ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

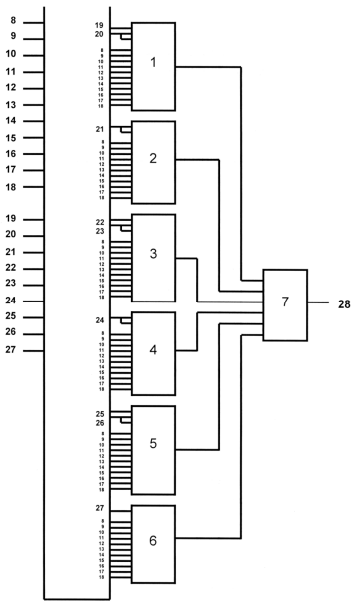
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **BY** (11) **14625**
(13) **C1**
(46) **2011.08.30**
(51) МПК
G 06F 7/00 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ СИММЕТРИЧЕСКИХ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ОДИННАДЦАТИ ПЕРЕМЕННЫХ

(21) Номер заявки: a 20091501
(22) 2009.10.22
(43) 2010.04.30
(71) Заявитель: Белорусский государственный университет (BY)
(72) Авторы: Городецкий Данила Андреевич; Седун Андрей Максимович; Супрун Валерий Павлович (BY)
(73) Патентообладатель: Белорусский государственный университет (BY)
(56) BY 2117 C1, 1998.
BY a 20090336, 2009.
BY a 20090250, 2009.
BY a 20081526, 2009.
BY 11028 C1, 2008.

(57)
Устройство для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных, содержащее элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, элемент И, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять и элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать, выход которого соединен с первым входом элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, второй вход которого соединен с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять, третий вход - с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь, четвертый вход - с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять, пятый вход - с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре и шестой вход - с выходом элемента И, а выход - с выходом устройства, i-й, где i = 1, 2,…, 11,



BY 14625 C1 2011.08.30

информационный вход которого соединен с i-м входом элемента И, с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать, с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять, с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь, с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять и с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре, двенадцатый вход которого соединен с первым настроечным входом устройства, второй настроечный вход которого соединен с тринадцатым и четырнадцатым входами элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре, третий настроечный вход - с двенадцатым и тринадцатым входами элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять, четвертый настроечный вход - с двенадцатым входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь, тринадцатый и четырнадцатый входы которого соединены с пятым настроечным входом устройства, шестой настроечный вход которого соединен с двенадцатым и тринадцатым входами элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять, седьмой настроечный вход - с двенадцатым входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать, тринадцатый и четырнадцатый входы которого соединены с восьмым настроечным входом устройства, девятый настроечный вход которого соединен с двенадцатым входом элемента И.

Изобретение относится к области вычислительной техники и микроэлектроники и предназначено для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных.

Известно устройство для вычисления симметрических булевых функций n переменных, которое содержит $n^2 + n + 1$ элементов И-НЕ, n элементов НЕ, n информационных и n + 1 настроечных входов, выход [1]. Конструктивная сложность устройства (по числу входов логических элементов) равна $3n^2 + 2n + 2$, а его быстродействие, определяемое глубиной схемы, составляет $(n + 2)\tau$, где τ - задержка на один логический элемент. Известное устройство (при n = 11) содержит 133 элемента И-НЕ и 11 элементов НЕ.

Основными недостатками известного устройства являются: 1) высокая конструктивная сложность, равная 387; 2) низкое быстродействие, которое составляет 13τ.

Наиболее близким по функциональным возможностям и конструкции техническим решением к предлагаемому является устройство для вычисления фундаментальных симметрических булевых функций n переменных, содержащее при n = 11 три элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, элемент И, мажоритарный элемент с порогом восемь и мажоритарный элемент с порогом десять [2].

Устройство-прототип, как и заявляемое устройство, содержит элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА и элемент И.

Недостатком устройства-прототипа являются ограниченные функциональные возможности, поскольку устройство не позволяет вычислить полиномиальные симметрические булевы функции одиннадцати переменных.

Изобретение направлено на решение технической задачи расширения функциональных возможностей устройства-прототипа за счет вычисления (реализации) полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных.

Устройство для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных содержит элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, элемент И, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять и элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать.

Выход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать соединен с первым входом элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, второй вход которого соединен с вы-

ходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять, третий вход - с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь, четвертый вход - с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять, пятый вход - с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре и шестой вход - с выходом элемента И, а выход - с выходом устройства.

Причем i-й, где i = 1, 2,…, 11, информационный вход устройства соединен с i-м входом элемента И, с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать, с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять, с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь, с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять и с i-м входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре.

Двенадцатый вход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре соединен с первым настроечным входом устройства, второй настроечный вход которого соединен с тринадцатым и четырнадцатым входами элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре, третий настроечный вход - с двенадцатым и тринадцатым входами элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять, четвертый настроечный вход - с двенадцатым входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь.

Тринадцатый и четырнадцатый входы элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь соединены с пятым настроечным входом устройства, шестой настроечный вход которого соединен с двенадцатым и тринадцатым входами элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять, седьмой настроечный вход - с двенадцатым входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать.

Тринадцатый и четырнадцатый входы элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать соединены с восьмым настроечным входом устройства, девятый настроечный вход которого соединен с двенадцатым входом элемента И.

Основной технический результат изобретения заключается в расширении функциональных возможностей устройства для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных за счет использования новых логических элементов (элементов ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогами четыре, пять, восемь, девять и одиннадцать), а также изменением соединений между элементами в логической схеме устройства.

На фигуре представлена логическая схема устройства для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных, а посредством таблицы представлена его настройка.

Устройство для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных содержит элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре 1, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом пять 2, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом восемь 3, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом девять 4, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом одиннадцать 5, элемент И 6, элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА 7, одиннадцать информационных входов 8…18, девять настроечных входов 19…27 и один выход 28.

Устройство для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных работает следующим образом. На информационные входы устройства 8…18 поступают (в произвольном порядке) значения переменных x_l, x_2,…, x_{11}, а на настроечные входы 19…27 - сигналы настройки u_0, u_1,…, u_8, значения которых принадлежат множеству {0,1}.

На выходе устройства 28 реализуется полиномиальная симметрическая булева функция $F = E_{11}^{k}(x_1, x_2, \ldots, x_{11})$, определяемая вектором настройки $u(F) = (u_0, u_1, \ldots, u_8)$, где k = 1, 2,…, 11.

Поясним принцип построения и работы устройства для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных.

Известно, что произвольная симметрическая булева функция n переменных $F = F(x_1, x_2,\ldots, x_n)$ с рабочими числами $a_1, a_2,\ldots, a_r$ $(0 \le r \le n + 1)$ принимает значение 1 на тех и только тех наборах значений переменных $X = \{x_1, x_2,\ldots, x_n\}$, которые содержат ровно a_j единиц, где $j = 1, 2,\ldots, r$. Такая булева функция обозначается $F = F_n^{a_1,a_2,\ldots,a_r}(X)$. Если $r = 1$, то симметрическая булева функция $F = F_n^a(x_1, x_2,\ldots, x_n)$ называется фундаментальной (или элементарной).

Симметрическая булева функция n переменных $F = F_n^{a_1,a_2,\ldots,a_r}(X)$ называется полиномиальной, если ее полином Жегалкина содержит только элементарные конъюнкции, ранг которых равен k $(1 \le k \le n)$. Полиномиальная симметрическая булева функция n переменных обозначается как $F = E_n^k(X)$. Очевидно, что полином Жегалкина функции $F = E_n^k(X)$ содержит C_n^k ("число сочетаний из n по k") элементарных конъюнкций ранга k, где $k = 1, 2,\ldots, n$.

Логическая схема (фигура) устройства для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных синтезирована на основе применения следующих аналитических представлений булевых функций $E_{11}^k(X) = E_{11}^k(x_1, x_2,\ldots, x_{11})$:

$$E_{11}^k(X) = F_{11}^1(X) \vee F_{11}^3(X) \vee F_{11}^5(X) \vee F_{11}^7(X) \vee F_{11}^9(X) \vee F_{11}^{11}(X),$$

$$E_{11}^2(X) = F_{11}^2(X) \vee F_{11}^3(X) \vee F_{11}^6(X) \vee F_{11}^7(X) \vee F_{11}^{10}(X) \vee F_{11}^{11}(X),$$

$$E_{11}^3(X) = F_{11}^3(X) \vee F_{11}^7(X) \vee F_{11}^{11}(X),$$

$$E_{11}^4(X) = F_{11}^4(X) \vee F_{11}^5(X) \vee F_{11}^6(X) \vee F_{11}^7(X),$$

$$E_{11}^5(X) = F_{11}^5(X) \vee F_{11}^7(X),\ E_{11}^6(X) = F_{11}^6(X) \vee F_{11}^7(X),$$

$$E_{11}^7(X) = F_{11}^7(X),\ E_{11}^8(X) = F_{11}^8(X) \vee F_{11}^9(X) \vee F_{11}^{10}(X) \vee F_{11}^{11}(X),$$

$$E_{11}^9(X) = F_{11}^9(X) \vee F_{11}^{11}(X),\ E_{11}^{10}(X) = F_{11}^{10}(X) \vee F_{11}^{11}(X),\ E_{11}^{11}(X) = F_{11}^{11}(X).$$

Первообразная функция устройства для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных имеет вид

$$F(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, u_0, u_1,\ldots, u_8) = F_{14}^4(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, u_0, u_1, u_1) \oplus$$
$$\oplus F_{13}^5(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, u_2, u_2) \oplus F_{14}^8(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, u_3, u_4, u_4) \oplus$$
$$\oplus F_{13}^9(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, u_5, u_5) \oplus F_{14}^{11}(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, u_6, u_7, u_7) \oplus x_1 x_2 \ldots x_{11} u_8.$$

Рассмотрим пример. Допустим, что на выходе 28 устройства требуется вычислить (реализовать) полиномиальную симметрическую булеву функцию одиннадцати переменных

$$E_{11}^2(x_1, x_2,\ldots, x_{11}) = x_1x_2 \oplus x_1x_3 \oplus x_1x_4 \oplus x_1x_5 \oplus x_1x_6 \oplus x_1x_7 \oplus x_1x_8 \oplus x_1x_9 \oplus x_1x_{10} \oplus$$
$$\oplus x_1x_{11} \oplus x_2x_3 \oplus x_2x_4 \oplus x_2x_5 \oplus x_2x_6 \oplus x_2x_7 \oplus x_2x_8 \oplus x_2x_9 \oplus x_2x_{10} \oplus x_2x_{11} \oplus$$
$$\oplus x_3x_4 \oplus x_3x_5 \oplus x_3x_6 \oplus x_3x_7 \oplus x_3x_8 \oplus x_3x_9 \oplus x_3x_{10} \oplus x_3x_{11} \oplus x_4x_5 \oplus x_4x_6 \oplus$$
$$\oplus x_4x_7 \oplus x_4x_8 \oplus x_4x_9 \oplus x_4x_{10} \oplus x_4x_{11} \oplus x_5x_6 \oplus x_5x_7 \oplus x_5x_8 \oplus x_5x_9 \oplus x_5x_{10} \oplus$$
$$\oplus x_5x_{11} \oplus x_6x_7 \oplus x_6x_8 \oplus x_6x_9 \oplus x_6x_{10} \oplus x_6x_{11} \oplus x_7x_8 \oplus x_7x_9 \oplus x_7x_{10} \oplus$$
$$\oplus x_7x_{11} \oplus x_8x_9 \oplus x_8x_{10} \oplus x_8x_{11} \oplus x_9x_{10} \oplus x_9x_{11} \oplus x_{10}x_{11}.$$

В таком случае, согласно таблице настроек, необходимо положить $u_0 = u_3 = u_7 = 0$ и $u_1 = u_2 = u_4 = u_5 = u_6 = u_8 = 1$. Тогда первообразная функция устройства принимает вид

$$F(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, 0,1,1,0,1,1,1,0,1) = F_{14}^4(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, 0,1,1) \oplus$$
$$\oplus F_{13}^5(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, 1,1) \oplus F_{14}^8(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, 0,1,1) \oplus$$
$$\oplus F_{13}^9(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, 1,1) \oplus F_{14}^{11}(x_1, x_2,\ldots, x_{11}, 1,0,0) \oplus x_1 x_2 \ldots x_{11} \cdot 1 =$$
$$= F_{11}^2(x_1, x_2,\ldots, x_{11}) \oplus F_{11}^3(x_1, x_2,\ldots, x_{11}) \oplus F_{11}^6(x_1, x_2,\ldots, x_{11}) \oplus F_{11}^7(x_1, x_2,\ldots, x_{11}) \oplus$$
$$\oplus F_{11}^{10}(x_1, x_2,\ldots, x_{11}) \oplus F_{11}^{11}(x_1, x_2,\ldots, x_{11}) =$$
$$= F_{11}^2(X) \vee F_{11}^3(X) \vee F_{11}^6(X) \vee F_{11}^7(X) \vee F_{11}^{10}(X) \vee F_{11}^{11}(X) = E_{11}^2(X).$$

Дополнительными достоинствами устройства для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций одиннадцати переменных являются: а) низкая конструк-

тивная сложность (по числу входов логических элементов), равная 86; б) небольшое число внешних выводов, равное 21; в) высокое быстродействие, определяемое глубиной схемы и равное 2τ.

Сигналы настройки									Выход
u_0	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	F
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	1	1	1	1	1	0	1	1	E_{11}^{1}
0	1	1	0	1	1	1	0	1	E_{11}^{2}
1	0	0	1	1	1	0	0	0	E_{11}^{3}
0	0	0	0	1	1	0	0	1	E_{11}^{4}
1	0	1	1	1	1	0	0	1	E_{11}^{5}
1	0	1	0	1	1	0	0	1	E_{11}^{6}
1	0	1	0	0	1	1	1	0	E_{11}^{7}
1	0	1	0	0	0	1	0	1	E_{11}^{8}
1	0	1	0	0	0	1	1	1	E_{11}^{9}
1	0	1	1	0	1	1	0	1	E_{11}^{10}
1	0	1	1	0	1	0	0	0	E_{11}^{11}

Источники информации:

1. А.с. СССР 1478208, МПК G 06F 7/00, 1989.
2. Патент РБ 2117, МПК G 06F 7/00, 1998 (прототип).

Национальный центр интеллектуальной собственности.
220034, г. Минск, ул. Козлова, 20.
□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□. □□□□□□□□□□□.
□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□. □□□□□□□□□□□□.
БДЭУ Беларускі дзяржаўны эканамічны ўніверсітэт. Бібліятэка.
БГЭУ Белорусский государственный экономический университет. Библиотека.
BSEU Belarus State Economic University. Library.
http://www.bseu.by elib@bseu.by