}$ обозначают соответственно операции укорочения, удлинения сигнала a и операцию временного сдвига. В правых частях этих равенств стоят операторные выражения a^τ, $a^{\tau'}$ и $a^{\tau\tau'}$, показывающие второй способ использования операторов τ и τ'. Модули операторов при этом показывают величину уменьшения (увеличения) длительности сигнала, а также величину временного сдвига.

Алгебраические выражения, содержащие указанные статические и импульсные логические переменные и составленные по законам булевой алгебры, будем называть потенциально-импульсными логическими функциями.

В табл. 1 приведены нормальные дизъюнктивные формы потенциально-импульсных логических функций одной булевой переменной, их названия и условные обозначения. Эта таблица показывает, что к арсеналу обычных булевых функций добавляется большой класс функций, учитывающих временные зависимости и длительности переменных.

В качестве иллюстрации предлагаемого математического аппарата при синтезе релейных схем с временными зависимостями рассмотрим пример синтеза, различителя длительности импульсов.

Требуется спроектировать устройство, имеющее один вход и один выход. На выходе должен появляться импульсный сигнал всякий раз, когда длительность входного единичного сигнала равна τ_1. Если длительность входного сигнала $\tau_{вх} < \tau_1$ или $\tau_{вх} > \tau_1$, то на выходе должен быть сигнал 0. Длительность выходного сигнала может быть любой, но значительно меньшей. Очевидно, что устройство должно сравнивать длительность входного сигнала с длительностью другого, промежуточного сигнала, имеющего длительность τ_1 независимо от длительности входного сигнала, и если эти длительности будут равны, выдавать импульсный сигнал на выходе.

Обозначим входной сигнал через a, промежуточный через X и выходной через Y. Тогда условие задачи можно записать в следующем виде.

Если передний фронт сигнала X совпадает с передним фронтом сигнала α, то выходной сигнал Y принимает значение 1 только в том случае, если совпадут и задние фронты этих сигналов, т. е.

$$Y = \overline{a}_{\tau'} \cdot \overline{x}_{\tau'}.$$

Таблица 1

№ п.п.	Название функции	Комбинации входных переменных					Обозначения	Нормальная дизъюнктивная форма
		a	0	0	1	1		
		a_τ	0	0	0	1		
		$a_{\tau'}$	0	1	1	1		
v_0	Нулевая		0	0	0	0	0	$\bar a a_\tau \bar a_{\tau'} + \bar a a_\tau a_{\tau'} + a \bar a_\tau \bar a_{\tau'} + a a_\tau \bar a_{\tau'}$
v_1	Повторение a_τ		0	0	0	1	a_τ	$a a_\tau a_{\tau'}$
v_2	Задержка при отключении a		0	0	1	0	a^τ	$a \bar a_\tau a_{\tau'}$
v_3	Повторение a		0	0	1	1	a	$a \bar a_\tau a_{\tau'} + a a_\tau a_{\tau'}$
v_4	Задержка при отключении $\bar a$		0	1	0	0	$\bar a^{\tau'}$	$\bar a \bar a_\tau a_{\tau'}$
v_5	Задержка при вкл. и отключении $\bar a$		0	1	0	1	$\bar a^{\tau\tau'}$	$\bar a \bar a_\tau a_{\tau'} + a a_\tau a_{\tau'}$
v_6	Дифференцирование $\bar a$		0	1	1	0	$\delta \bar a$	$\bar a \bar a_\tau a_{\tau'} + a \bar a_\tau a_{\tau'}$
v_7	Повторение $a_{\tau'}$		0	1	1	1	$a_{\tau'}$	$\bar a \bar a_\tau a_{\tau'} + a \bar a_\tau a_{\tau'} + a a_\tau a_{\tau'}$
v_8	Инверсия $a_{\tau'}$		1	0	0	0	$\bar a_{\tau'}$	$\bar a \bar a_\tau \bar a_{\tau'}$
v_9	Дифференцирование a		1	0	0	1	δa	$\bar a \bar a_\tau \bar a_{\tau'} + a a_\tau a_{\tau'}$
v_{10}	Задержка при вкл. и отключении a		1	0	1	0	$a^{\tau\tau'}$	$\bar a \bar a_\tau \bar a_{\tau'} + a \bar a_\tau a_{\tau'}$
v_{11}	Задержка при отключении a		1	0	1	1	$a^{\tau'}$	$\bar a \bar a_\tau \bar a_{\tau'} + a \bar a_\tau a_{\tau'} + a_\tau a_{\tau'}$
v_{12}	Инверсия a		1	1	0	0	$\bar a$	$\bar a \bar a_\tau \bar a_{\tau'} + \bar a \bar a_\tau a_{\tau'}$
v_{13}	Задержка при включении a		1	1	0	1	$\bar a^\tau$	$\bar a \bar a_\tau \bar a_{\tau'} + \bar a \bar a_\tau a_{\tau'} + a a_\tau a_{\tau'}$
v_{14}	Инверсия a_τ		1	1	1	0	$\bar a_\tau$	$\bar a \bar a_\tau \bar a_{\tau'} + \bar a \bar a_\tau a_{\tau'} + a \bar a_\tau a_{\tau'}$
v_{15}	Единичная		1	1	1	1	1	$a \bar a_\tau \bar a_{\tau'} + \bar a \bar a_\tau a_{\tau'} + a \bar a_\tau a_{\tau'} + a a_\tau a_{\tau'}$

Синтезируем промежуточное устройство, которое при отсутствии входного сигнала a имело бы на выходе сигнал $x = 0$ и выдавало бы единичный сигнал длительностью τ_1 при подаче входного единичного сигнала независимо от его длительности. По этим условиям составим таблицу состояний промежуточного устройства (табл. 2) [3]. Минимизировать таблицу состояний невозможно, поэтому производим кодирование состояний комбинациями промежуточных переменных z и z_{τ_1} (табл. 3). Строим матрицу переходов (рис. 1 *а*) и матрицу промежуточной функции Z (рис. 1 *б*).

Таблица 2

s	a		X	Длительность состояния
	0	1		
1	<1>	2	0	—
2	3	3	1	τ_1
3	1	<3>	0	—

Таблица 3

Промежуточные перемен. / s	z	z_{τ_1}
1	0	0
2	1	1
3	1	0

Из матрицы промежуточной функции Z находим ее алгебраическое выражение

$$Z = a + z_{\tau_1}.$$

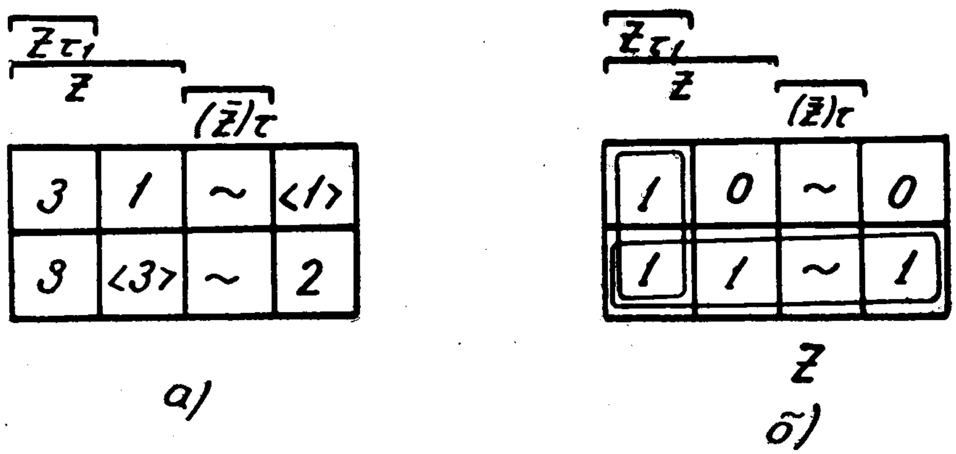

Рис. 1

Для промежуточного выхода X будем иметь

$$X = z_{\tau_1} \text{ или } X = (a + x)_{\tau_1}.$$

По выведенным автором правилам последнюю формулу можно преобразовать $X = \overline{\overline{(a + x)}}_{\tau_1'}$.

Общие формулы, описывающие работу различителя длительности импульсов, будут иметь вид:

$$X = \overline{\overline{(a + x)}}_{\tau_1'} \quad \text{и} \quad Y = \overline{a_{\tau'} + x_{\tau'}}.$$

По этим формулам, используя условные обозначения логических и импульсных элементов, нетрудно построить структурную (функциональную) схему устройства (рис. 2 *а*). В качестве примера на рис. 2 *б* приведена принципиальная схема различителя длительности импульсов на полупроводниковых диодах и триодах.

Следует заметить, что на структурной схеме показаны условными обозначениями в виде прямоугольника импульсные элементы второго рода, введенные автором. Кроме того, автором предложены структурные обозначения импульсных элементов первого рода, а также конкретные варианты реализации импульсных элементов на контактных и бесконтактных элементах.

В заключение отметим, что объем статьи не позволяет привести все следствия и выводы, использованные в рассмотренном примере синтеза. Однако, как можно видеть, синтез потенциально-импульсных релейных устройств при использовании введенных математических переменных может вестись уже существующими методами, в частности, методом, использующим язык таблиц состояний, переходов, матриц промежуточных и выходных функций.

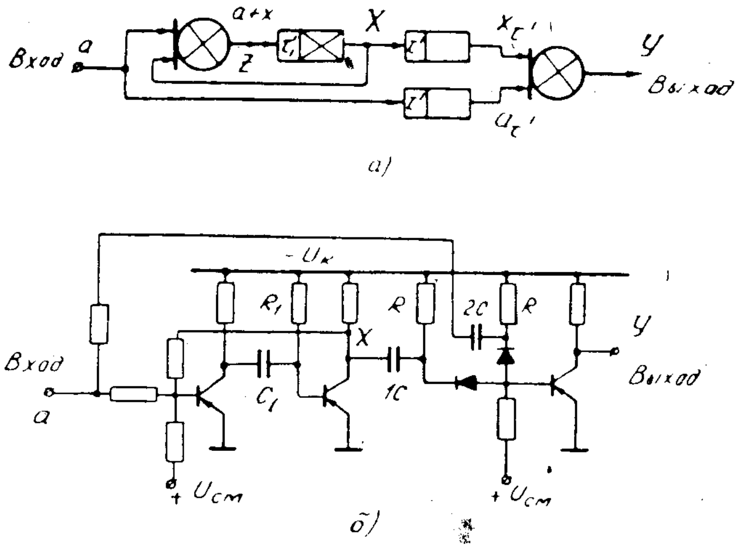

Рис. 2

Предложенный метод описания релейных схем с временными зависимостями может использоваться при синтезе шифраторов и дешифраторов время-импульсно-интервальных сигналов, генераторов импульсов с заданной скважностью импульсов, различных автоматических переключающих устройств и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Колдуэлл. Логические методы синтеза релейных схем. Изд-во ИЛ, 1962.
2. Д. А. Поспелов. Логические методы анализа и синтеза схем. Изд-во «Энергия», М.—Л., 1964.
3. Н. П. Васильева и И. Гашковец. Логические элементы в промышленной автоматике. Изд-во ГЭИ, М.-Л., 1962.