

УДК 519.7:007.52

НЕПРЕРЫВНАЯ ЛОГИКА И СИНТЕЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОНЕЧНЫХ АВТОМАТАХ. I

© В.И. Левин

Ключевые слова: логический многополюсник; динамический процесс; непрерывная логика. Сформулирована задача синтеза динамического процесса заданной формы на выходе логического $(n,1)$ -полюсника, при заданной зависимости $b = f(a_1, \dots, a_n)$ момента b переключения выходного сигнала от моментов $a_1, \dots, a_n$ переключения входных сигналов, f – функция непрерывной логики. Предложена регулярная процедура решения путем построения $(n,1)$ -полюсника, реализующего требуемую зависимость f . Даны решения для всех возможных типовых случаев.

ВВЕДЕНИЕ

В 1970-е гг. автором была построена непрерывно-логическая теория динамического поведения конечных автоматов [1, 2]. В этой теории была установлена адекватность математического аппарата алгебры непрерывной логики динамическим процессам, возникающим на выходах схем конечных автоматов в ответ на динамические воздействия на их входах. Кроме того, в рамках данной теории были разработаны методы и алгоритмы, позволяющие с помощью указанного аппарата находить в аналитической форме динамические процессы на выходах автоматов любой сложности, являющиеся откликами на заданные сколь угодно сложные динамические воздействия по их входам. Это позволило вычислять динамические процессы в различных, достаточно сложных схемах автоматов, анализировать их, синтезировать их необходимую форму, что привело, в частности, к получению большого числа конкретных логико-алгебраических формул, описывающих динамические процессы в широкой номенклатуре схем автоматов [3–6]. Большой теоретический и практический интерес представляет задача, обратная названным трем типам задач, а именно, построение схемы автомата и динамических воздействий на его входах, обеспечивающих получение на выходах этого автомата заданных динамических процессов. С точки зрения математической логики эту задачу можно рассматривать как конструктивную интерпретацию заданных формул алгебры непрерывной логики как формул, описывающих заданные динамические процессы на выходах некоторого автомата в терминах непрерывно-логической теории динамики таких автоматов. С точки зрения прикладной теории автоматов эта задача является задачей синтеза схемы автомата, реализующего на выходах заданные динамические процессы в ответ на подаваемые на его входы подходящие для этого входные процессы.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим произвольный логический (n, m) -полюсник из произвольных двоичных логических элементов, работающих в алфавите $\{0,1\}$, на n входов которого поданы простейшие, однократные переключения сигнала в виде $1 \rightarrow 0$ или $0 \rightarrow 1$, с указанием в буквенной форме моментов этих переключений. Как известно, такой многополюсник представляет собой схемную реализацию некоторого конечного автомата без памяти [7]. Пусть требуется найти динамические процессы, т. е. последовательности переключений $1 \rightarrow 0$ и $0 \rightarrow 1$, на всех m выходах заданной логической схемы, причем необходимо сделать это в аналитической форме. В теории динамики конечных автоматов эта и другие подобные ей задачи решаются, в принципе, просто с помощью набора формул, задающих вход-выходные динамические соотношения всех элементов исследуемой схемы при всех возможных вариантах переключений сигналов на их входах [2–4]. При этом, однако, число формул в наборе может оказаться достаточно большим. Характерной особенностью таких методов нахождения динамических процессов в логических схемах автоматов является то, что моменты последовательных переключений в процессах на выходах схемы выражаются через аналогичные моменты переключений на ее входах с помощью функций непрерывной логики. Этот факт является прямым следствием отмеченной выше адекватности математического аппарата алгебры непрерывной логики динамическим процессам на выходах схем конечных автоматов, соответствующим динамическим воздействиям на их входах. Из сказанного вытекает формулировка следующей задачи, обратной задачам, упоминавшимся выше.

Заданы динамические процессы $y_1(t), \dots, y_m(t)$, т. е. последовательности переключений $1 \rightarrow 0$ и

$0 \rightarrow 1$, на всех m выходах неизвестного логического (n, m) -полюсника, путем задания некоторых формул алгебры непрерывной логики, выражающих моменты всех указанных переключений через моменты аналогичных переключений в некоторых инициировавших процессы $y_1(t), \dots, y_m(t)$ динамических процессах $x_1(t), \dots, x_n(t)$ на входах указанного (n, m) -полюсника. При этом названные входные динамические процессы многополюсника, как и сам многополюсник, неизвестны. Требуется построить логический (n, m) -полюсник и указать динамические процессы $x_1(t), \dots, x_n(t)$ на его входах, которые приводят к выработке на выходах этого (n, m) -полюсника заданных выходных динамических процессов $y_1(t), \dots, y_m(t)$. Сформулированную задачу естественно называть задачей синтеза логического многополюсника, реализующего на своих выходах заданные динамические процессы. Ее можно также назвать задачей конструктивной интерпретации заданной системы формул алгебры непрерывной логики как формул, выражающих моменты последовательных переключений $1 \rightarrow 0$ и $0 \rightarrow 1$ в выходных динамических процессах построенного логического (n, m) -полюсника через аналогичные моменты найденных входных динамических процессов этого (n, m) -полюсника.

Известно [2, 4, 7], что любой логический (n, m) -полюсник можно представить в виде совокупности m логических $(n, 1)$ -полюсников, имеющих одни и те же n входов. Поэтому в дальнейшем, без ограничения общности, мы будем оперировать только логическими $(n, 1)$ -полюсниками, решая соответственно этому задачу синтеза логического $(n, 1)$ -полюсника, реализующего на своем выходе заданный динамический процесс. Кроме того, в данной статье мы ограничимся идейной стороной проблемы и оставим в стороне вопросы, связанные с размерностью (числом переключений $0 \rightarrow 1$ и $1 \rightarrow 0$) заданного выходного динамического процесса $(n, 1)$ -полюсника. Для этого мы будем рассматривать только простейшие динамические процессы, которые имеют не более одного переключения вида $0 \rightarrow 1$ и $1 \rightarrow 0$.

2. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Помимо обычной булевой алгебры логики [2, 4, 7]

$$A_1 = (B_1; \vee, \wedge, \overline{}), \quad (1)$$

где B_1 – двухэлементное множество-носитель вида $B = \{0, 1\}$, $\vee$ – булева дизъюнкция, $\wedge$ – булева конъюнкция, $\overline{}$ – булево отрицание, будем еще использовать квазибулеву алгебру непрерывной логики [1, 2, 4, 5]

$$A_2 = (B_2; \mathbf{V}, \mathbf{\Lambda}, \overline{}), \quad (2)$$

где B_2 – континуальное множество-носитель в виде отрезка $B_2 = [C, D]$, $\mathbf{V}$ – непрерывнологическая дизъюнкция, определяемая формулой

$$a \mathbf{V} b = \max(a, b), \quad a, b \in B_2, \quad (3)$$

$\mathbf{\Lambda}$ – непрерывнологическая конъюнкция, определяемая формулой

$$a \mathbf{\Lambda} b = \min(a, b), \quad a, b \in B_2, \quad (4)$$

$\overline{}$ – непрерывнологическое отрицание, определяемое формулой

$$\overline{a} = 2M - a, \quad \text{где } M = \frac{C+D}{2}. \quad (5)$$

Таким образом, операции непрерывнологической дизъюнкции, конъюнкции и отрицания есть соответственно выбор максимального, минимального из аргументов и точки, симметричной с аргументом относительно центра M отрезка B_2 .

Следуя [1–5], введем такие обозначения: $0'_a$ – переключение сигнала, определяющего динамический процесс, в виде $1 \rightarrow 0$ в момент a ; $1'_a$ – аналогичное переключение сигнала $0 \rightarrow 1$ в момент a .

Рассмотрим n -входовый элемент-дизъюнктор, т. е. логический элемент, реализующий в статическом режиме на выходе y булеву логическую дизъюнкцию своих входов $x_i, i = \overline{1, n}$

$$y = \bigvee_{i=1}^n x_i. \quad (6)$$

Пусть теперь на всех входах дизъюнктора действуют однородные динамические процессы в виде однократных переключений сигнала $0 \rightarrow 1$, т. е. $x_i(t) = 1'_{a_i}, i = \overline{1, n}$. Тогда динамический процесс на выходе нашего дизъюнктора будет иметь вид такого же переключения, совершаемого в момент $t = \bigwedge_{i=1}^n a_i$, где

$\mathbf{\Lambda}$ – конъюнкция непрерывной логики [1, 2, 4, 5].

В формульном виде это соотношение между входными и выходным динамическими процессами дизъюнктора имеет вид

$$\bigvee_{i=1}^n 1'_{a_i} = 1'_{\bigwedge_{i=1}^n a_i}. \quad (7)$$

Обратим внимание, что логическая операция дизъюнкции $\vee$ в основной строке формулы (7) означает булеву дизъюнкцию, оперирующую с двоичными эле-

ментами 0 и 1 – значениями сигнала и их изменениями $0'$ и $1'$, в то время как логическая операция конъюнкции $\mathbf{\Lambda}$ в индексе этой формулы означает конъюнкцию непрерывной логики, оперирующую с любыми элементами некоторого непрерывного множества B_2 , означающими моменты непрерывного времени. Это замечание о различии логических операций в строке и индексах формулы (7), относится также ко всем последующим формулам, описывающим соотношения между входными и выходными динамическими процессами в элементах.

Пусть теперь на всех входах элемента-дизъюнктора, реализующего в статике на выходе y булеву логическую функцию своих входов x_i вида (6), действуют однородные динамические процессы в виде однократных переключений сигнала $1 \rightarrow 0$, т. е. $x_i(t) = 0'_{a_i}, i = \overline{1, n}$.

Тогда динамический процесс на выходе дизъюнктора будет иметь вид такого же переключения, совершаемого в момент $t = \bigvee_{i=1}^n a_i$, $\mathbf{V}$ – дизъюнкция непрерывной логики [1, 2, 4, 5]. В формульном виде соотношение между входными и выходным динамическими процессами дизъюнктора:

$$\bigvee_{i=1}^n 0'_{a_i} = 0'_{\bigvee_{i=1}^n a_i}. \quad (8)$$

Аналогично выглядят формулы зависимости между входными и выходным динамическими процессами рассматриваемого простейшего класса (однократные переключения сигнала) в элементе-конъюнкторе, который в статическом режиме реализует булеву конъюнкцию своих входов $x_i, i = \overline{1, n}$, вида

$$y = \bigwedge_{i=1}^n x_i. \quad (9)$$

А именно [1, 2, 4, 5], для входных динамических процессов в виде однократных переключений сигнала $1'$, т.е. $x_i(t) = 1'_{a_i}, i = \overline{1, n}$, эта формула имеет вид

$$\bigwedge_{i=1}^n 1'_{a_i} = 1'_{\bigvee_{i=1}^n a_i}, \quad (10)$$

а для входных динамических процессов в виде однократных переключений сигнала $0'$, т. е. $x_i(t) = 0'_{a_i}, i = \overline{1, n}$, эта формула такова:

$$\bigwedge_{i=1}^n 0'_{a_i} = 0'_{\bigwedge_{i=1}^n a_i}. \quad (11)$$

Рассмотрим еще один логический элемент, на этот раз одновходовый, который в статическом режиме реализует на выходе y булеву логическую функцию повторения своего входа x , т. е. $y = x$, а в динамическом режиме сдвигает каждый момент a переключе-

ния сигнала во входном процессе в точку $\bar{a}$, где $\bar{}$ означает операцию отрицания (5) непрерывной логики. Таким образом, этот элемент реализует на выходе y следующую функцию $y = f(x)$ своего входа x , которую мы обозначим c

$$y = f(x) = \begin{cases} x, & \text{при } x = \text{const}, \\ 1'_a, & \text{при } x = 1'_a, \\ 0'_a, & \text{при } x = 0'_a \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} c(x) = x, \\ c(1'_a) = 1'_a, \\ c(0'_a) = 0'_a. \end{cases} \quad (12)$$

Из формулы (12) видно, что наш элемент осуществляет преобразование входного динамического процесса $x(t)$ в выходной $y(t)$ путем сдвига момента любого переключения сигнала $1'_a$ или $0'_a$ в $x(t)$ из точки a в ее непрерывнологическое отрицание точку $\bar{a}$. Поэтому введенный одновходовый логический элемент можно назвать сдвижателем. При этом, если

$$\bar{a} > a, \quad (13)$$

что с учетом (5) эквивалентно условию

$$a < M, \quad (14)$$

то элемент осуществляет операцию задержки сигнала с временем задержки

$$\Delta t = \bar{a} - a = 2(M - a). \quad (15)$$

Если же

$$\bar{a} < a, \quad (16)$$

что с учетом (5) эквивалентно условию

$$a > M, \quad (17)$$

то элемент осуществляет операцию опережения сигнала с временем опережения

$$\Delta t = a - \bar{a} = 2(a - M). \quad (18)$$

Очевидно, что практически всегда можно подобрать такое значение M – центра множества-носителя используемой алгебры непрерывной логики (2), чтобы при любых оперируемых значениях a выполнялось нужное нам неравенство – (14) или (17) и тем самым элемент-сдвигатель выполнял нужную нам операцию – задержки или опережения сигнала.

3. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ В ПРОСТЕЙШИХ СЛУЧАЯХ

Решение поставленной в п. 1 задачи в простейших типовых (базовых) случаях не составляет большого труда. Все эти случаи рассмотрены ниже. Они характеризуются тем, что формула алгебры непрерывной логики, выражающая момент t переключения заданного динамического процесса на выходе искомого логического $(n,1)$ -полюсника через моменты $t_1, \dots, t_n$ аналогичных переключений на его входах, содержит только одну логическую операцию, выполняемую непосредственно над t_i . Таких случаев шесть.

Случай 1. Задан динамический процесс $y(t)$ на выходе неизвестного логического $(n,1)$ -полюсника, имеющий вид одиночного переключения сигнала

$$y(t) = 1'_b, \quad \text{где } b = \bigvee_{i=1}^n a_i. \quad (19)$$

В формуле (19) b означает момент переключения заданного выходного процесса, имеющего форму $1' = 0 \rightarrow 1$, причем сам момент b выражается в виде дизъюнкции непрерывной логики от моментов a_i аналогичных переключений на входах искомого $(n,1)$ -полюсника. Требуется построить логический $(n,1)$ -полюсник и указать динамические процессы $x_1(t), \dots, x_n(t)$ на его входах, которые приводят к выработке на выходе этого $(n,1)$ -полюсника динамического процесса (19).

Решение. Просматриваем формулы (7), (8), (10), (11), которые описывают все возможные варианты вход-выходных динамических соотношений в логических $(n,1)$ -полюсниках в ситуации, когда выходные динамические процессы имеют вид одиночного переключения сигнала. Единственная формула, в которой выходной динамический процесс $(n,1)$ -полюсника совпадает с заданным выходным динамическим процессом (19) случая 1, это формула (10). Но формула (10) описывает динамический процесс, вырабатываемый на выходе y логического $(n,1)$ -полюсника, реализующего в статике n -входную булеву конъюнкцию и получающего в данном случае на входах $x_1, \dots, x_n$ динамические процессы в виде одиночных переключений сигнала $x_1(t) = 1'_{a_1}, \dots, x_n(t) = 1'_{a_n}$. Названные логический $(n,1)$ -полюсник и динамические процессы на его входах и приводят в итоге к выработке на выходе этого $(n,1)$ -полюсника заданного динамического процесса (19) и, таким образом, являются решением поставленной задачи.

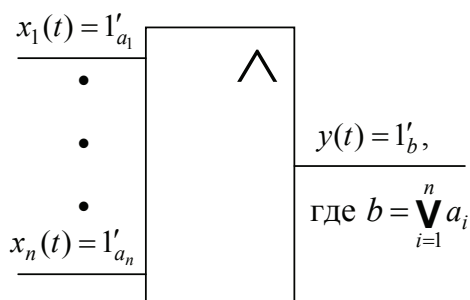


Рис. 1. Логический $(n,1)$ -полюсник в виде n -входового конъюнктора, реализующий на выходе динамический процесс $y(t)$ вида (19)

Это решение показано на рис. 1. Напомним, что полученное решение можно рассматривать двояко: а) как синтез некоторой логической схемы рис. 1, позволяющей реализовать на выходе требуемый динамический процесс (19); б) как конструктивную интерпретацию дизъюнкции непрерывной логики, фигурирующей в формуле (19), путем построения схемы рис. 1, в которой зависимость момента переключения сигнала на выходе от аналогичных моментов на входах выражается именно этой дизъюнкцией. Нижеследующие случаи рассматриваются аналогично случаю 1.

Случай 2. Задан динамический процесс $y(t)$ на выходе неизвестного логического $(n,1)$ -полюсника, имеющий вид одиночного переключения сигнала

$$y(t) = 0'_b, \quad \text{где } b = \bigwedge_{i=1}^n a_i. \quad (20)$$

В приведенной формуле (20) b есть момент переключения заданного выходного процесса, имеющего форму $0' = 1 \rightarrow 0$, при этом сам момент b выражается в виде конъюнкции непрерывной логики от моментов a_i аналогичных переключений на входах искомого $(n,1)$ -полюсника. Требуется построить логический $(n,1)$ -полюсник и указать динамические процессы $x_1(t), \dots, x_n(t)$ на его входах, которые приводят к выработке на выходе этого $(n,1)$ -полюсника заданного динамического процесса (20). Решение в данном случае находится аналогично случаю 1: просматриваем формулы (7), (8), (10), (11), находим среди них единственную подходящую формулу с выходным динамическим процессом заданного вида (20) в $(n,1)$ -полюснике – формулу (11). Эта формула описывает динамический процесс на выходе y логического $(n,1)$ -полюсника, реализующего в статике n -входную булеву конъюнкцию и получающего в данном случае на входах $x_1, \dots, x_n$ динамические процессы в виде одиночных переключений сигнала $x_1(t) = 0'_{a_1}, \dots, x_n(t) = 0'_{a_n}$. Указанные логический $(n,1)$ -полюсник и динамические процессы на его входах и приводят к выработке на выходе этого $(n,1)$ -полюсника заданного динамического процесса (20), т. е. дают решение поставленной задачи. Это решение показано на рис. 2.

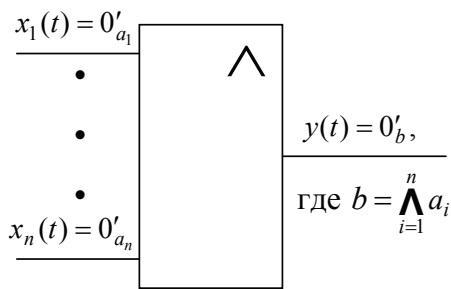


Рис. 2. Логический $(n,1)$ -полюсник в виде n -входового конъюнктора, реализующий на выходе динамический процесс $y(t)$ вида (20)

Как и в случае 1, полученное решение можно рассматривать двояко: как синтез логической схемы, реализующей на выходе требуемый динамический процесс (20), или же как конструктивную интерпретацию конъюнкции $\bigwedge$ непрерывной логики, фигурирующей в формуле (20), методом построения схемы рис. 2, в которой зависимость момента переключения сигнала на выходе от аналогичных моментов на входах выражается именно этой конъюнкцией.

Случай 3. Задан динамический процесс $y(t)$ на выходе неизвестного логического $(n,1)$ -полюсника, имеющий вид одиночного переключения сигнала

$$y(t) = 1'_b, \quad \text{где } b = \bigwedge_{i=1}^n a_i. \quad (21)$$

В формуле (21) b – это момент переключения заданного выходного процесса, имеющего форму $1' = 0 \rightarrow 1$. Момент b в (21) выражается конъюнкцией непрерывной логики соответствующих моментов a_i аналогичных переключений на входах искомого $(n,1)$ -полюсника. Построим логический $(n,1)$ -полюсник и динамические процессы $x_1(t), \dots, x_n(t)$ на его входах, приводящие к реализации на выходе этого $(n,1)$ -полюсника заданного динамического процесса (21). Решение находим аналогично случаям 1, 2: просматриваем формулы (7), (8), (10), (11), находим среди них единственную формулу с выходным динамическим процессом заданного вида (21) в $(n,1)$ -полюснике – формулу (7). Эта формула описывает динамический процесс на выходе y логического $(n,1)$ -полюсника, реализующего в статике n -входовую булеву дизъюнкцию и получающего в данном случае на входах $x_1, \dots, x_n$ динамические процессы в виде одиночных переключений сигнала $x_1(t) = 1'_{a_1}, \dots, x_n(t) = 1'_{a_n}$. Эти логический $(n,1)$ -полюсник и динамические процессы на его входах и приводят к реализации на его выходе заданного динамического процесса (21), т. е. дают решение задачи, которое показано на рис. 3.

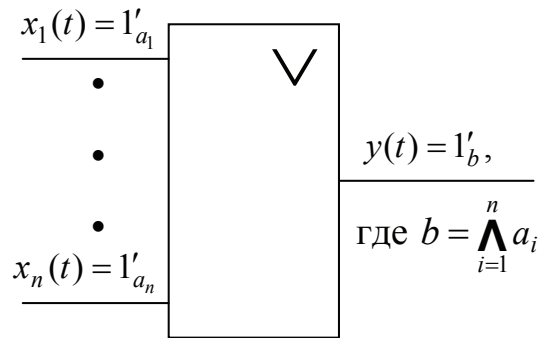


Рис. 3. Логический $(n,1)$ -полюсник в виде n -входового дизъюнктора, реализующий на выходе динамический процесс $y(t)$ вида (21)

Как и выше, это решение можно рассматривать как синтез логической схемы, реализующей на выходе требуемый динамический процесс (21), либо как конструктивную интерпретацию конъюнкции непрерывной логики, фигурирующей в формуле (21), методом построения схемы рис. 3, в которой зависимость момента переключения сигнала на выходе от аналогичных моментов на входах выражается именно такой операцией.

Случай 4. Задан динамический процесс $y(t)$ на выходе неизвестного логического $(n,1)$ -полюсника, имеющий вид одиночного переключения сигнала

$$y(t) = 0'_b, \quad \text{где } b = \bigvee_{i=1}^n a_i. \quad (22)$$

В выражении (22) b означает момент переключения заданного выходного процесса, имеющего форму $0' = 1 \rightarrow 0$. Этот момент, согласно (22), есть дизъюнкция непрерывной логики моментов a_i аналогичных переключений на входах искомого $(n,1)$ -полюсника. Построим этот логический $(n,1)$ -полюсник и динамические процессы $x_1(t), \dots, x_n(t)$ на его входах, дающие на его выходе заданный динамический процесс (22). Построение аналогично случаям 1, 2, 3: просматриваем формулы (7), (8), (10), (11), находим среди них единственную формулу с выходным динамическим процессом заданного вида (22) в $(n,1)$ -полюснике – формулу (8). Последняя описывает динамический процесс на выходе y логического $(n,1)$ -полюсника, реализующего в статике n -входовую булеву дизъюнкцию и получающего в данном случае на входах $x_1, \dots, x_n$ динамические процессы в виде одиночных переключений $x_1(t) = 0'_{a_1}, \dots, x_n(t) = 0'_{a_n}$.

Эти логический $(n,1)$ -полюсник и динамические процессы на его входах и реализуют на его выходе заданный динамический процесс (22), т. е. дают решение нашей задачи. Это решение показано на рис. 4. Как и в предыдущих случаях, это решение можно рассматривать двояко – как синтез логической схемы, реали-

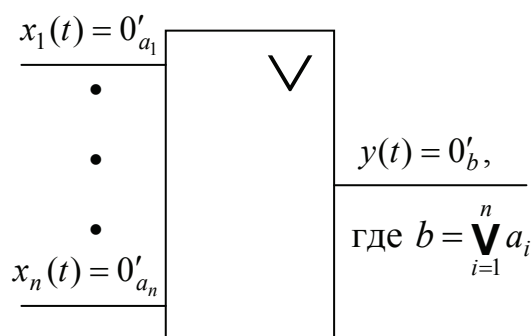


Рис. 4. Логический $(n,1)$ -полюсник в виде n -входового дизъюнктора, реализующий на выходе динамический процесс $y(t)$ вида (22)

зующей на выходе требуемый динамический процесс (22), или как конструктивную интерпретацию функции $\bigvee$ дизъюнкции непрерывной логики, фигурирующей в (22), путем построения схемы рис. 4, в которой зависимость момента переключения сигнала на выходе от аналогичных моментов на входах выражается именно этой операцией.

Случай 5. Задан динамический процесс $y(t)$ на выходе неизвестного логического $(1,1)$ -полюсника, имеющий вид одиночного переключения сигнала

$$y(t) = 1'_b, \quad \text{где } b = \bar{a}. \quad (23)$$

В формуле (23) b есть момент переключения заданного выходного процесса, которое имеет форму $1' = 0 \rightarrow 1$. Этот момент, согласно (23), выражается операцией отрицания непрерывной логики момента a аналогичного переключения на входе искомого $(1,1)$ -полюсника. Построим логический $(1,1)$ -полюсник и динамический процесс $x(t)$ на его входе, дающие на выходе $(1,1)$ -полюсника заданный динамический процесс (23). Решение этой задачи аналогично решениям задач в случаях 1, 2, 3, 4, с той, однако, разницей, что теперь мы должны просматривать три формулы (12), которые описывают все возможные случаи вход-выходных динамических соотношений в логических $(1,1)$ -полюсниках в той ситуации, когда выходные динамические процессы имеют вид одиночного переключения сигнала. В нашем случае единственной формулой в (12) с выходным динамическим процессом заданного вида (23) в некотором $(1,1)$ -полюснике является вторая формула (12). Эта формула описывает динамический процесс на выходе y логического $(1,1)$ -полюсника – сдвигателя C , реализующего функцию сдвига и получающего в данном случае на входе x динамический процесс в виде одиночного переключения сигнала $x(t) = 1'_a$. Указанные логический $(1,1)$ -полюсник и динамический процесс на его входе и реализуют на выходе заданный динамический процесс (23), т. е. дают решение поставленной задачи. Это решение показано на рис. 5.

Как и везде выше, полученное решение можно рассматривать двояко: как синтез логической схемы, реализующей на выходе требуемый нам динамический

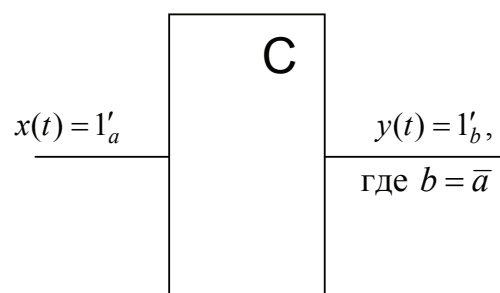


Рис. 5. Логический $(1,1)$ -полюсник в виде одновходового сдвигателя C , реализующий на выходе динамический процесс $y(t)$ вида (23)

процесс (23), либо как конструктивную интерпретацию отрицания непрерывной логики, фигурирующего в формуле (23), путем построения схемы рис. 5, в которой зависимость момента переключения сигнала на выходе от аналогичного момента на входе выражается именно этой операцией.

Случай 6. Задан динамический процесс $y(t)$ на выходе неизвестного логического $(1,1)$ -полюсника, имеющий вид одиночного переключения сигнала

$$y(t) = 0'_b, \quad \text{где } b = \bar{a}. \quad (24)$$

В выражении (24) b – это момент переключения заданного выходного процесса, которое имеет форму $0' = 1 \rightarrow 0$. Момент b , как видно из (24), есть отрицание непрерывной логики момента a аналогичного переключения на входе неизвестного пока $(1,1)$ -полюсника.

Построим логический $(1,1)$ -полюсник и динамический процесс $x(t)$ на его входе, дающие на его выходе заданный динамический процесс (24). Решение данной задачи аналогично решению задачи в случае 5. Просматривая 3 формулы (12), находим, что единственной из них с выходным динамическим процессом заданного вида (24) в некотором $(1,1)$ -полюснике является 3-я формула (12). Она описывает динамический процесс на выходе y логического $(1,1)$ -полюсника – сдвигателя C , реализующего функцию сдвига и получающего в данном случае на входе x динамический процесс в виде одиночного переключения сигнала $x(t) = 0'_a$. Эта пара – логический $(1,1)$ -полюсник и динамический процесс на его входе и реализуют на его выходе заданный динамический процесс (24), давая тем самым решение поставленной задачи. Оно изображено на рис. 6. Полученное решение, как и везде выше, можно рассматривать двояко: как синтез логической схемы, реализующей на выходе требуемый динамический процесс (24), либо как конструктивную интерпретацию отрицания непрерывной логики, фигурирующего в формуле (24), способом построения схемы рис. 6, в

которой зависимость момента переключения сигнала на выходе от аналогичного момента на входе выражается именно этой операцией.

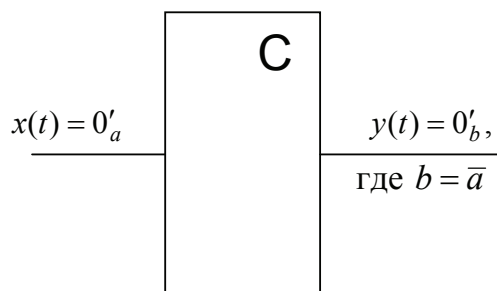


Рис. 6. Логический (1,1)-полюсник в виде одновходового сдвигателя C , реализующий на выходе динамический процесс $y(t)$ вида (24)

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин В.И. Бесконечнозначная логика и переходные процессы в конечных автоматах // Автоматика и вычислительная техника. 1972. № 6.
2. Левин В.И. Введение в динамическую теорию конечных автоматов. Рига: Зинатне, 1975.

3. Левин В.И. Таблицы для расчета и анализа переходных процессов в дискретных устройствах. Рига: Зинатне, 1975.
4. Левин В.И. Динамика логических устройств и систем. М.: Энергия, 1980.
5. Левин В.И. Теория динамических автоматов. Пенза: Изд-во Пензенского гос. технического ун-та, 1995.
6. Левин В.И. Непрерывная логика в задачах динамики конечных автоматов // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2010. 1.
7. Поспелов Д.А. Логические методы анализа и синтеза схем. М. Энергия, 1974.

Поступила в редакцию 11 января 2011 г.

Levin V.I. Continuous Logic and Synthesis of Dynamic Processes in Finite Automata. I.

The problem of set form dynamic process synthesis on an output of some logic $(n,1)$ -pole is formulated, at set dependence $b = f(a_1, \dots, a_n)$ of output signal switching moment b on input signals switching moments $a_1, \dots, a_n$, f is continuous logic function. Regular procedure of the problem decision by construction $(n,1)$ -pole that realize demanded dependence f is offered. Decisions for all possible typical cases are given.

Key words: logical multi-pole; dynamic process; continuous logic.