

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) **ВУ** (11) **3300**
(13) **С1**

(51)⁶ G 06F 7/00,
H 03K 19/173

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ
КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

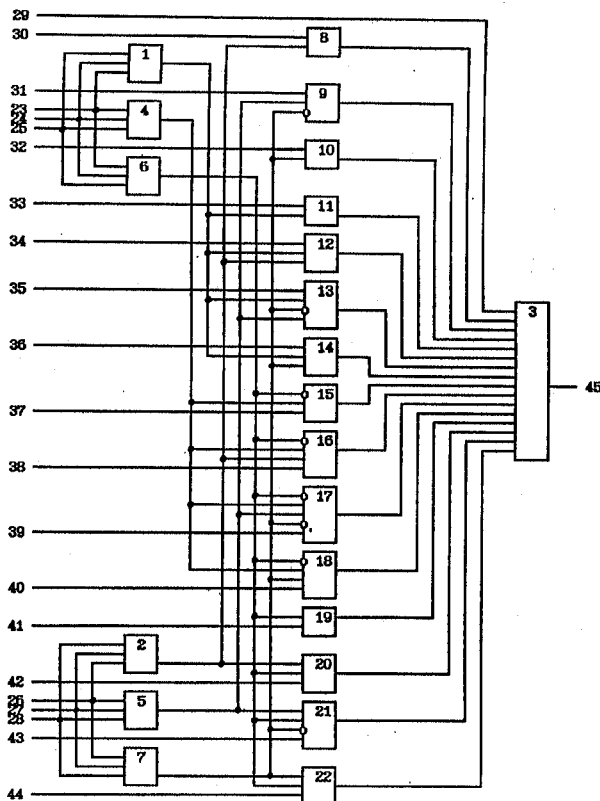
(54) **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ**

(21) Номер заявки: 970257
(22) 1997.05.16
(46) 2000.06.30

(71) Заявитель: Белорусский государственный университет (ВУ)
(72) Авторы: Супрун В.П., Седун А.М. (ВУ)
(73) Патентообладатель: Белорусский государственный университет (ВУ)

(57)

Многофункциональный логический модуль, содержащий семь элементов И, мажоритарный элемент с порогом два и два элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, первый вход первого из которых соединен с первым настроечным входом модуля, i -й ($i = 2, 3, \dots, 7$) настроечный вход которого соединен с первым входом $(i-1)$ -го элемента И, выход которого соединен с i -м входом первого элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, выход которого соединен с k -м входом модуля, k -й ($k = 1, 2, 3$) информационный вход которого соединен с k -ми входами седьмого элемента И, первого мажоритарного элемента с порогом два и второго элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, выход которого соединен со вторым входом пятого элемента И, отличающийся тем, что содержит третий элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА,



ВУ 3300 С1

второй мажоритарный элемент с порогом два и с восьмого по семнадцатый элементы И, первый вход j -го ($j = 8, 9, \dots, 16$) из которых соединен с j -м настроечным входом модуля, а выход соединен с j -м входом первого элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, $(k+3)$ -й информационный вход модуля соединен с k -ми входами третьего элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, второго мажоритарного элемента с порогом два и семнадцатого элемента И, выход седьмого элемента И соединен со вторыми входами тринадцатого, четырнадцатого, пятнадцатого, шестнадцатого элементов И, с инверсными входами девятого, десятого, двенадцатого элементов И и с первым инверсным входом одиннадцатого элемента И, выход первого мажоритарного элемента с порогом два соединен со вторыми входами девятого, десятого, одиннадцатого и двенадцатого элементов И, выход второго элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА соединен со вторыми входами четвертого, шестого и восьмого элементов И, выход семнадцатого элемента И соединен со вторым входом третьего элемента И, с третьими входами восьмого, двенадцатого и шестнадцатого элементов И, с инверсными входами второго, шестого, пятнадцатого элементов И и со вторым инверсным входом одиннадцатого элемента И, выход второго мажоритарного элемента с порогом два соединен со вторым входом второго элемента И, с третьими входами шестого, одиннадцатого и пятнадцатого элементов И, выход третьего элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА соединен со вторым входом первого элемента И, с третьими входами пятого, десятого и четырнадцатого элементов И.

(56)

1. А.с. СССР 1832274, G 06F 7/00, 1993

2. Патент РФ 2047894, G 06F 7/00, 1995 (прототип)

Изобретение относится к микроэлектронике и вычислительной технике и предназначен для вычисления частично симметрических булевых функций шести переменных.

Известен многофункциональный логический модуль для вычисления симметрических булевых функций шести переменных, содержащее два полусумматора, девятнадцать элементов И, семь элементов СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, шесть информационных входов, семь настроечных входов и выход [1].

Недостатком известного многофункционального логического модуля для вычисления симметрических булевых функций является низкие функциональные возможности.

Наиболее близким по конструкции и функциональным возможностям к предлагаемому является многофункциональный логический модуль для вычисления симметрических булевых функций шести переменных, содержащее два элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, мажоритарный элемент с порогом два, мажоритарный элемент с порогом четыре, семь элементов И, шесть информационных входов, семь настроечных входов и выход [2].

Недостатком известного многофункционального логического модуля для вычисления симметрических булевых функций является низкие функциональные возможности, так как оно не реализует частично симметрические булевы функции.

Изобретение направлено на решение технической задачи расширения функциональных возможностей многофункционального логического модуля (устройства для вычисления симметрических булевых функций четырех переменных) за счет вычисления (реализации) булевых функций, обладающих частичной симметрией.

Многофункциональный логический модуль содержит семь элементов И, мажоритарный элемент с порогом два и два элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА. Первый вход первого элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА соединен с первым настроечным входом модуля, i -й ($i = 2, 3, \dots, 7$) настроечный вход которого соединен с первым входом $(i-1)$ -го элемента И, выход которого соединен с i -м входом первого элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА. Выход первого элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА соединен с выходом модуля, k -й ($k = 1, 2, 3$) информационный вход которого соединен с k -ми входами седьмого элемента И, первого мажоритарного элемента с порогом два и второго элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, выход которого соединен со вторым входом пятого элемента И. В отличие от прототипа содержит третий элемент СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, второй мажоритарный элемент с порогом два и с восьмого по семнадцатый элементы И. Первый вход j -го ($j = 8, 9, \dots, 16$) из которых соединен j -м настроечным входом модуля, а выход соединен с j -м входом первого элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА. $(k+3)$ -й информационный вход модуля соединен с k -ми входами третьего элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА, второго мажоритарного элемента с порогом два и семнадцатого элемента И. Выход седьмого элемента

И соединен со вторыми входами тринадцатого, четырнадцатого, пятнадцатого, шестнадцатого элементов И, с инверсными входами девятого, десятого, двенадцатого элементов И и с первым инверсным входом одиннадцатого элемента И. Выход первого мажоритарного элемента с порогом два соединен со вторыми входами девятого, десятого, одиннадцатого и двенадцатого элементов И. Выход второго элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА соединен со вторыми входами четвертого, шестого и восьмого элементов И. Выход семнадцатого элемента И соединен со вторым входом третьего элемента И, с третьими входами восьмого, двенадцатого и шестнадцатого элементов И, с инверсными входами второго, шестого, пятнадцатого элементов И и со вторым инверсным входом одиннадцатого элемента И. Выход второго мажоритарного элемента с порогом два соединен со вторым входом второго элемента И, с третьими входами шестого, одиннадцатого и пятнадцатого элементов И. Выход третьего элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА соединен со вторым входом первого элемента И, с третьими входами пятого, десятого и четырнадцатого элементов И.

Основной технический результат изобретения заключается в расширении функциональных возможностей многофункционального логического модуля за счет вычисления (реализации) булевых функций, обладающих частичной симметрией шести переменных. Названный технический результат достигается путем увеличения числа настроечных входов и увеличением числа логических элементов, а также изменением межсоединений в логической схеме устройства.

На фигуре представлена схема многофункционального логического модуля.

Многофункциональный логический модуль содержит три элемента СЛОЖЕНИЕ ПО МОДУЛЮ ДВА 1,2,3, два мажоритарных элемента с порогом 4,5, семнадцать элементов И 6,7,...,22, шесть информационных входов 23,24,...,28, шестнадцать настроечных входов 29,30,...,44 и выход 45.

Многофункциональный логический модуль работает следующим образом. На информационные входы 23,24,...,28 поступают двоичные переменные $x_1, x_2, \dots, x_6$; на настроечные входы 29,30,...,44 - сигналы настройки $u_0, u_1, \dots, u_{15}$, значения которых принадлежат множеству $\{0,1\}$. На выходе 45 модуля реализуется частично симметрическая булева функция $F = \{X_1, X_2\}$, определяемая вектором настройки $U = (u_0, u_1, \dots, u_{15})$, где X_1, X_2 - классы симметрии и $X_1 = \{x_1, x_2, x_3\}$ и $X_2 = \{x_4, x_5, x_6\}$.

Первообразная многофункционального логического модуля имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} F(x_1, x_2, \dots, x_6, u_0, u_1, \dots, u_{15}) = & u_0 \oplus u_1(x_4 \oplus x_5 \oplus x_6) \oplus \\ & \oplus u_2(\overline{x_4} \vee \overline{x_5} \vee \overline{x_6})(x_4 x_5 \vee x_4 x_6 \vee x_5 x_6) \oplus u_3 x_4 x_5 x_6 \oplus u_4(x_1 \oplus x_2 \oplus x_3) \oplus \\ & \oplus u_5(x_1 \oplus x_2 \oplus x_3)(x_4 \oplus x_5 \oplus x_6) \oplus \\ & \oplus u_6(x_1 \oplus x_2 \oplus x_3)(\overline{x_4} \vee \overline{x_5} \vee \overline{x_6})(x_4 x_5 \vee x_4 x_6 \vee x_5 x_6) \oplus \\ & \oplus u_7(x_1 \oplus x_2 \oplus x_3) x_4 x_5 x_6 \oplus u_8(\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3})(x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3) \oplus \\ & \oplus u_9(\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3})(x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3)(x_4 \oplus x_5 \oplus x_6) \oplus \\ & \oplus u_{10}(\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3})(x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3)(\overline{x_4} \vee \overline{x_5} \vee \overline{x_6})(x_4 x_5 \vee x_4 x_6 \vee x_5 x_6) \oplus \\ & \oplus u_{11}(\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3})(x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3) x_4 x_5 x_6 \oplus u_{12} x_1 x_2 x_3 \oplus \\ & \oplus u_{13} x_1 x_2 x_3 (x_4 \oplus x_5 \oplus x_6) \oplus u_{14} x_1 x_2 x_3 (\overline{x_4} \vee \overline{x_5} \vee \overline{x_6})(x_4 x_5 \vee x_4 x_6 \vee x_5 x_6) \oplus \\ & \oplus u_{15} x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6. \end{aligned}$$

Поясним алгоритм настройки многофункционального логического модуля. Частично симметрическая булева функция $F = F(X_1, X_2)$, где $X_1 = \{x_1, x_2, x_3\}$ и $X_2 = \{x_4, x_5, x_6\}$, называется иначе бисимметрической. Булева функция $F = F(X_1, X_2)$ представима в виде:

$$\begin{aligned} F(X_1, X_2) = & \omega_0 F_3^0(X_1) F_3^0(X_2) \vee \omega_1 F_3^0(X_1) F_2^1(X_2) \vee \omega_2 F_3^0(X_1) F_3^2(X_2) \vee \\ & \vee \omega_3 F_3^0(X_1) F_3^3(X_2) \vee \omega_4 F_3^1(X_1) F_3^0(X_2) \vee \omega_5 F_3^1(X_1) F_2^1(X_2) \vee \\ & \vee \omega_6 F_3^1(X_1) F_3^2(X_2) \vee \omega_7 F_3^1(X_1) F_3^3(X_2) \vee \omega_8 F_3^2(X_1) F_3^0(X_2) \vee \\ & \vee \omega_9 F_3^2(X_1) F_2^1(X_2) \vee \omega_{10} F_3^2(X_1) F_3^2(X_2) \vee \omega_{11} F_3^2(X_1) F_3^3(X_2) \vee \\ & \vee \omega_{12} F_3^3(X_1) F_3^0(X_2) \vee \omega_{13} F_3^3(X_1) F_2^1(X_2) \vee \omega_{14} F_3^3(X_1) F_3^2(X_2) \vee \\ & \vee \omega_{15} F_3^3(X_1) F_3^3(X_2), \end{aligned} \quad (1)$$

где $F_j^i(X_i)$ - элементарная (фундаментальная) симметрическая булева функция, зависящая от переменных множества X_i , рабочее число которой равно j ($i = 1, 2; 0 \leq j \leq 3$); $\omega_k \in \{0,1\}$, $k = 0, 1, \dots, 15$.

Булев вектор $\omega(F) = (\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_{15})$ называется двоичным кодом симметрической булевой функции $F = F(X_1, X_2)$.

Наряду с (1) существует полиномиальное разложение бисимметрической булевой функции $F(X_1, X_2)$ следующего вида:

$$\begin{aligned} F(X_1, X_2) = & u_0 E_3^0(X_1) E_3^0(X_2) \oplus u_1 E_3^0(X_1) E_3^1(X_2) \oplus u_2 E_3^0(X_1) E_3^2(X_2) \oplus \\ & \oplus u_3 E_3^0(X_1) E_3^3(X_2) \oplus u_4 E_3^1(X_1) E_3^0(X_2) \oplus u_5 E_3^1(X_1) E_3^1(X_2) \oplus \\ & \oplus u_6 E_3^1(X_1) E_3^2(X_2) \oplus u_7 E_3^1(X_1) E_3^3(X_2) \oplus u_8 E_3^2(X_1) E_3^0(X_2) \oplus \\ & \oplus u_9 E_3^2(X_1) E_3^1(X_2) \oplus u_{10} E_3^2(X_1) E_3^2(X_2) \oplus u_{11} E_3^2(X_1) E_3^3(X_2) \oplus \\ & \oplus u_{12} E_3^3(X_1) E_3^0(X_2) \oplus u_{13} E_3^3(X_1) E_3^1(X_2) \oplus u_{14} E_3^3(X_1) E_3^2(X_2) \oplus \\ & \oplus u_{15} E_3^3(X_1) E_3^3(X_2), \end{aligned} \quad (2)$$

где $E_3^0(X_1) = E_3^0(X_2) \equiv 1$, $E_3^1(X_1) = x_1 \oplus x_2 \oplus x_3$, $E_3^1(X_2) = x_4 \oplus x_5 \oplus x_6$,

$E_3^2(X_1) = x_1 x_2 \oplus x_1 x_3 \oplus x_2 x_3$, $E_3^2(X_2) = x_4 x_5 \oplus x_4 x_6 \oplus x_5 x_6$, $E_3^3(X_1) = x_1 x_2 x_3$ и $E_3^3(X_2) = x_4 x_5 x_6$.

Здесь $U(F) = (u_0, u_1, \dots, u_{15})$ - вектор коэффициентов полиномиального разложения (2) функции F .

При этом компоненты векторов $\omega(F)$ и $u(F)$ связаны между собой следующими формулами:

$$\begin{aligned} u_0 &= \omega_0, \\ u_1 &= \omega_0 \oplus \omega_1, \\ u_2 &= \omega_0 \oplus \omega_2, \\ u_3 &= \omega_0 \oplus \omega_1 \oplus \omega_2 \oplus \omega_3, \\ u_4 &= \omega_0 \oplus \omega_4, \\ u_5 &= \omega_0 \oplus \omega_1 \oplus \omega_4 \oplus \omega_5, \\ u_6 &= \omega_0 \oplus \omega_2 \oplus \omega_4 \oplus \omega_6, \\ u_7 &= \omega_0 \oplus \omega_1 \oplus \omega_2 \oplus \omega_3 \oplus \omega_4 \oplus \omega_5 \oplus \omega_6 \oplus \omega_7, \\ u_8 &= \omega_0 \oplus \omega_8, \\ u_9 &= \omega_0 \oplus \omega_1 \oplus \omega_8 \oplus \omega_9, \\ u_{10} &= \omega_0 \oplus \omega_2 \oplus \omega_8 \oplus \omega_{10}, \\ u_{11} &= \omega_0 \oplus \omega_1 \oplus \omega_2 \oplus \omega_3 \oplus \omega_8 \oplus \omega_9 \oplus \omega_{10} \oplus \omega_{11}, \\ u_{12} &= \omega_0 \oplus \omega_4 \oplus \omega_8 \oplus \omega_{12}, \\ u_{13} &= \omega_0 \oplus \omega_1 \oplus \omega_4 \oplus \omega_5 \oplus \omega_8 \oplus \omega_9 \oplus \omega_{12} \oplus \omega_{13}, \\ u_{14} &= \omega_0 \oplus \omega_2 \oplus \omega_4 \oplus \omega_6 \oplus \omega_8 \oplus \omega_{10} \oplus \omega_{12} \oplus \omega_{14}, \\ u_{15} &= \omega_0 \oplus \omega_1 \oplus \omega_2 \oplus \omega_3 \oplus \omega_4 \oplus \omega_5 \oplus \omega_6 \oplus \omega_7 \oplus \omega_8 \oplus \\ & \oplus \omega_9 \oplus \omega_{10} \oplus \omega_{11} \oplus \omega_{12} \oplus \omega_{13} \oplus \omega_{14} \oplus \omega_{15}. \end{aligned} \quad (3)$$

С учетом, что $E_3^0(X_1) = E_3^0(X_2) \equiv 1$, из (2) нетрудно получить

$$\begin{aligned} F(X_1, X_2) = & u_0 \oplus u_1 E_3^1(X_2) \oplus u_2 E_3^2(X_2) \oplus \\ & \oplus u_3 E_3^3(X_2) \oplus u_4 E_3^1(X_1) \oplus u_5 E_3^1(X_1) E_3^1(X_2) \oplus \\ & \oplus u_6 E_3^1(X_1) E_3^2(X_2) \oplus u_7 E_3^1(X_1) E_3^3(X_2) \oplus u_8 E_3^2(X_1) \oplus \\ & \oplus u_9 E_3^2(X_1) E_3^1(X_2) \oplus u_{10} E_3^2(X_1) E_3^2(X_2) \oplus u_{11} E_3^2(X_1) E_3^3(X_2) \oplus \\ & \oplus u_{12} E_3^3(X_1) \oplus u_{13} E_3^3(X_1) E_3^1(X_2) \oplus u_{14} E_3^3(X_1) E_3^2(X_2) \oplus \\ & \oplus u_{15} E_3^3(X_1) E_3^3(X_2). \end{aligned} \quad (4)$$

На фигуре представлена логическая схема многофункционального логического модуля, синтезированной по формуле (4).

Поясним принцип работы многофункционального логического модуля на следующем примере. Допустим, требуется реализовать (вычислить) булеву функцию

$$F(X_1, X_2) = (x_1 \vee x_2 \vee x_3) (\overline{x_4 x_5} \vee \overline{x_4 x_6} \vee \overline{x_5 x_6}) \vee x_1 x_2 x_3 (x_4 \vee x_5 \vee x_6).$$

Очевидно, что F - бисимметрическая булева функция и $F = F(X_1, X_2)$, где $X_1 = \{x_1, x_2, x_3\}$ и $X_2 = \{x_4, x_5, x_6\}$. В таком случае разложение (1) принимает вид

$$F(X_1, X_2) = F_3^1(X_1)F_3^0(X_2) \vee F_3^1(X_1)F_3^1(X_2) \vee F_3^2(X_1)F_3^0(X_2) \vee F_3^2(X_1)F_3^1(X_2) \vee \\ \vee F_3^3(X_1)F_3^0(X_2) \vee F_3^3(X_1)F_3^1(X_2) \vee F_3^3(X_1)F_3^2(X_2) \vee F_3^3(X_1)F_3^3(X_2).$$

Отсюда следует, что $\omega(F) = (0,0,0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1)$. Далее, используя формулы (3), получаем вектор $u(F) = (0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0)$. Следовательно, для реализации на выходе 45 многофункционального модуля рассматриваемой бисимметрической булевой функции $F = F(X_1, X_2)$ необходимо на информационные входы 23, 24, ..., 28 подать соответственно булевы переменные $x_1, x_2, \dots, x_6$, на настроечные входы 33, 35, 37, 39 и 41 – сигнал логической единицы, а на настроечные входы 29, 30, 31, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 43 и 44 – сигнал логического нуля.

Достоинством предлагаемого многофункционального логического модуля является широкие функциональные возможности, так как модуль ориентирован на реализацию $2^{16} = 65536$ частично симметрических (бисимметрических) булевых функций шести переменных. В то время как устройство – прототип реализует лишь $2^7 = 128$ симметрических булевых функций шести переменных.

Дополнительным достоинством многофункционального логического модуля является относительно небольшая конструктивная сложность и высокое быстродействие. Так, его сложность по числу входов логических элементов равна 81, а его быстродействие, определяемое глубиной схемы равно 3τ , где τ – усредненная задержка на один логический элемент. Конструктивная сложность устройства-прототипа равна 45, а быстродействие составляет 3τ .