

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СРЕДА НА ИМПУЛЬСНЫХ ПОРОГОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С СОВМЕЩЕННЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Л.И. Макаров
(Новосибирск)

В работах [1, 2] исследуется случай вычислительной среды (ВС), каждый элемент которой может быть настроен на выполнение любой функции из некоторого набора функций, удовлетворяющих условиям автоматной и соединительной полноты, причем элемент, настроенный на выполнение соединительной функции, передает сигнал без задержки. Для ВС с индивидуальным поведением элементов устанавливается, что количество информации настройки для симметрического элемента ВС составляет не менее 2 бит.

В данной работе рассматривается возможность построения ВС из элементов, в которых выполнение функций из автомато полного набора совмещено с выполнением соединительных функций, причем передача сигналов при выполнении любой функции происходит с одинаковой задержкой и некоторые функции выполняются при групповом взаимодействии элементов.

Возможность построения такой ВС показана на примере ВС, элементами которой являются пороговые элементы импульсного типа (ИПЭ).

Пусть ИПЭ описывается следующим уравнением:

$$Z(t + \tau) = \text{Sn} \left[\sum_i x_i(t) + y - \gamma \right],$$

где

$$\text{Sn}[\beta] = \begin{cases} 1 & \text{при } \beta \geq 0, \\ 0 & \text{при } \beta < 0, \end{cases}$$

τ - задержка,

$x_i \in \{0, 1\}$ входная информационная переменная,

$Z \in \{0, 1\}$ выходная информационная переменная,

$y \in \{0,1\}$ - входная управляющая переменная (настройка ИПЭ),

γ - порог,

$\gamma = 2, \quad i = 1, 2, 3, 4.$

Пусть ИПЭ обладает свойством рефрактерности, т.е. периодом абсолютной невозбудимости R , наступающим вслед за мгновенным возбуждением элемента.

Зададим R соотношением: $2\tau < R < 3\tau$. Определим среду из ИПЭ как двумерную решетку (рис. 1а), узлами которой являются ИПЭ (рис. 1б), причем выход каждого ИПЭ отождествляется с соответствующими входами соседних элементов. Рассмотрим свойства такой среды.

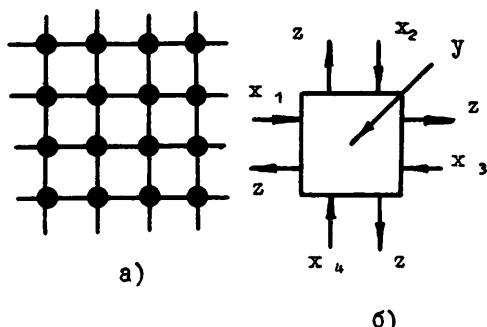


Рис. 1.

1. Передача информации (сигнала) по некоторому пути (каналу) и разветвление информации возможны при настройке $y = 1$ элементов пути и $y = 0$ элементов, соседних с элементами пути (рис. 2). Тогда возбуждение элемента А приведет через некоторое время к возбужде-

нию элементов В и С. Диаметр канала, т.е. число элементов, расположенных перпендикулярно направлению канала, должен быть $d \geq 3$.

На рисунках каналы обозначены прямыми линиями.

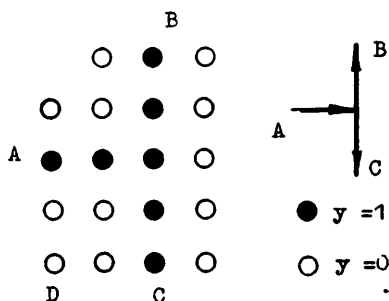


Рис. 2.

2. Конъюнкцию двух переменных $z(t+\tau) = x_1(t) \& x_2(t)$ можно реализовать схемами, показанными на рис. 3.

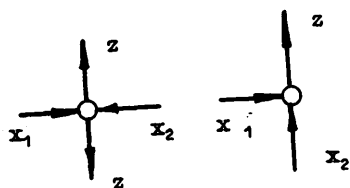


Рис. 3.

3. Дизъюнкцию двух переменных можно реализовать схемами V 1, V 2 (рис. 4).

Для схемы V 1:

$$Z(t + 5\tau) = x_1(t) \vee x_2(t).$$

Для схемы V 2:

$$Z(t + 8\tau) = x_1(t) \vee x_2(t).$$

Каналы x_1 и x_2 изолируются друг от друга с помощью вентильных схем (рис. 4а).

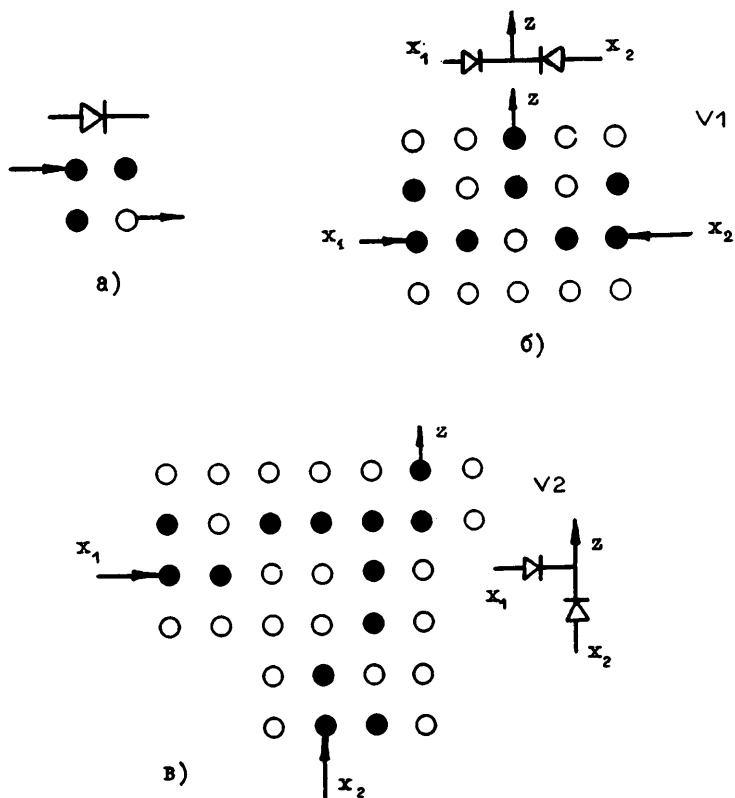


Рис. 4.

4. Поскольку каждый ИПЭ обладает задержкой τ , то хранение информации (память) можно реализовать с помощью замкнутого пути (рис. 5). По входу схемы $Y''1''$ записываются импульсы, которые хранятся в схеме. Количество записанных импульсов зависит от длины замкнутого пути.

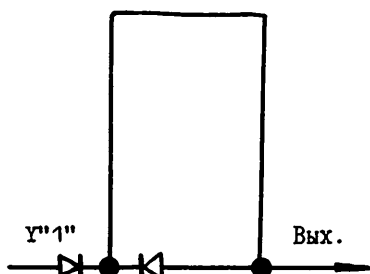


Рис. 5.

элемента 2 - входная переменная X . Если $x(t)=0$, то в момент $(t + 3 \tau)$ возбуждается элемент 4, т.е. $z_4(t+3 \tau)=1=\bar{x}(t)$. Если $x(t)=1$, то $z_4(t+3 \tau)=0=\bar{x}(t)$.

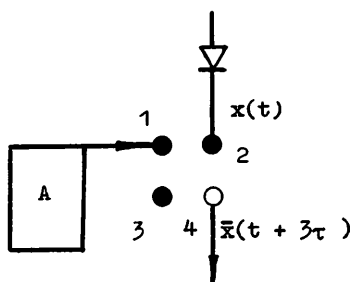


Рис. 6.

5. Операция отрицания может быть реализована схемой, показанной на рис. 6. В постоянную память A записана последовательность импульсов, соответствующая последовательности тактов, в которые переменная X воздействует на схему отрицания. Тогда в некоторый такт t на вход элемента 1 приходит импульс из памяти A , а на вход

6. Пересечение каналов информации без их взаимодействия осуществляется при использовании временных сдвигов между импульсами различных каналов. Временные диаграммы работы каналов в точке их пересечения с учетом длины пути до точки пересечения позволяют задать временной сдвиг между импульсами каналов так, чтобы импульсы попарно не совпадали.

Схема (рис. 7) реализует следующие функции: $z_3(t+6 \tau) = z_1(t) \& \bar{z}_2(t)$; $z_4(t+6 \tau) = \bar{z}_1(t) \& z_2(t)$. Если осуществить временной сдвиг между импульсами каналов x_1 и x_2 не менее чем на 5τ , то эта схема будет схемой пересечения каналов без взаимодействия.

7. Поскольку различные пути между двумя фиксированными элементами такой среды отличаются друг от друга четным числом элементов, то для построения путей между фиксированными элементами как четной, так и нечетной длины в качестве единицы длины пути необходимо выбирать четное число элементов.

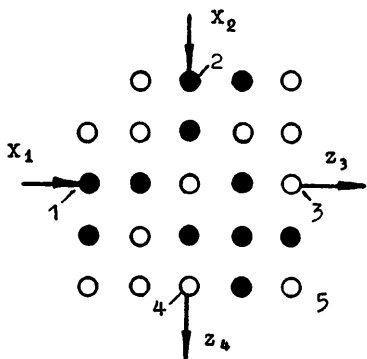


Рис. 7.

8. Благодаря групповому взаимодействию элементов, в такой среде возможно возбуждение и тех элементов, к которым путь от источника сигнала не настроен. Например (рис. 2), при возбуждении элемента В через некоторое время возбудятся не только элементы А и С, но и элемент D.

9. До момента внешнего возбуждения такая среда будет находиться в состоянии покоя, т.е. для всех элементов $z = 0$ при любой настройке y .

Нетрудно показать, что в среде с вышеперечисленными свойствами можно построить любой конечный автомат.

Рассмотрение схем различных функций позволяет сделать некоторую оценку сложности и быстродействия схем, построенных в такой ВС.

Для реализации схем, сложность которых не зависит от алгоритма работы, требуется:

1. для канала $d \cdot l \geq 31$ элементов, где l - длина, d - диаметр канала,
2. для схемы "&" - 1 элемент,
3. для схемы "и" - 8 элементов,
4. для схемы $\vee 1$ ($\vee 2$) - 20(34) элементов,
5. для схемы (рис. 7) - 24 элемента.

Для схемы $\vee 1$ так же, как и для канала передачи информации, временной интервал между входными импульсами должен быть не менее 3τ , а для схемы $\vee 2$ - не менее 7τ . Для схемы (рис. 7), используемой для реализации пересечения каналов, минимальный интервал между импульсами должен быть не менее 11τ .

Из приведенных свойств ВС, построенной из ИПЭ, можно сделать следующие выводы.

1. В такой ВС возможна реализация функций, удовлетворяющих условиям автоматной и соединительной полноты, причем выполнение некоторых функций возможно только при групповом взаимодействии элементов ВС и при учете временных диаграмм работы схем, реализуемых в ВС. Количество информации настройки на один ИПЭ равно 1 биту.

2. ИПЭ осуществляет совмещение выполняемых функций:

а) при $y = 1$ ИПЭ реализует операцию дизъюнкции и соединительные элементы типа Р и D с задержками [2], однако для последнего необходимо использовать временное разделение информации, приходящей по разным каналам,

б) при $y = 0$ ИПЭ реализует операцию конъюнкции и соединительный элемент типа 0.

3. Рассмотренные свойства данного варианта ВС являются в достаточной степени характерными для ВС, построенных из ИПЭ (например, функции, выполняемые ИПЭ с порогом $\gamma=1$ или $\gamma=3$, с помощью настройки легко сводятся к функциям, выполняемым ИПЭ с $\gamma=2$).

Л и т е р а т у р а

1. Э.В. Евреинов. О микроструктуре элементарных машин вычислительной системы. - Вычислительные системы. Новосибирск, 1962, вып. 4.
2. Э.В. Евреинов. Теоретические основы построения универсальных вычислительных сред. - Вычислительные системы, Новосибирск, 1965, вып. 16.