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

Том 155 1968

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ НАД БУЛЕВЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ ПРИ ЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДАХ СИНТЕЗА И АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛЬНО-ИМПУЛЬСНЫХ РЕЛЕЙНЫХ УСТРОЙСТВ

Е. Л. СОБАКИН, В. М. НОВИЦКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры автоматики и телемеханики)

Существующие логические методы синтеза релейных устройств принципиально позволяют найти структуру любого релейного устройства, описываемого обычной, временной или рекуррентной булевой функцией. Получаемые при этом структурные схемы можно строить из любого функционально полного набора логических элементов, элемента задержки и коммутирующего устройства. Входные и выходные сигналы этих элементов обычно представляются либо в виде уровней напряжения или тока (назовем их статическими сигналами), либо в виде импульсов напряжения или тока (импульсные сигналы).

Будем называть импульсным такой элемент, при подаче на вход которого статического сигнала выходной сигнал будет импульсным. Фактически выходной сигнал импульсного элемента (импульсный сигнал) зависит не от состояния входного сигнала, а от его изменения с 0 на 1, либо с 1 на 0.

Так как большинство релейных устройств используют одновременно как статические, так и импульсные сигналы, описание работы таких устройств с помощью обозначений, применяемых в булевой алгебре (а тем более преобразование структурных формул), представляет значительные трудности. Это объясняется тем, что обозначения статических и импульсных переменных (сигналов) одинаковы, в то время как между этими переменными существует определенная логическая связь, не выражающая тождественности.

В литературе уже были сделаны попытки обозначить импульсные переменные через статические с помощью специальных логических операторов (операторов перехода) [1 и 2] либо с помощью специальных индексов [3 и 4]. Однако для решения инженерных задач важно знать не только какие сигналы (переменные) будут статическими, а какие импульсными, но и учитывать длительность импульсных сигналов (импульсов), которая определяется как внутренними параметрами импульсного элемента, так и длительностью входного сигнала.

Будем считать, что длительность статического сигнала T всегда больше длительности импульсного τ (рис. 1, *б*) т. е. $T > \tau$. Введем для обозначения импульсного сигнала оператор τ. Приписывая его справа внизу (в виде индекса) к булевым переменным, будем считать, что полученное выражение обозначает импульсный сигнал, образованный от сигнала, к которому применен этот оператор. При этом длительность импульсного сигнала равна τ. Величина τ, выраженная в каких-либо единицах, выбирается в каждом конкретном случае вполне определенной лишь на последнем этапе синтеза — создании принципиальной схемы.

При составлении же структурных формул и схем важен лишь порядок величин τ. Пределы изменения τ можно считать следующими:

$$0 \leqslant \tau \leqslant T.$$

Граничное условие $\tau = 0$ по существу означает, что выходной сигнал не зависит от входного, а импульсный элемент в таком случае будет реализовать в зависимости от его типа либо нулевую, либо единичую функцию.

При $\tau = T$ импульсный сигнал равнозначен статическому.

По функциональной зависимости выходного сигнала от входного все импульсные элементы можно разделить на два типа: импульсный повторитель (сокращенно τ-повторитель) и импульсный инвертор (сокращенно $\tau - НЕ$).

Условные обозначения этих элементов и временные диаграммы, поясняющие функциональную зависимость выходного сигнала от входного, показаны на рис. 1 и 2.

В момент t_0, когда входной сигнал импульсного повторителя (рис. 1, *а*) изменяется с 0 на 1 (рис. 1, *б*) либо с 1 на 0 (рис. 1, *в*), выходной сигнал повторяет изменение входного. Однако выходной сигнал

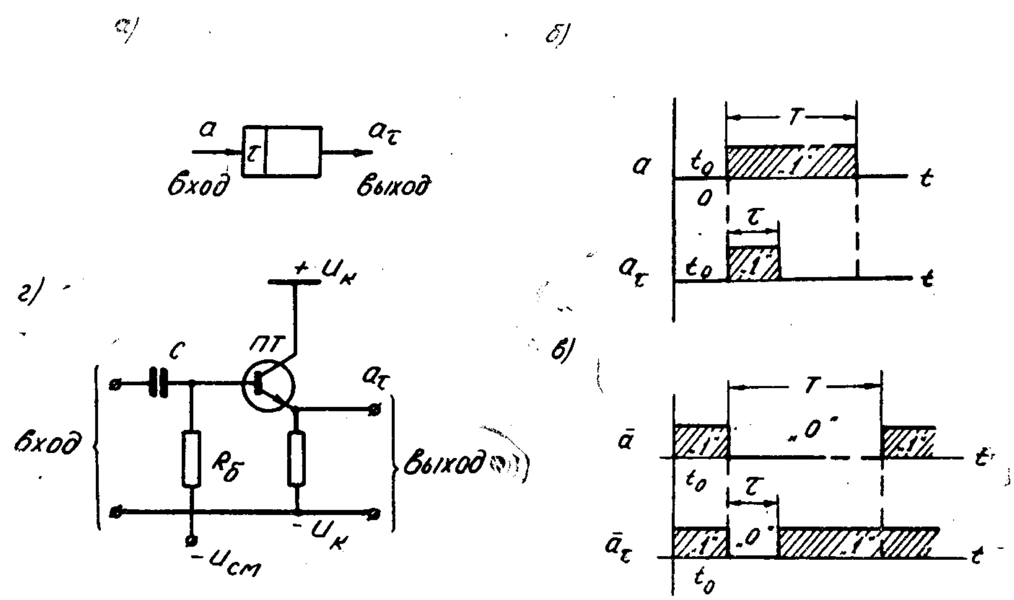

Рис. 1

имеет единичное (нулевое) значение лишь в течение времени τ, а затем принимат исходное значение, несмотря на то, что входной сигнал имеет еще единичное (нулевое) значение. Обратное изменение входного сигнала с 1 на 0 для рис. 1, *б* и с 0 на 1 для рис. 1, *в* не оказывает влияние на значение импульсной переменной.

Выходной сигнал элемента $\tau - НЕ$ (рис. 2, *а*) делает переходы, противоположные переходам входного сигнала (рис. 2 *б, в*). Следует отметить, что при поступлении на вход импульсного элемента импульсного сигнала длительностью $\tau_{вх}$, выходной сигнал может иметь длительность $\tau_{вых}$, равную либо длительности входного сигнала, либо длительности $\tau_{собств.}$, определяемой внутренними параметрами импульсного элемента.

Если $\tau_{собств.} > \tau_{вх}$, то $\tau_{вых} = \tau_{вх}$,

если же $\tau_{собств.} < \tau_{вх}$, то $\tau_{вых} = \tau_{собств.}$.

Всем сформулированным выше свойствам импульсных элементов удовлетворяют обычные повторители и инверторы, выполненные на лампах, транзисторах или других элементах с включенными на вход дифференцирующими цепями.

В качестве примера на рис. 1, *г* и рис. 2, *г* приведены импульсные элементы на транзисторах типа *n—p—n*, выполняющие функции τ-повторителя (рис. 1, *г*) и τ-инвертора (рис. 2, *г*). Длительность выходного

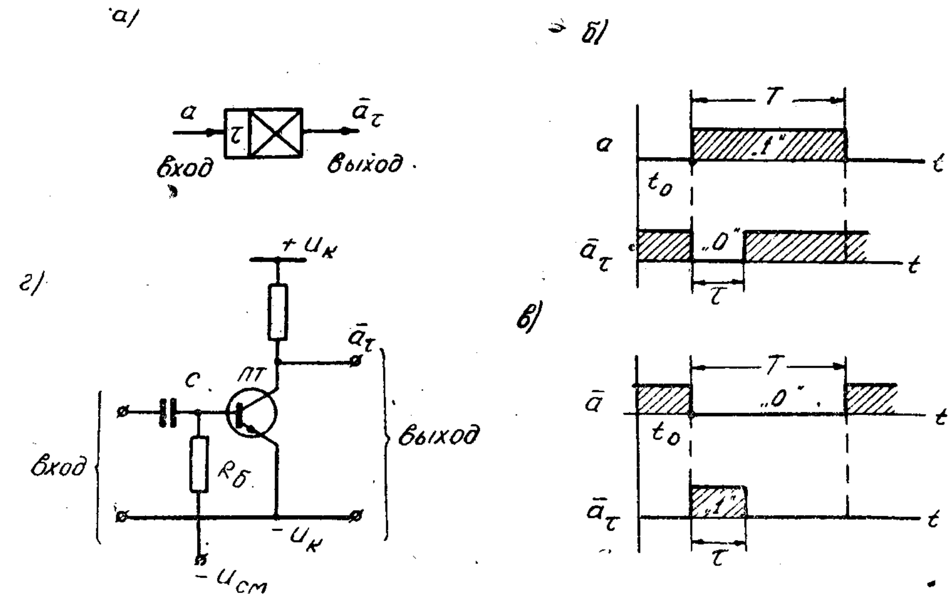

Рис. 2

импульса будет определяться постоянной времени заряда конденсатора и потенциалом запирания триода.

Ввиду специфичности контактных элементов временные параметры сигнала на выходе импульсных элементов, выполненных на электромагнитных реле, значительно изменяются. Однако основную функциональную зависимость выходного сигнала от входного можно реализовать и на контактных элементах.

На рис. 3 приведена схема с одним электромагнитным реле *P*, реализующая как функцию импульсного повторителя так и функцию импульсного инвертора.

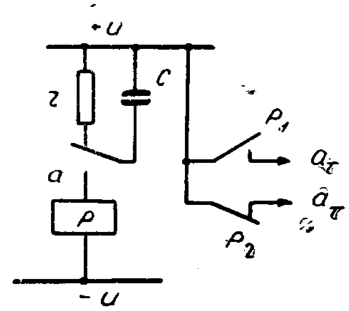

Рис. 3

Если выход схемы брать через нормально разомкнутый контакт реле *P*, то будет реализоваться функция τ-повторителя, а если через его нормально замкнутый контакт, то — функция τ-инвертора. Длительность выходного импульса можно изменять, изменяя емкость конденсатора и время отпускания реле *P*.

Рассматривая работу схем, соответствующих правым и левым частям тождеств, выражающих тот или иной основной закон булевой алгебры, можно убедиться в справедливости этих законов для импульсных и статических переменных. Однако, ввиду неравнозначности импульсных и статических переменных от одного сигнала изменяются прежние и появляются новые следствия этих законов. Ниже приведены основные следствия, вытекающие из неравнозначности импульсных и статических переменных и определений логического произведения и логической суммы.

Следствия логического умножения:

$$a \cdot a_\tau = a_\tau, \tag{1}$$

$$\bar{a}\, a_\tau = 0 \tag{2}$$

$$\bar{a}\, \bar{a}_\tau = \bar{a}, \tag{3}$$

$$a\, \bar{a}_\tau = a^\tau \text{ — задержка на включение} \tag{4}$$

Выражение (4), в котором τ является не показателем степени, а оператором, соответствует сигналу на выходе схемы совпадения, на входы которой поступают сигналы a и $\bar{a}_\tau$ (рис. 4,*а*). Из временных диаграмм, соответствующих данному случаю (рис. 4,*б*), видно, что выходной сигнал изменяет свое значение с 0 на 1 с задержкой на величину τ относительно t_0—момента появления входного сигнала a.

Таким образом, подобная схема осуществляет задержку переднего фронта входного сигнала на величину τ, задний же фронт выходного сигнала совпадает с задним фронтом сигнала a.

Следствия логического сложения:

$$a + a_\tau = a, \tag{5}$$

$$a + \bar{a}_\tau = 1, \tag{6}$$

$$\bar{a} + \bar{a}_\tau = \bar{a}_\tau, \tag{7}$$

$$\bar{a} + a_\tau = \overline{a}^\tau \text{ — задержка на отключение} \tag{8}$$

Выражение (8) соответствует сигналу на выходе схемы *ИЛИ*, на входы которой подаются сигналы $\bar{a}$ и a_τ (рис. 4,*в*). Временные диаграммы, иллюстрирующие работу такой схемы, представлены на рис. 4,*г*. И в этом случае выходной сигнал выключается (принимает

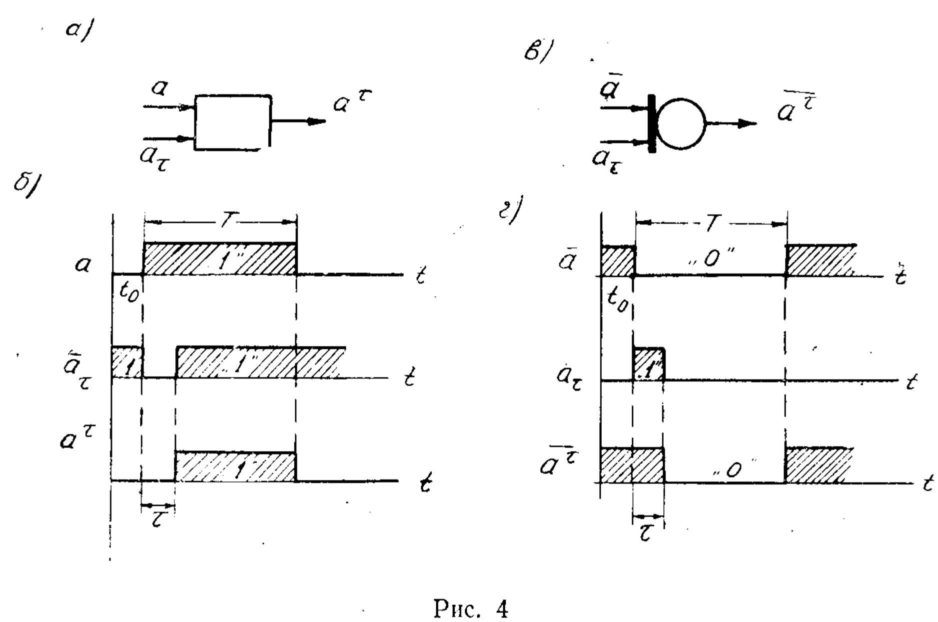

Рис. 4

значение 0) с задержкой на время τ после выключения сигнала $\bar{a}$, т. е. схема осуществляет задержку на отключение сигнала $\bar{a}$.

Доказательства остальных следствий можно провести аналогичным образом с помощью временных диаграмм, иллюстрирующих работу соответствующих схем.

Кроме отмеченных выше следствий логического умножения и сложения приведем еще ряд следствий, которые могут быть использованы для преобразования и упрощения структурных формул:

$a_\tau + a^\tau = a$	(9)	$a_\tau \cdot a^\tau = 0$	(17)
$a_\tau + a^\tau = \overline{a}_\tau$	(10)	$\overline{a}_\tau \cdot a^\tau = a^\tau$	(18)
$a + a^\tau = a$	(11)	$a \cdot a^\tau = a^\tau$	(19)
$\overline{a} + a^\tau = \overline{a}_\tau$	(12)	$\overline{a} \cdot a^\tau = 0$	(20)
$a_\tau + \overline{a^\tau} = \overline{a^\tau}$	(13)	$a_\tau \cdot \overline{a^\tau} = a_\tau$	(21)
$\overline{a}_\tau + \overline{a^\tau} = 1$	(14)	$\overline{a}_\tau \cdot \overline{a^\tau} = \overline{a}$	(22)
$a + \overline{a^\tau} = 1$	(15)	$\overline{a} \cdot \overline{a^\tau} = \overline{a}$	(23)
$\overline{a} + \overline{a^\tau} = \overline{a^\tau}$	(16)	$a \cdot \overline{a^\tau} = a_\tau$	(24)

$$\overline{a} + a^\tau + a_\tau = 1. \tag{25}$$

Нетрудно провести доказательство этих тождеств, учитывая следствия логического умножения и сложения для импульсных и статических переменных. В том случае, когда в проектируемом устройстве необходимо предусмотреть импульсные сигналы (или задержки) различной длительности и учитывать это в структурных формулах, нужно иметь в виду, что

$$a_{\tau_1} \cdot a_{\tau_2} = a_{\tau_{\min}}, \tag{26}$$

$$a_{\tau_1} \cdot \overline{a_{\tau_2}} \begin{cases} 0 & \text{при } \tau_1 \leqslant \tau_2 \\ (a_{\tau_1})^{\tau_2} & \text{при } \tau_1 > \tau_2, \end{cases} \tag{27}$$

$$a_{\tau_1} + a_{\tau_2} = a_{\tau_{\max}} \tag{28}$$

$$a_{\tau_1} = \overline{a}_{\tau_2} = \begin{cases} 1 & \text{при } \tau_1 \geqslant \tau_2 \\ \overline{(\overline{a}_{\tau_2})^{\tau_1}} & \text{при } \tau_1 < \tau_2, \end{cases} \tag{29}$$

где $\tau_{\min}$ — длительность самого короткого импульса,

$\tau_{\max}$ — длительность самого длинного импульса,

$(a_{\tau_1})^{\tau_2}$ — импульс a_{τ_1}, передний фронт которого задержан на время τ_2, т. е. импульс a_τ длительностью

$$\tau = \tau_1 - \tau_2;$$

$\overline{(\overline{a}_{\tau_2})^{\tau_1}}$ — импульс $\overline{a}_{\tau_2}$, передний фронт которого задержан на время τ_1, т. е. импульс $\overline{a}_\tau$ длительностью

$$\tau = \tau_2 - \tau_1.$$

Следует отметить, что оператор τ можно применять не только к отдельным булевым переменным, но и к целым алгебраическим выражениям.

Выводы

1. Применяя оператор τ к булевым переменным, можно в алгебраической форме одновременно оперировать статическими, импульсными переменными и переменными с задержками на включение и на отключение.

2. С помощью этих переменных можно описать работу любого однотактного и многотактного релейного устройства. При этом по структурной формуле устройства можно сразу судить о характере отдельных переменных и о временных зависимостях в схеме.

3. Определенным достоинством такого операторно-логического метода описания схем можно считать введение в булеву алгебру фактора времени, причем для этого не требуется отдельной переменной, как это имеет место при использовании временных булевых функций.

4. Возможность учитывать и записывать в алгебраической форме задержки переменных только на отключение или включение представляет определенный интерес для инженерного использования предлагаемого метода, ибо рекуррентные булевы функции не представляют такой возможности.

5. Одним из важных достоинств метода можно считать существенное облегчение синтеза и анализа многотактных потенциально-импульсных релейных устройств, так как второй переход импульсных переменных происходит автоматически. Следовательно, для осуществления этого перехода не потребуется вводить новые промежуточные переменные (новые промежуточные элементы), а структурные схемы многотактных релейных устройств, выполненных как на контактных, так и на бесконтактных элементах, будут значительно проще.

6. Метод требует разработки рациональной формы задания потенциально-импульсных логических функций.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Д. Таланцев. Об анализе и синтезе некоторых электрических схем при помощи специальных логических операторов, Автоматика и телемеханика, т, 20. № 7, 1959.

2. В. Г. Лазарев и Е. И. Пийль. Синтез асинхронных конечных автоматов, изд-во Наука, 1964.

3. В. Н. Рогинский. Построение релейных схем управления, изд-во Энергия, 1964.

4. М. А. Гаврилов. Теория релейно-контактных схем, Изд-во АН СССР, 1950.