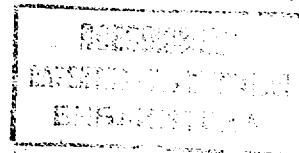




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГНТ СССР

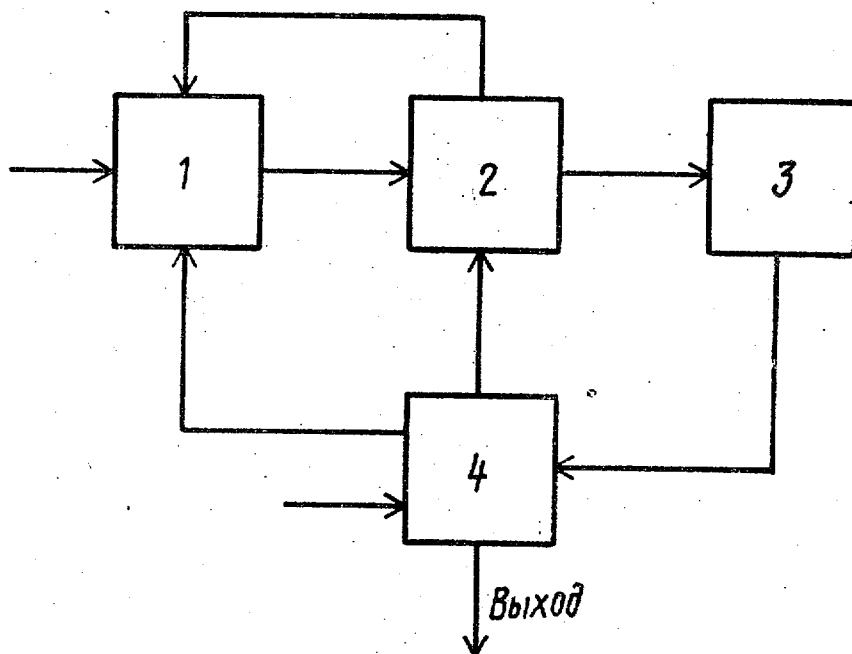
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 4465062/24-24
(22) 27.07.88
(46) 23.03.90. Бюл. № 11
(71) Минский радиотехнический институт
(72) И.Н. Бондарь, В.М. Дашенков,
Д.В. Кузьмицкий и В.П. Шмерко
(53) 681.325 (088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 959064, кл. G 06 F 7/00, 1979.
Авторское свидетельство СССР
№ 955027, кл. G 06 F 7/00, 1979.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ
НА ЛИНЕЙНОСТЬ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ
(57) Изобретение относится к цифровой

2
вычислительной технике и может быть
использовано для аппаратной поддержки
вычислений в комплексах автоматизиро-
ванного проектирования дискретных
устройств, обработки изображений,
сжатия данных, в системах синтеза
топологии БИС и СБИС. Целью изобре-
тения является расширение функциональ-
ных возможностей за счет распознава-
ния на линейность булевых функций,
заданных в обобщенной арифметической
полиномиальной форме. Указанная цель
достигается тем, что устройство со-
держит коммутатор 1, блок 2 регист-
ров, вычислительный блок 3 и блок 4
управления. 6 ил., 1 табл.



Фиг. 1

Изобретение относится к цифровой вычислительной технике и может быть использовано для аппаратной поддержке вычислений в комплексах автоматизированного проектирования дискретных устройств, обработки изображений, сжатия данных, в системах синтеза топологии БИС и СБИС.

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей за счет распознавания на линейность булевых функций, заданных в обобщенной арифметической полиномиальной форме.

На фиг. 1 представлена схема устройства; на фиг. 2 - схема коммутатора; на фиг. 3 - функциональная схема узла мультиплексоров; на фиг. 4 - схема блока регистров; на фиг. 5 - схема вычислительного блока; на фиг. 6 - схема блока управления.

Устройство содержит коммутатор 1, блок 2 регистров, вычислительный блок 3 и блок 4 управления. Коммутатор 1 содержит $2^{n-1} - 1$ узлов 5 мультиплексоров, где n - число переменных булевых функций. Блок 2 регистров содержит 2^n регистров 6. Вычислительный блок 3 содержит 2^{n-1} вычитателей 7, $2^{n-1} - 1$ элементов 8 сравнения и элемент И 9. Блок 4 управления содержит генератор 10 тактовых импульсов, элемент И 11, элемент И-НЕ 12, счетчик 13, дешифратор 14 и триггер 15.

Арифметическая полиномиальная форма булевой функции $f(x)$ имеет следующий вид:

$$P(x) = p_0 + p_1 x_n + p_2 x_{n-1} + \dots + p_{2^{n-1}} x_1 \dots x_n = \sum_{i=0}^{2^{n-1}} p_i x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_{n-1}^{i_{n-1}} x_n^{i_n}, \quad (1)$$

где $p_i \in Z$ ($i = 0, 2^n - 1$),

Z - множество целых чисел таких, что значение $P(x) \in \{0, 1\}$ на любом наборе переменных,

$x_i^1 \equiv x_i$,
 $x_i^0 \equiv 1$,
 i_1, i_2, \dots
 i_{n-1}, i_n

- n -разрядный двоичный код представления параметра i .

Арифметическая полиномиальная форма $P(x)$ булевой функции $f(x)$ опреде-

ляется вектором коэффициентов $P = [p_0, p_1, \dots, p_{2^n-1}]^T$, который является результатом выполнения конъюнктивного преобразования над вектором значений $X_f = [x^{(0)} x^{(1)} \dots x^{(2^n-1)}]^T$ булевой функции $f(x)$.

$$P = K_{2^n} X_f, \quad (2)$$

где K_{2^n} - матрица конъюнктивного преобразования размерности $2^n \times 2^n$, формируемая по правилу

$$K_{2^n} = K_{2^1} \otimes K_{2^{n-1}},$$

$$K_{2^1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

где \otimes - символ кронекеровского произведения.

Обобщенная арифметическая полиномиальная форма задает уже систему (кортеж) булевых функций, упорядоченную пространственно. Эта система записывается в виде

$$f_{m-1}(x) * f_{m-2}(x) * \dots * f_0(x),$$

Если j -ю функцию кортежа ($j = 0, m-1$) представить в виде арифметической полиномиальной формы $P_j(x)$, затем умножить на весовой множитель 2^j и полученные с весами полиномы сложить, то результатом является обобщенная арифметическая полиномиальная форма $D(x)$, где

$$D(x) = \sum_{j=0}^{m-1} 2^j P_j(x) = \sum_{j=0}^{m-1} d_j x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_{n-1}^{i_{n-1}} x_n^{i_n}. \quad (4)$$

Обобщенная арифметическая полиномиальная форма системы булевых функций $D(x)$ однозначно представляется вектором коэффициентов $D = [d_0, d_1, \dots, d_{2^n-1}]^T$.

Линейная обобщенная арифметическая полиномиальная форма системы булевых функций $f_j(x)$ ($j = 0, m-1$) имеет следующий вид:

$$LD(x) = 1_0 + 1_1 x_n + 1_2 x_{n-1} + \dots + 1_n x_1 = 1_0 + \sum_{i=1}^n 1_i x_{n-i+1}. \quad (5)$$

Из (5) видно, что обобщенная арифметическая полиномиальная форма является линейной, если в ее состав входят только слагаемые, определяемые лишь одной булевой переменной x_i ($i = \overline{1, n}$).

Таким образом, если коэффициенты обобщенной арифметической полиномиальной формы $D(x)$ удовлетворяют условию

$$\begin{aligned} d_i &= 0 \text{ для } i \neq 2^\omega, \omega = \overline{0, n-1}, \\ i &= 0, 2^n - 1, \end{aligned} \quad (6)$$

то данная обобщенная арифметическая полиномиальная форма системы булевых функций является линейной.

Линейная обобщенная арифметическая полиномиальная форма системы булевых функций однозначно определяется вектором коэффициентов $LD = [1_0, 1_1, \dots, 1_n]^T$. Характерным свойством является то, что этот вектор коэффициентов содержит всего $n + 1$ элемент, тогда как вектор коэффициентов нели-

нейной обобщенной арифметической полиномиальной формы содержит 2^n элементов. Это свойство определяет целесообразность использования линейной обобщенной арифметической полиномиальной формы, позволяющей сократить объем вычислений при обработке и объем памяти при хранении векторов коэффициентов. Таким образом, возникает необходимость распознавания на линейность обобщенных арифметических полиномиальных форм, заданных своими векторами значений X_D .

Для обобщенной арифметической полиномиальной формы системы булевых функций между вектором значений X_D и вектором коэффициентов D существует взаимно однозначное соответствие, определяемое выражением

$$D = K_{2^n} X_D. \quad (7)$$

Из (7) следует, что в общем случае условие линейности обобщенной арифметической полиномиальной формы имеет вид

$$\begin{cases} x^{(0)} - x^{(1)} = x^{(2)} - x^{(3)} = x^{(4)} - x^{(5)} = \dots = x^{(2^n - 2^{i-1})} - x^{(2^n - 2^i)}, \\ x^{(0)} - x^{(2)} = x^{(4)} - x^{(6)} = \dots = x^{(2^n - 2^{i-1})} - x^{(2^n - 2^i)}, \\ \dots \\ x^{(0)} - x^{(2^{n-2})} = x^{(2^n - 2^{n-1})} - x^{(2^n - 2^{n-2})} \end{cases} \quad (8)$$

Вычислительный блок 3 работает следующим образом. Элементы вектора значений $X_D \{x^{(0)}, x^{(1)}, \dots, x^{(2^n-1)}\}$ поступают на входы вычитателей 7, в которых формируются значения разностей поступивших элементов $x^{(2^{i-1})} - x^{(2^i)}$. С выходов вычитателей 7_i значения разностей $x^{(2^{i-1})} - x^{(2^i)}$ передаются на входы элементов 8_{i-1} и 8_i сравнения, с выхода которых сигнал равенства операндов на входах (высокий логический уровень) поступает на вход элемента И 9, на выходе которого формируется высокий логический уровень в случае высоких логических уровней на всех его входах.

Дешифратор 14 предназначен для формирования сигналов на своих выходах в соответствии с таблицей.

Блок 4 управления работает следующим образом. В момент времени t_1 высокий логический уровень напряжения поступает на вход запуска гене-

ратора 10 тактовых импульсов, а также на первый вход счетчика 13, в который записывается число $2^k - n$, код этого числа с выходов счетчика 13 поступает на входы дешифратора 14, на выходах которого формируются низкие логические уровни напряжения в соответствии с таблицей.

В момент времени t_2 на выходе генератора 10 формируется тактовый импульс, поступающий через элемент И 11 на второй вход счетчика 13. Счетчик 13 переходит в состояние $2^k - n + 1$, код с выходов счетчика 13 поступает на входы дешифратора 14, на выходах которого формируются сигналы в соответствии с таблицей.

В моменты времени t_4 и t_5 работа блока 4 управления происходит аналогично работе в момент времени t_2 , только счетчик 13 переходит в состояния $2^k - n + 2$ и $2^k - n + 3$ соответственно.

В момент времени t_6 счетчик 13 при поступлении на его второй вход тактового импульса переходит из состояния $2^k - 1$ в состояние 0, и с его выхода сигнал переполнения поступает на входы элемента И-НЕ 12 и триггера 15, который переходит из нулевого в единичное состояние. С выхода элемента И-НЕ 12 сигнал фронта напряжения с низкого логического уровня на высокий поступает на вход останова генератора 10 тактовых импульсов.

Рассмотрим работу устройства для случая $n = 4$. Элементы вектора значений $X_D = [x^{(0)} x^{(1)} \dots x^{(15)}]^T$ поступают на информационные входы первой группы устройства. После поступления на вход режима блока 4 управления высокого логического уровня (момент времени t_1) в счетчик 13 записывается число, равное $2^k - n = 8 - 4 = 4$, ему соответствует код 100. следовательно, на первом выходе блока 4 управления формируются нулевые сигналы, которые передаются на управляющий вход коммутатора 1.

Выработанный генератором 10 тактовый импульс (момент времени t_2) поступает на вход записи регистров 6 и синхронизирует запись в регистры 6 элементов вектора значений X_D , поступающих с выхода коммутатора 1. Под действием этого тактового импульса счетчик 13 переходит из состояния 100 в состояние 101. Если выполняется $x^{(0)} - x^{(1)} = x^{(2)} - x^{(3)} = x^{(4)} - x^{(5)} = x^{(6)} - x^{(7)} = x^{(8)} - x^{(9)} = x^{(10)} - x^{(11)} = x^{(12)} - x^{(13)} = x^{(14)} - x^{(15)}$, то на выходе вычислительного блока 3 остается высокий логический уровень.

В момент времени t_4 тактовый импульс с второго выхода блока 4 управления передается на вход записи регистров 6 и синхронизирует запись в них элементов вектора значений X_D : $x^{(2)}$, $x^{(4)}$, $x^{(6)}$, $x^{(8)}$, $x^{(10)}$, $x^{(12)}$, $x^{(14)}$. Эти значения записываются в регистры 6_p ($p = 2, 8$), в остальные регистры блока 2 регистров записывается та же информация, которая была в них записана в момент времени t_2 . На выходе вычислительного блока 3 остается высокий логический уровень напряжения в случае выполнения $x^{(0)} - x^{(2)} = x^{(4)} - x^{(6)} = x^{(8)} - x^{(10)} = x^{(12)} - x^{(14)}$. Под действием этого же тактового импульса счетчик 13 переходит из состояния 101 в состояние 110.

В момент времени t_5 тактовый импульс с второго выхода блока 4 управления поступает на вход записи блока 2 регистров и синхронизирует запись в его регистры $6_2 - 6_4$ значений элементов $x^{(4)}$, $x^{(8)}$, $x^{(12)}$ вектора X_D . Содержимое остальных регистров блока 2 регистров остается без изменения. Если выполняется $x^{(6)} - x^{(4)} = x^{(8)} - x^{(12)}$, то на выходе вычислительного блока 3 сохраняется высокий логический уровень напряжения. Счетчик 13 переходит из состояния 110 в состояние 111.

В момент времени t_6 тактовый импульс поступает на счетный вход счетчика 13, который при этом переходит из состояния 111 в состояние 000 и формирует сигнал переполнения. Сигнал переполнения поступает на вход триггера 15 и переводит его в единичное состояние, а также поступает на вход элемента И-НЕ 12 и далее на вход останова генератора 10 тактовых импульсов.

Таким образом, наличие единичного состояния триггера 15 при остановленном генераторе 10 тактовых импульсов свидетельствует о линейности распознаваемой обобщенной арифметической полиномиальной формы.

Если обобщенная арифметическая полиномиальная форма не является линейной, то на этапе распознавания (например, в момент времени t_3) не выполняется одно из равенств (7). При этом на выходе вычислительного блока 3 формируется низкий логический уровень напряжения, этот сигнал поступает на вход режима блока 4 управления и далее на вход элемента И-НЕ 12, с выхода которого высокий логический уровень напряжения передается на вход останова генератора 10. Таким образом, наличие нулевого состояния триггера 15 при остановленном генераторе 10 тактовых импульсов свидетельствует о непринадлежности распознаваемой обобщенной арифметической полиномиальной формы к классу линейных.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для распознавания на линейность булевых функций, содержащее коммутатор, вычислительный блок и блок управления, отличающееся тем, что, с целью расши-

рения функциональных возможностей за счет распознавания на линейность булевых функций, заданных в обобщенной арифметической полиномиальной форме, оно содержит 2^n регистров (где n - число переменных булевых функций), причем входы вектора значений обобщенного арифметического полинома устройства подключены соответственно к информационным входам первой группы коммутатора, выходы с первого по 2^n -й которого подключены соответственно к информационным входам регистров с первого по 2^n -й, выходы регистров с первого по $(2^{n-1} - 1)$ -й подключены соответственно к информационным входам второй группы

коммутатора и соответственно к информационным входам первой группы вычислительного блока, выходы регистров с 2^{n-1} -го по 2^n -й подключены соответственно к информационным входам второй группы вычислительного блока, выход которого подключен к входу режима блока управления, первый, второй и третий выходы которого подключены соответственно к управляющему входу коммутатора, к входам записи всех регистров и к выходу признака линейности распознаваемой обобщенной арифметической полиномиальной формы устройства, вход запуска которого подключен к входу запуска блока управления.

Код на входе	Входы					Выходы												
	1	2	...	$n-2$	$n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	...	$2^{k-1}-1$	2^{k-1}	...	2^k-1
0	0	0	...	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	...	X
1	0	0	...	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	...	X	X	...	X
...																		
2^k-n	.	.	...	.	.	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	...	0
2^k-n+1	.	.	...	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	...	1
2^k-n+2	.	.	...	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	0	...	0
...																		
2^k-3	1	1	...	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	...	0	0	...	0
2^k-2	1	1	...	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	...	0	0	...	0
2^k-1	1	1	...	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	...	0

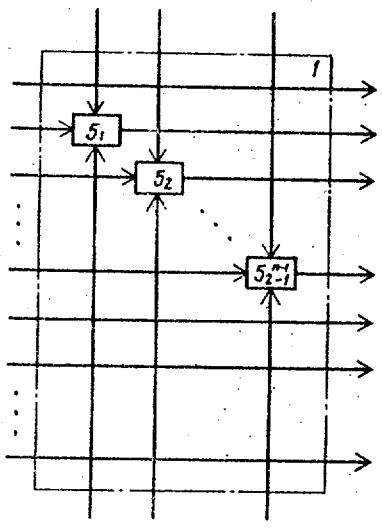


Fig. 2

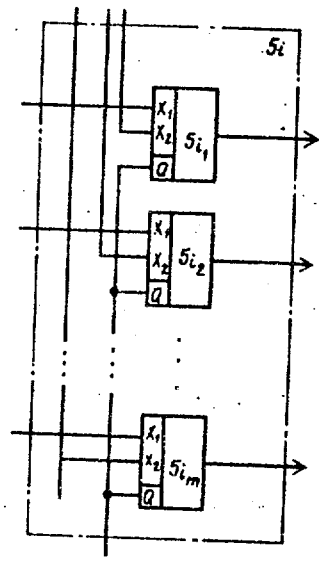
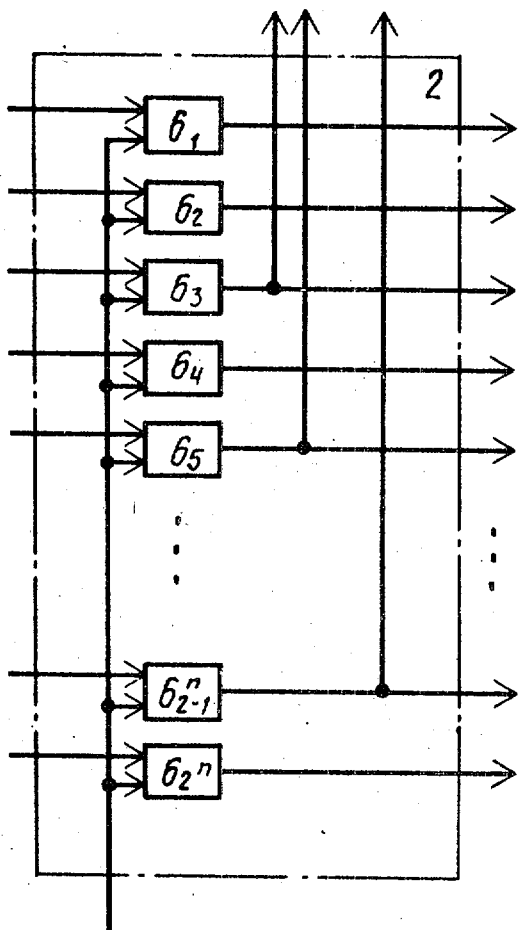
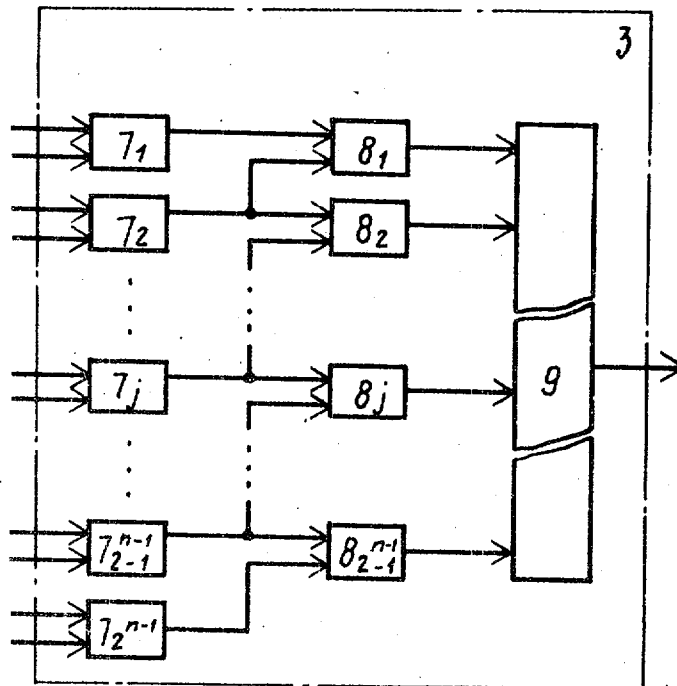


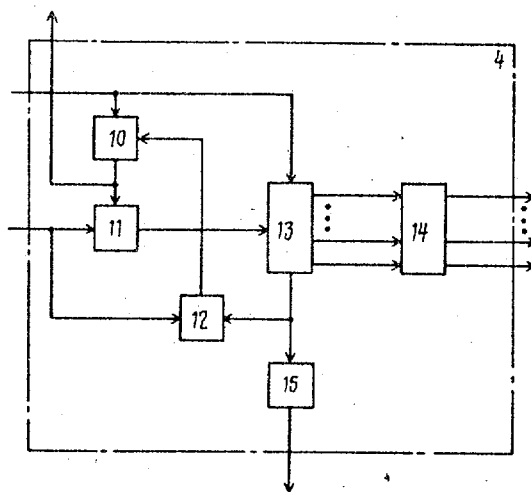
Fig. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Редактор В.Петраш Составитель В.Смирнов Техред Л.Олейник Корректор Э.Лончакова

Заказ 330 Тираж 561 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г.Ужгород, ул.Гагарина, 101