



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3889428/24-24  
(22) 24.04.85  
(46) 30.09.86. Бюл. № 36  
(72) А.П.Мальшев и С.М.Окулов  
(53) 681.3(088.8)  
(56) Авторское свидетельство СССР  
№ 610105, кл. G 06 F 7/00, 1975.  
Авторское свидетельство СССР  
№ 851398, кл. G 06 F 7/00, 1979.  
Авторское свидетельство СССР  
№ 1013943, кл. G 06 F 7/00, 1982.  
Фет Я.И. Параллельные процессо-  
ры для управляющих систем. М.:  
Энергоиздат, 1981; с. 41.  
(54) ЯЧЕЙКА ОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ  
(57) Изобретение предназначено для  
использования в ассоциативных парал-  
лельных процессорах для обработки и  
преобразования структур данных. Цель  
изобретения - повышение быстродей-  
ствия за счет выделения в одной мик-

рооперации элементов массива, попадающих в заданный числовой интервал, равных границам интервала, больших верхней границы интервала, меньших нижней границы интервала. Ячейка однофазной среды содержит триггер, шесть элементов И, два элемента НЕ, три элемента ИЛИ, элемент И-ИЛИ и коммутатор. Ячейка однородной среды выполняет следующие виды информационного поиска за одну микрооперацию: а) поиск элементов массива, попадающих в заданный числовой интервал  $X_n$ ,  $X_b$ , равных границам интервала, больших верхней границы интервала  $X_b$ , меньших нижней границы интервала  $X_n$ ; б) поиск максимального и минимального элементов в двух массивах; в) поиск всех больших, меньших, равных элементов массива по отношению ко входной переменной  $X$ . 2 ил.

Изобретение относится к цифровой вычислительной технике и может быть использовано в ассоциативных параллельных процессах для обработки данных.

Целью изобретения является повышение быстродействия ячейки однородной среды за счет выделения в одной микрооперации элементов массива, попадающих в заданный числовой интервал, равных границам интервала, больших верхней границы интервала, меньших нижней границы интервала.

На фиг. 1 приведена функциональная схема предлагаемой ячейки однородной среды; на фиг. 2 - график изменения значений сигналов  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $W$ .

Ячейка включает: элементы НЕ 1 и 2, элементы И 3-8; триггер 9, элементы ИЛИ 10-12, коммутатор 13, элемент И-ИЛИ 14, настроечные входы 15-17, вход записи 18, информационные входы 19-22, настроечные выходы 23-25, информационные выходы 26-27.

При формировании из предлагаемых ячеек однородной структуры размером  $n \times m$ , где  $n$  - количество столбцов, а  $m$  - количество строк, настроечные выходы 23-25 каждой ячейки соединяются с настроечными входами 17, 16, 15 соответственно соседней справа ячейки, а информационные выходы 26 и 27 - с информационными входами 29 и 19 соответственно соседней снизу ячейки. Информационные входы 21 и 22 являются общими для всех ячеек, образующих столбец, а вход записи 18 является общим для всех ячеек, образующих строку.

Предлагаемая ячейка однородной среды реализует функции:

$$Z_1' = Z_1 \vee X_n \vee Z_1 \bar{a} \vee Z_1 W; \quad (1)$$

$$Z_2' = Z_2 \bar{a} X_n \vee Z_2 \bar{a} X_n; \quad (2)$$

$$W' = W \vee Z_1 \bar{a} X_n \vee Z_2 \bar{a} X_n; \quad (3)$$

$$Y_1' = Y_1 \vee Z_1 \bar{a}; \quad (4)$$

$$Y_2' = Y_2 \vee Z_2 \bar{a}; \quad (5)$$

где  $a$  - состояние триггера 9 (разряд двоичного слова  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , занимающего строку длиной  $n$  однородной структуры, старшими разрядами слева);

$X_n, X_0$  - соответственно значения разрядов нижней  $X_n = \{X_{n1}, X_{n2}, \dots, X_{nn}\}$  и верхней  $X_0 = \{X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n}\}$  границ

интервала, подаваемые на информационные входы 21 и 22 ячеек однородной структуры, всегда  $X_n \geq X_0$ ;

5  $Z_1, Z_2, W$  - значения переменных на соответствующих настроечных входах 17, 15, 16 ячейки;

10  $Z_1', Z_2', W'$  - значения переменных на соответствующих настроечных выходах 23, 25, 24 ячейки;

$Y_1, Y_2$  - значения переменных на информационных входах 19 и 20 соответственно;

15  $Y_1', Y_2'$  - значения переменных на информационных выходах 27 и 26 соответственно.

Входы  $Y_1$  и  $Y_2$  ячеек первой строки однородной структуры являются установочными и на них постоянно подан сигнал "0".

Ячейка однородной среды при выполнении микроопераций работает следующим образом.

25 **Запись информации.** Прямой код записываемого двоичного слова  $A$  подается поразрядно на входы 21, а инверсный код - на входы 22 соответствующих столбцов однородной структуры. Одновременно на входы записи 18 всех ячеек выбранной строки подается сигнал записи.

30 **Считывание информации.** Для выполнения считывания необходимо в каждом столбце однородной структуры соединить выход 26 ( $Y_2'$ ) самой нижней ячейки через схему НЕ с входами 22 всех ячеек этого столбца, а выход 27 ( $Y_1'$ ) - с входами 21 всех ячеек этого столбца. Ячейка позволяет

35 производить считывание информации одновременно из двух строк однородной структуры на выходах  $Y_1'$  и  $Y_2'$  последней строки, причем на выходах  $Y_2'$  информация в инверсном коде. На входы 17, 15, 16 крайнего левого столбца однородной структуры подаются граничные сигналы  $Z_1=1, Z_2=W=0$  (выход  $Y_1'$ ) и  $Z_1=W=0, Z_2=1$  (выход  $Y_2'$ ) для считываемых строк и граничные сигналы  $Z_1=Z_2=W=0$  или  $W=1$  для остальных строк однородной структуры.

40 **Разбиение массива** из  $m$  двоичных слов  $A$  на подмножества, в которые входят  $A > X_0, A < X_n, X_n < A < X_0, A = X_n, A = X_0$ .

В этом случае на входы 17, 15 и 16 всех ячеек первого (крайнего

левого) столбца однородной структуры соответственно подаются граничные сигналы  $Z_1=Z_2=1$ ,  $W=0$ ; на входы 21 и 22 ячеек каждого столбца соответственно границы интервала  $X_n$ ,  $X_b$ , поразрядно, старшими разрядами слева. Каждая ячейка однородной среды может изменять значения  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $W$  на своих выходах (фиг. 2) в соответствии с выражениями (1)-(3).

Таким образом, после окончания переходных процессов на выходах 23, 25, 24 ячеек последнего столбца однородной структуры появятся вектора признаков  $V=\{Z_1, Z_2, W\}$ , которые указывают на принадлежность двоичных слов  $A$  одному из подмножеств

$$\begin{aligned} V=001, & \quad A > X_b; \\ V=101, & \quad A < X_n; \\ V=000, & \quad X_n < A < X_b; \\ V=100, & \quad A = X_n; \\ V=010, & \quad A = X_b \end{aligned}$$

Поиск всех больших, меньших и равных сводится к предыдущему разбиению массива из  $m$  двоичных слов  $A$ , если положить  $X_n=X_b=X$ . На входы 17, 15, 16 всех ячеек первого столбца однородной структуры соответственно подаются граничные сигналы

$$Z_1=Z_2=1, \quad W=0, a,$$

а на входы 21 и 22 ячеек каждого столбца поразрядно - значение  $X$ . Тогда после окончания переходных процессов на выходах 23, 25, 24 ячеек последнего столбца вектор  $V$  имеет следующие значения:

$$\begin{aligned} V=001, & \quad A > X; \\ V=101, & \quad A < X; \\ V=110, & \quad A = X \end{aligned}$$

Поиск минимального и максимального элементов массива. Для выполнения этой микрооперации необходимо в каждом столбце однородной структуры выходы 26 и 27 самой нижней ячейки соединить соответственно с входами 22 через схему НЕ всех ячеек того же столбца и с входами 21 всех ячеек того же столбца.

Существуют модификации этой микрооперации.

Поиск минимального элемента в массиве из  $m$  двоичных слов  $A$ . На входы 17, 16, 15 всех ячеек первого столбца однородной структуры соответственно подаются граничные сигналы  $Z_1=W=0$ ,  $Z_2=1$ . Если  $a_i=1$ ;  $X_{a_i}=0$ ;  $i=$

$=1, n$ , то в цепи  $Z_2$  появляется сигнал "0" и данная строка исключается из поиска. Ситуация  $a_i=0$ ,  $X_{a_i}=1$  возникнуть не может, так как если  $b_i$  -м столбце однородной структуры хотя бы в одной ячейке  $a_i=0$ , то на входе 22 всех ячеек столбца  $X_{b_i}=\bar{y}_2=0$ . Тогда после окончания переходных процессов на выходах 23, 25, 24 ячеек последнего столбца вектор  $V$  имеет следующие значения:  $V=01X$   $Y$  двоичного слова  $A$ , имеющего минимальное значение в массиве из  $m$ ,  $V=00X$   $Y$  всех остальных слов массива, где  $X$  - неанализируемое значение разряда. На выходах 26 ячеек самой нижней строки находится инверсное значение минимального элемента в массиве из  $m$ .

Поиск максимального элемента в массиве из  $m$  двоичных слов  $A$ . На входы 17, 16, 15 всех ячеек первого столбца однородной структуры соответственно подаются граничные сигналы  $Z_1=1$ ,  $W=Z_2=0$ . Если  $a_i=0$ ;  $X_{a_i}=1$ , то в цепи  $W$  появляется сигнал "1", который так же сохраняется в цепи  $Z_1$  и данная строка исключается из поиска. Ситуация  $a_i=1$ ;  $X_{a_i}=0$  возникнуть не может, так как если  $b_i$  -м столбце однородной структуры хотя бы в одной ячейке  $a_i=1$ , то на входе 21 всех ячеек столбца  $X_{b_i}=y_1=1$ . Тогда после окончания переходных процессов на выходах 23, 25, 24 ячеек последнего столбца вектор  $V$  имеет следующие значения:  $V=100$  у двоичного слова  $A$ , имеющего максимальное значение в массиве из  $m$ ,  $V=101$  у всех остальных слов массива. На выходах 27 ячеек самой нижней строки находится значение максимального элемента в массиве из  $m$ .

Поиск максимального в массиве из  $r$  и минимального в массиве из  $g$  элементов,  $r+g=m$ .

Поиск максимального элемента осуществляется подачей на входы 17, 16, 15 ячеек первого столбца однородной структуры, принадлежащих массиву  $r$  элементов, граничных сигналов  $Z_1=1$ ,  $W=Z_2=0$ . Поиск минимального элемента осуществляется подачей на входы 17, 16, 15 ячеек первого столбца однородной структуры, принадлежащих массиву  $g$  элементов, граничных сигналов  $Z_1=W=0$ ,  $Z_2=1$ . Выполнение данной микрооперации аналогично предыдущим двум,

которые выполняются в двух массивах  $p$  и  $г$ .

Поиск ближайшего большего и ближайшего меньшего. Первой выполняется микрооперация поиска всех двоичных слов  $A$  больших, меньших и равных входной переменной  $X$ . Затем среди больших находят минимальное двоичное слово  $A_1$ , а среди меньших максимальное двоичное слово  $A_2$  выполнением микрооперации поиска минимального и максимального элементов массива. Таким образом, за две микрооперации находятся ближайшие большее ( $A_1$ ) и меньшее ( $A_2$ ) к входной переменной  $X$  двоичные слова  $A$  в массиве из  $m$ .

Классификация чисел (определение принадлежности входной переменной  $X$  интервалу). Если предположить, что в нечетных строках однородной структуры хранятся нижние границы  $A_n$ , а в четных — верхние границы  $A_b$  интервалов, причем всегда  $A_b > A_n$ , то, выполняя микрооперацию поиска всех больших, меньших и равных элементов в строках однородной структуры относительно входной переменной  $X$ , можно осуществлять операцию определения принадлежности входной переменной  $X$  интервалу. В этом случае анализируется результат операции — вектор  $B$  сразу в двух соседних строках, хранящих один интервал  $[A_n, A_b]$ ;  $V_{неч} = 101$ ;  $V_{чет} = 001$ , для  $A_n < X < A_b$ . При других комбинациях векторов  $V_{неч}$ ,  $V_{чет}$ , входная переменная  $X$  не попадает в интервал  $[A_n, A_b]$ , включая и его границы.

Пересечение интервалов. Если предположить так же, что в нечетных строках однородной структуры хранятся нижние границы  $A_n$ , а в четных — верхние границы  $A_b$  интервалов, то, выполняя микрооперацию разбиения массива строк однородной структуры на множества относительно границ интервала  $[X_n, X_b]$  (входных переменных), можно определить пересечение интервалов  $[X_n, X_b]$  и  $[A_n, A_b]$ . Вектор  $B$  на выходах строк однородной структуры анализируется сразу в двух соседних строках, хранящих один интервал  $[A_n, A_b]$

$V_{неч} = 101$ ,  $V_{чет} = 000$ ,  $A_n < X_n$ ,  $X_n < A_b < X_b$ ,  
 $[A_n, A_b] \cap [X_n, X_b] = [X_n, A_b]$ ;  
 $V_{неч} = 000$ ,  $V_{чет} = 001$ ,  $X_n < A_n < X_b$ ,  $A_b > X_b$ ,  
 $[A_n, A_b] \cap [X_n, X_b] = [A_n, X_b]$ ;

$V_{неч} = 101$ ,  $V_{чет} = 001$ ,  $A_n < X_n$ ,  $A_b > X_b$ ;  
 $[A_n, A_b] \cap [X_n, X_b] = [X_n, X_b]$ ;  
 $V_{неч} = 000$ ,  $V_{чет} = 000$ ,  $X_n < A_n < X_b$ ,  $X_n < A_b < X_b$ ,  
 $[A_n, A_b] \cap [X_n, X_b] = [A_n, A_b]$ ;  
 $V_{неч} = 101$ ,  $V_{чет} = 101$ ,  $A_n < X_n$ ;  $A_b < X_n$  и  
 $V_{неч} = 001$ ,  $V_{чет} = 001$ ,  $A_n > X_b$ ,  $A_b > X_b$   
 $[A_n, A_b] \cap [X_n, X_b] = \phi$ .

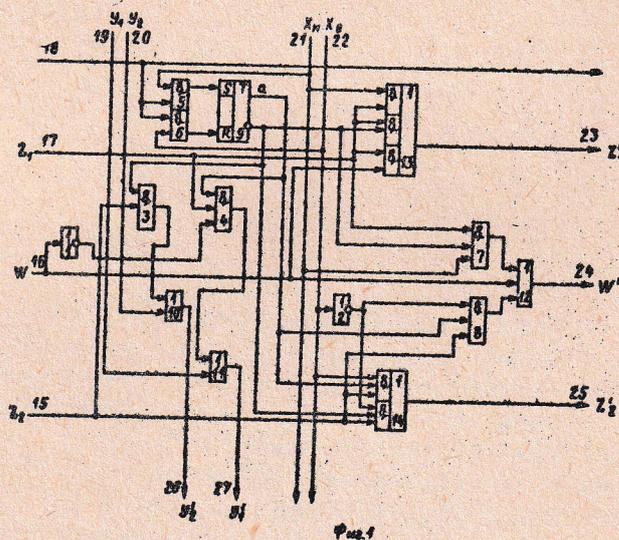
Число ситуаций пересечений интервалов  $[A_n, A_b]$ ,  $[X_n, X_b]$  легко расширить на случаи совпадения границ интервалов. Однородная структура, собранная на предлагаемых ячейках, обладает повышенным быстродействием, так как позволяет выделять за одну микрооперацию элементы массива, попадающие в заданный числовой интервал, равные границам интервала, большие верхней границы интервала, меньшие нижней границы интервала. Кроме того, данная однородная структура дает возможность проводить поиск максимального или минимального элемента массива, поиск максимального или минимального элементов в двух отдельных массивах одновременно, поиск всех больших, меньших и равных элементов массива по отношению к входной переменной  $X$ , одновременный поиск ближайшего большего и ближайшего меньшего к входной переменной  $X$  элементов массива за две микрооперации. Если положить, что в каждой паре соседних строк (нечетной, четной) хранятся соответственно нижние  $A_n$  и верхние  $A_b$  границы интервалов  $[A_n, A_b]$ , то однородная структура позволяет выполнять операцию классификации чисел, т.е. определять принадлежность входной переменной  $X = X_n = X_b$  интервалам  $[A_n, A_b]$ ,  $X \in [A_n, A_b]$ , а также операцию нахождения пересечений интервалов  $[A_n, A_b]$ , хранящихся в строках однородной структуры и входного интервала  $[X_n, X_b]$ ,  $[A_n, A_b] \cap [X_n, X_b]$ , причем устанавливается не только факт пересечения, но и все возможные виды пересечений.

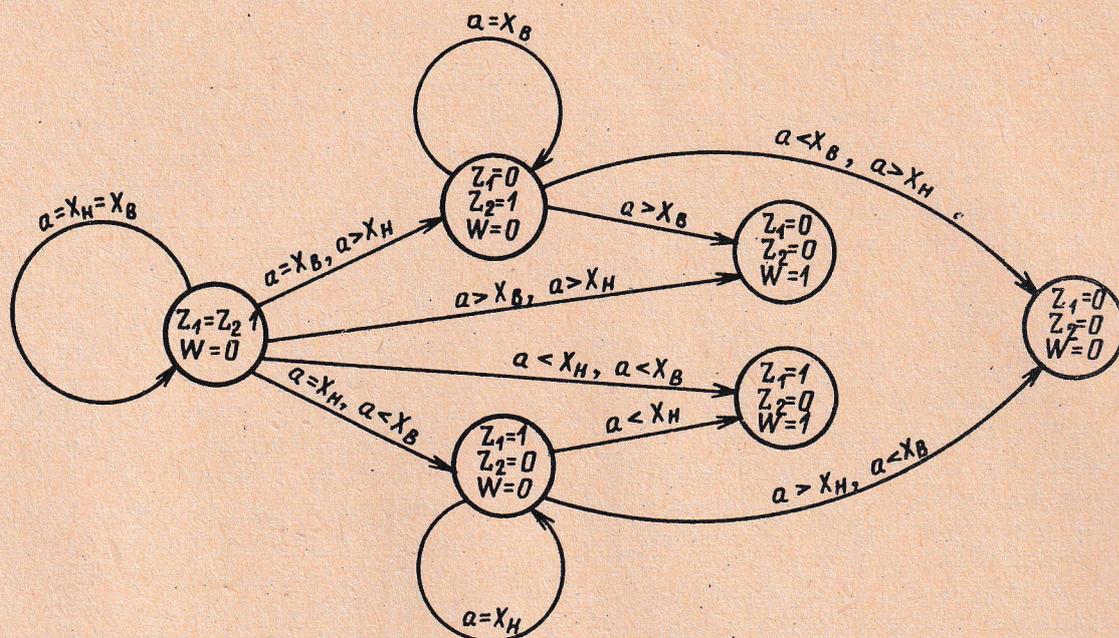
#### 50 Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Ячейка однородной среды, содержащая первый, второй, третий и четвертый элементы И, первый, второй, третий элементы ИЛИ, первый элемент НЕ и триггер, причем первый информационный вход ячейки соединен с входом первого элемента НЕ, выход которого соединен с первым

входом первого элемента И, второй вход которого соединен с первым настроечным входом ячейки, а третий вход первого элемента И соединен с прямым выходом триггера, инверсный выход которого соединен с первым входом второго элемента И, второй вход которого соединен с вторым информационным входом ячейки, второй настроечный вход которой соединен с третьим входом второго элемента И, выход которого соединен с первым входом первого элемента ИЛИ; второй вход которого соединен с выходом первого элемента И, а третий вход первого элемента ИЛИ соединен с третьим настроечным входом ячейки, первый настроечный выход которой соединен с выходом первого элемента ИЛИ, отличающаяся тем, что, с целью увеличения быстродействия ячейки, в нее введены второй элемент НЕ, пятый и шестой элементы И, элемент И-ИЛИ и коммутатор, причем вход записи ячейки соединен с первыми входами третьего и четвертого элементов И, вторые входы которых соединены с первым и вторым информационными входами ячейки соответственно, выходы третьего и четвертого элементов И соединены с нулевым и единичным входами триггера соответственно, прямой выход которого соединен с первым входом пятого элемента И, второй вход которого соединен с вторым настроечным входом ячейки, третий настроечный вход которой соединен с входом второго

элемента НЕ, выход которого соединен с третьим входом пятого элемента И, выход которого соединен с первым входом второго элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с третьим информационным входом ячейки, четвертый информационный вход которой соединен с первым входом третьего элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с выходом шестого элемента И, первый вход которого соединен с первым настроечным входом ячейки, второй вход шестого элемента И соединен с инверсным выходом триггера и первым входом элемента И-ИЛИ, второй вход которого соединен с выходом первого элемента НЕ, третий и четвертый входы элемента И-ИЛИ соединены с первым настроечным входом ячейки, первый информационный вход которой соединен с пятым входом элемента И-ИЛИ, шестой вход которого соединен с прямым выходом триггера, а выход элемента И-ИЛИ является вторым настроечным выходом ячейки, третий настроечный выход которой соединен с выходом коммутатора, управляющие входы которого соединены с инверсным выходом триггера, вторым информационным и третьим настроечным входами ячейки соответственно, информационные входы коммутатора соединены с вторым настроечным входом ячейки, первый и второй информационные выходы которой соединены с выходами второго и третьего элементов ИЛИ.





Фиг. 2

Редактор Т. Парфенова      Составитель О. Березикова      Корректор М. Максимашинец  
 Техред А. Кравчук

Заказ 5232/49

Тираж 671

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4