

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **034452**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.02.10**

(51) Int. Cl. **G06F 7/57 (2006.01)**  
**H03K 19/173 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**201800329**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.05.08**

---

(54) **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ**

---

(43) **2019.11.29**

(56) **BY-C1-19530**  
**SU-A1-1765818**  
**SU-A1-1767495**  
**RU-C1-2286594**  
**US-A1-20060109027**

(96) **2018/EA/0034 (BY) 2018.05.08**  
(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**БЕЛОРУССКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (БГУ) (BY)**

(72) Изобретатель:  
**Супрун Валерий Павлович, Шилкин  
Андрей Иванович (BY)**

(57) Изобретение относится к области вычислительной техники и микроэлектроники и предназначено для вычисления булевых функций четырех переменных  $R_4$ ,  $S_4$  и  $T_4$ . Многофункциональный логический модуль содержит элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два, два элемента ИЛИ, два элемента И, два элемента РАВНОЗНАЧНОСТЬ, элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, четыре входа и три выхода. Сложность модуля по числу входов логических элементов равна 20, а его быстродействие, определяемое глубиной схемы, составляет  $3\tau$ , где  $\tau$  - задержка на один логический элемент. Устройство имеет 7 внешних выводов (четыре входа и три выхода). Многофункциональный логический модуль работает следующим образом. На входы модуля поступают значения булевых переменных  $x_1, x_2, x_3, x_4$ , а на выходах вычисляются (реализуются) булевы функции  $R_4=R_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ ,  $S_4=S_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$  и  $T_4=T_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ .

**B1**

**034452**

**034452**

**B1**

Изобретение относится к области вычислительной техники и микроэлектроники и предназначено для вычисления булевых функций четырех переменных  $R_4=R_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ ,  $S_4=S_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$  и  $T_4=T_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ , определение которых приведено в [1].

Известно устройство для вычисления полиномиальных симметрических булевых функций четырех переменных, содержащее элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом четыре, элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, три информационных и пять настроечных входов, выход [2]. Конструктивная сложность устройства (по числу входов логических элементов) равна 11.

Известное устройство, как и изобретение, содержит элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА и элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два,  $i$ -й вход которого, где  $i=1,2$ , соединен с  $i$ -м входом устройства, выход которого соединен с выходом элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА.

Недостатком известного устройства являются ограниченные функциональные возможности.

Наиболее близким по функциональным возможностям и конструкции техническим решением к заявляемому устройству является устройство для вычисления симметрических булевых функций четырех переменных, которое содержит элемент РАВНОЗНАЧНОСТЬ, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два, элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, девять настроечных входов и выход [3]. Конструктивная сложность устройства-прототипа равна 13.

Устройство-прототип, как и заявляемое устройство содержит элемент РАВНОЗНАЧНОСТЬ, элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА и элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два,  $i$ -й вход которого, где  $i=1,2$ , соединен с  $i$ -м входом устройства, выход которого соединен с выходом элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА.

Недостатком устройства-прототипа являются ограниченные функциональные возможности, поскольку устройство не позволяет вычислить (реализовать) булевы функции  $R_4$ ,  $S_4$  и  $T_4$ .

Изобретение направлено на решение технической задачи расширения функциональных возможностей устройства-прототипа.

Многофункциональный логический модуль содержит первый и второй элементы И, первый и второй элементы ИЛИ, первый и второй элементы РАВНОЗНАЧНОСТЬ, элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два.

Первый вход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два соединен с первым входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и с первым входом модуля, второй вход которого соединен с инверсным входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и с инверсным входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два, второй вход которого соединен со вторым входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и с третьим входом модуля.

Четвертый вход модуля соединен с первым входом  $i$ -го, где  $i=1,2$ , элемента И и с первым входом  $i$ -го элемента ИЛИ, выход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ соединен с инверсным входом первого элемента И, со вторым входом первого элемента ИЛИ и с первым входом элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА.

Выход элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА соединен с первым выходом модуля, а второй вход - с выходом второго элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два, с инверсным входом второго элемента И и с первым входом первого элемента РАВНОЗНАЧНОСТЬ.

Второй вход первого элемента РАВНОЗНАЧНОСТЬ соединен с выходом первого элемента И, а выход - со вторым выходом модуля, третий выход которого соединен с выходом второго элемента РАВНОЗНАЧНОСТЬ, первый вход которого соединен с выходом первого элемента ИЛИ, а второй вход - с выходом второго элемента И.

Названный технический результат достигается путем введения в схему устройства-прототипа новых логических элементов (элементов ИЛИ и элементов И), а также изменением соединений между элементами схемы.

На чертеже (фигура) представлена логическая схема заявляемого многофункционального логического модуля.

Многофункциональный логический модуль содержит элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 1, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два 2, два элемента И 3 и 4, два элемента ИЛИ 5 и 6, два элемента РАВНОЗНАЧНОСТЬ 7 и 8, элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА 9, четыре входа 10 ... 13 и три выхода 14, 15 и 16.

Многофункциональный логический модуль работает следующим образом. На входы модуля 10 ... 13 поступают значения переменных  $x_1 \dots x_4$ , а на выходах модуля 14, 15 и 16 реализуются (вычисляются) булевы функции четырех переменных  $R_4=R_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ ,  $S_4=S_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$  и  $T_4=T_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ .

Поясним принцип построения и работы заявляемого многофункционального модуля.

В работе [1] булевы функции  $p$  переменных  $R_n=R_n(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $S_n=S_n(x_1, x_2, \dots, x_n)$  и  $T_n=T_n(x_1, x_2, \dots, x_n)$  определяются согласно следующим рекуррентным формулам:

$$\begin{aligned}
 R_n &= \bar{x}_n R_{n-1} \vee x_n S_{n-1} = \bar{x}_n R_{n-1} \oplus x_n S_{n-1}, \\
 S_n &= \bar{x}_n T_{n-1} \vee x_n R_{n-1} = \bar{x}_n T_{n-1} \oplus x_n R_{n-1}, \\
 T_n &= \bar{x}_n S_{n-1} \vee x_n T_{n-1} = \bar{x}_n S_{n-1} \oplus x_n T_{n-1},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $n \geq 1$  и  $R_0=0$ ,  $S_0=T_0=1$ .

Основное свойство булевых функций  $R_n, S_n, T_n$  заключается в выполнении логического тождества  $R_n \oplus S_n \oplus T_n = 0$ , т.е.

$$R_n \oplus S_n = T_n, \quad R_n \oplus T_n = S_n, \quad S_n \oplus T_n = R_n. \tag{2}$$

Если в формулах (1), (2) положить  $n=4$ , то получим

$$R_4 = \bar{x}_4 R_3 \oplus x_4 S_3,$$

$$S_4 = \bar{x}_4 T_3 \oplus x_4 R_3 = \bar{x}_4 (R_3 \oplus S_3) \oplus x_4 R_3 = R_3 \oplus \bar{x}_4 S_3,$$

$$T_4 = \bar{x}_4 S_3 \oplus x_4 T_3 = \bar{x}_4 S_3 \oplus x_4 (S_3 \oplus R_3) = S_3 \oplus x_4 R_3.$$

Отсюда следует, что

$$R_4 = (x_4 \vee \bar{R}_3) \sim x_4 \bar{S}_3, \quad S_4 = \bar{R}_3 \oplus (x_4 \vee \bar{S}_3), \quad T_4 = \bar{S}_3 \sim x_4 \bar{R}_3. \tag{3}$$

Для булевых функций  $R_3=R_3(x_1, x_2, x_3)$  и  $S_3=S_3(x_1, x_2, x_3)$  установлено, что

$$\bar{R}_3 = \begin{cases} 1, & \text{если } x_1 + \bar{x}_2 + x_3 = 1, \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases} \tag{4}$$

$$\bar{S}_3 = \begin{cases} 1, & \text{если } x_1 + \bar{x}_2 + x_3 = 2, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \tag{5}$$

Логическая схема (фигура) многофункционального логического модуля, предназначенного для одновременной реализации булевых функций  $R_4=R_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ ,  $S_4=S_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$  и  $T_4=T_4(x_1, x_2, x_3, x_4)$ , синтезирована на основе применения логических формул (3), (4) и (5). Таблица истинности булевых функций  $R_4, S_4, T_4$  представлена посредством приведенной в описании таблицы.

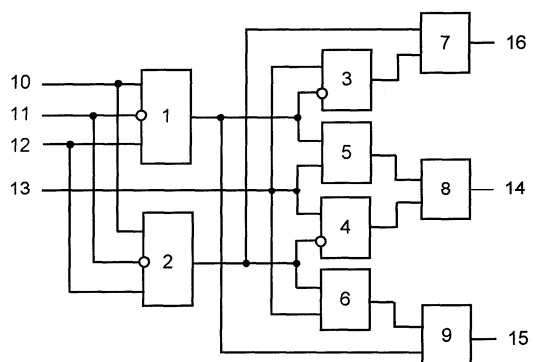
Основным достоинством изобретения является возможность вычисления булевых функций  $R_4, S_4, T_4$ . Кроме того, многофункциональный логический модуль имеет относительно небольшую конструктивную сложность (по числу входов логических элементов), равную 20.

#### Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

- 1) Супрун В.П. Основы теории булевых функций. М.: Ленанд/URSS, 2017, с. 208
- 2) Патент РФ 19574, МПК G06F 7/00, БИ № 5 (106), 2015, с. 85.
- 3) Патент РФ 19530, МПК G06F 7/00, БИ № 5 (106), 2015, с. 85 (прототип).

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Многофункциональный логический модуль, содержащий первый и второй элементы И, первый и второй элементы ИЛИ, первый и второй элементы РАВНОЗНАЧНОСТЬ, элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два, первый вход которого соединен с первым входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и с первым входом модуля, второй вход которого соединен с инверсным входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и с инверсным входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два, второй вход которого соединен со вторым входом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и с третьим входом модуля, четвертый вход которого соединен с первым входом  $i$ -го, где  $i=1,2$ , элемента И и с первым входом  $i$ -го элемента ИЛИ, выход элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ соединен с инверсным входом первого элемента И, со вторым входом первого элемента ИЛИ и с первым входом элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, выход которого соединен с первым выходом модуля, а второй вход - с выходом второго элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с выходом элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с порогом два, с инверсным входом второго элемента И и с первым входом первого элемента РАВНОЗНАЧНОСТЬ, второй вход которого соединен с выходом первого элемента И, а выход - со вторым выходом модуля, третий выход которого соединен с выходом второго элемента РАВНОЗНАЧНОСТЬ, первый вход которого соединен с выходом первого элемента ИЛИ, а второй вход - с выходом второго элемента И.



Таблица

Входы				Выходы		
$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$R_4$	$S_4$	$T_4$
10	11	12	13	14	15	16
0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	1	0	1
0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	1	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	1	1
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1

