



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 744557

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 08.09.77 (21) 2521845/18-24

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 30.06.80. Бюллетень № 24

Дата опубликования описания 30.06.80

(51) М. Кл.²

G 06 F 7/385

(53) УДК 681.325
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

И. В. Дедулев и А. А. Шостак

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

(54) СУММАТОР С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ПЕРЕНОСОМ

1

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть применено при разработке арифметических устройств, контроль которых организован по четности, а используемые сумматоры образуют разрядные переносы параллельным образом.

Известен сумматор с параллельным переносом, содержащий в каждом разряде узлы формирования функций генерации и транзита переноса, узел образования параллельного переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами узлов формирования функций генерации и транзита переноса, с шинами значений функций генерации и транзита переноса предыдущих разрядов и с шиной значения входного переноса сумматора, узел формирования суммы, входы которого соединены с выходом узла образования параллельного переноса из предыдущего разряда и с шинами значений разрядных слагаемых [1].

Основным недостатком сумматора является невозможность организации контроля схем образования разрядных переносов при контроле работы сумматора по четности.

2

Известен сумматор с параллельным переносом и функциональной зависимостью суммы от переноса, содержащий в каждом разряде узлы формирования функций генерации и транзита переноса, узел образования параллельного переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами узлов формирования функций генерации и транзита переноса, с шинами значений функций генерации и транзита переноса предыдущих разрядов и с шиной значения входного переноса сумматора, узел формирования суммы с функциональной зависимостью от переноса, входы которого соединены с выходами узлов формирования функций генерации и транзита переноса, с выходами узлов образования параллельных переносов из данного и предыдущего разрядов и с шинами значений разрядных слагаемых [2].

Однако и данный сумматор не позволяет организовать полный контроль схем образования параллельных переносов из разрядов, вопреки распространенному мнению (ошибка в образовании C_n переноса из n -го разряда не будет обнаружена контролем по четности, если

разрядные слагаемые в $(n+1)$ -ом разряде сумматора равны: $a_{n+1}=0$, $b_{n+1}=1$ или $a_{n+1}=1$, $b_{n+1}=0$.

Организовать полный контроль схем образования параллельных переносов из разрядов позволяет сумматор, который дополнительно содержит в каждом разряде первый элемент сложения по модулю два, входы которого соединены с шинами значений разрядных слагаемых, второй элемент сложения по модулю два входы которого соединены с выходами узлов образования параллельных переносов из данного и предыдущего разрядов, элемент И, входы которого соединены с выходами элементов сложения по модулю два, а выход подключен к шине сигнализации сбоя сумматора [3].

Существенным недостатком такого сумматора является большой объем оборудования, вызванный сложностью схемы формирования суммы с функциональной зависимостью от переноса и наличием в каждом разряде дополнительно двух элементов сложения по модулю два и элемента И.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является сумматор с параллельным переносом, содержащий в каждом разряде узел формирования функций генерации и узел транзита переноса, входы которых соединены с шинами значений разрядных слагаемых, узел образования параллельного переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами узлов формирования функций генерации и транзита переноса, с шинами значений функций генерации и транзита переноса в предыдущих разрядах и с шиной значения входного переноса сумматора, узел формирования суммы, входы которого соединены с выходом узла формирования функций генерации и транзита переноса, с выходом инверсного значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда и с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из предыдущего разряда. В этом случае предполагается, что разрядные суммы формируются в соответствии с выражением

$$S_n = \bar{C}_n(T_n + C_{n+1}) + G_n C_{n-1}$$

где $G_n = a_n b_n$, $T_n = a_n + b_n$ — функции соответственно генерации и транзита переноса; C_n, C_{n-1} — переносы соответственно из данного и предыдущего разрядов; a_n, b_n — разрядные слагаемые n -го разряда сумматора [4].

Основным недостатком известного сумматора является невозможность полного контроля узлов образования параллельных переносов из разрядов и узлов формирования функций генерации переноса, при организации его контроля по четности, что подтверждается анализом значений булевых разностей и их произведений:

$$\frac{dS_n}{dC_n} = \frac{d[\bar{C}_n(T_n + C_{n-1}) + G_n C_{n-1}]}{dC_n} = G_n C_{n-1} (T_n + C_{n-1}) = (\bar{G}_n + \bar{C}_{n-1})(T_n + C_{n-1});$$

$$\frac{dS_{n+1}}{dC_n} = \frac{d[\bar{C}_{n+1}(T_{n+1} + C_n) + G_{n+1} C_n]}{dC_n} = \frac{d[C_n(G_{n+1} + \bar{C}_{n+1}) + T_{n+1} \bar{C}_{n+1}]}{dC_n} = T_{n+1} \bar{C}_{n+1} (G_{n+1} + \bar{C}_{n+1}) = \bar{H}_{n+1};$$

$$\frac{dS_n}{dT_n} = \frac{d[(\bar{G}_n + T_n C_{n-1})(T_n + C_{n-1}) + G_n C_{n-1}]}{dT_n} = \bar{G}_n$$

$$\frac{dS_n}{dG_n} = \frac{d[(\bar{G}_n + T_n C_{n-1})(T_n + C_{n-1}) + G_n C_{n-1}]}{dG_n} = T_n$$

$$\frac{dC_n}{dT_n} \frac{dS_n}{dT_n} = \bar{G}_n C_{n-1} G_n = 0;$$

$$\frac{dC_n}{dG_n} \frac{dS_n}{dG_n} = T_n C_{n-1} \bar{T}_n = \bar{T}_n$$

Из полученных значений булевых разностей и их произведений можно сделать следующие выводы:

а) ошибка в образовании C_n переноса, вызванная неисправностью узла образования параллельного переноса из n -го разряда, не вызывает ошибок в S_n сумме, когда $a_n = b_n = C_{n-1} = 0$ или $a_n = b_n = C_{n-1} = 1$, и в S_{n+1} сумме, когда $a_{n+1} \neq b_{n+1} = 1$, т. е. она может быть обнаружена контролем по четности;

б) неисправность узла формирования функций генерации переноса G_n может привести к необнаруживаемому классу ошибок в работе сумматора, если $\bar{T}_n = 1$.

Цель изобретения — обнаружение всех ошибок, вызываемых одиночной неисправностью сумматора, при организации его контроля по четности, т. е. повышение его функциональной надежности (вероятности получения достоверного результата).

Поставленная цель достигается тем, что в сумматор с параллельным переносом, содержащий в каждом разряде узлы формирования функций генерации и транзита переноса, входы которых соединены с шинами значений разряд-

ных слагаемых, узел образования параллельного переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами узлов формирования функций генерации и транзита переноса, с шинами значений функций генерации и транзита переноса в предыдущих разрядах и с шиной значения входного переноса сумматора, узел формирования суммы, входы которого соединены с выходом узла формирования функций транзита переноса, с выходом инверсного значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда и с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из предыдущего разряда, введены в каждый разряд дополнительный узел формирования функции генерации переноса, входы которого соединены с шинами значений разрядных слагаемых, а выход соединен с дополнительным входом формирования суммы, сумматор также содержит в каждом разряде с весом 2^K ($K=0, 2, 4, \dots$) первый элемент И, входы которого соединены с выходом дополнительного узла формирования функции генерации переноса и с выходом инверсного значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда, второй элемент И, первый вход которого через элемент НЕ соединен с выходом узла формирования функции транзита переноса, а второй вход соединен с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда, выходы элементов И соединены с шиной сигнализации сбоя сумматора, в каждом разряде с весом 2^{K+1} сумматор содержит дополнительный узел образования переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами дополнительного узла формирования функции генерации переноса и узла формирования функции транзита переноса, а также с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из предыдущего разряда и схему сравнения, входы которой соединены с выходом дополнительного узла образования переноса из данного разряда и с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда, а выход соединен с шиной сигнализации сбоя сумматора.

При этом узел формирования функции генерации переноса выполнен в виде логического элемента И, входы и выход которого являются входами и выходом узла формирования функции генерации переноса, а узел формирования функции транзита переноса выполнен в виде логического элемента ИЛИ, входы и выход которого являются входами и выходом узла формирования функции транзита переноса.

На чертеже приведена схема сумматора с параллельным переносом.

Сумматор содержит в каждом разряде узлы 1, 2 формирования соответственно функций генерации и транзита переноса, входы которых соединены с шинами 3 значений разрядных слагаемых, узел 4 образования параллельного переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами узлов 1, 2 формирования соответственно функций генерации и транзита переноса, с шинами 5 значений функций генерации и транзита переноса в предыдущих разрядах и с шиной 6 значения входного переноса сумматора, узел 7 формирования суммы, входы которого соединены с выходом узла 2 формирования функции транзита переноса, с выходом 8 инверсного значения переноса узла 4 образования параллельного переноса из данного разряда и с выходом 9 прямого значения переноса узла 4 образования параллельного переноса из предыдущего разряда, дополнительный узел 10 формирования функций генерации переноса, входы которого соединены с шинами 3 значений разрядных слагаемых, а выход соединен с дополнительным входом узла 7 формирования суммы; в каждом разряде с весом 2^K первый элемент И 11, входы которого соединены с выходом дополнительного узла 10 формирования функции генерации переноса и с выходом 8 инверсного значения переноса узла 4 образования параллельного переноса из данного разряда, второй элемент И 12, первый вход которого через элемент НЕ 13 соединен с выходом узла 2 формирования функции транзита переноса, а второй вход соединен с выходом 9 прямого значения переноса узла 4 образования параллельного переноса из данного разряда, выходы элементов И 11, 12 соединены с шиной 14 сигнализации сбоя сумматора; в каждом разряде с весом 2^{K+1} дополнительный узел 15 образования переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами дополнительного узла 10 формирования функции генерации переноса и выходом узла 2 формирования функции транзита переноса, а также с выходом 9 прямого значения переноса узла 4 образования параллельного переноса из предыдущего разряда, схему сравнения 16, входы которой соединены с выходом дополнительного узла 15 образования переноса из данного разряда и с выходом 9 прямого значения переноса узла 4 образования параллельного переноса из данного разряда, а выход соединен с шиной 14 сигнализации сбоя сумматора.

Сумматор работает следующим образом.

На правильность формирования результата сумматора влияет работоспособность только узлов 1, 2, 4, 7 и 10. С целью анализа воз-

возможности контроля перечисленных схем по четности, рассмотрим следующие случаи:

1) неисправность узла 7 или узла 10 в любом разряде сумматора может привести к возникновению только одиночной ошибки в соответствующем разряде суммы, что всегда обнаруживается контролем по четности;

2) пусть неисправен узел 2 формирования функции транзита переноса в разряде с весом 2^K (аналогичные рассуждения можно привести и для других разрядов сумматора). Так как произведение булевых разностей $\frac{dC_k}{dT_k} \frac{dS_k}{dT_k}$ всегда равно нулю, то ошибка в формировании T_k функции может привести к возникновению только следующих сочетаний ошибок в разрядах суммы и переноса: $S_k, S_k, C_k, S_{k+1}, S_k, C_k, S_{k+1}, C_{k+1}, S_{k+2}$ и т. д., т. е. она всегда будет обнаружена контролем по четности;

3) пусть возникла ошибка в образовании C_k переноса из разряда с весом 2^K вследствие неисправности узла 1 или узла 4. Данная ошибка вызовет ошибку в формировании S_k суммы во всех случаях, кроме тех, когда $a_k = b_k = C_{k-1} = 1$ или $a_k = b_k = C_{k-1} = 0$. Если ошибка в C_k не вызывает ошибку в формировании S_k суммы, то она будет выделена либо элементом И 11 (при $a_k = b_k = C_{k-1} = 1$), либо элементом И 12 (при $a_k = b_k = C_{k-1} = 0$). Кроме того ошибка в C_k вызовет ошибку в формировании S_{k+1} суммы, если $a_{k+1} \neq b_{k+1} = 0$, либо ошибку на выходе дополнительного узла образования переноса из разряда с весом 2^{k+1} , если $a_{k+1} \neq b_{k+1} = 1$, с последующим выделением на схеме сравнения 16. Таким образом, ошибка в C_k переносе обнаруживается либо контролем по четности, если она вызывает одновременно ошибки в формировании S_k и S_{k+1} сумм, либо выделяется элементами И 11, 12 и схемой сравнения 16;

4) ошибка в образовании C_{k+1} переноса, вызванная неисправностью либо узла 1, либо узла 4 будет всегда выделена схемой сравнения 16.

Итак, сумматор с параллельным переносом позволяет организовать обнаружение всех сочетаний ошибок, вызываемых одиночной неисправностью сумматора, при организации его контроля по четности. Объем введенного дополнительного оборудования невелик и составляет на разряде величину, примерно равную 10 в смысле цены Квайна.

В заключение целесообразно сравнить предлагаемый сумматор с параллельным переносом и обеспечивающим обнаружение всех ошибок, вызываемых одиночной неисправностью, с известным сумматором с параллельным переносом [3], в котором также охвачено контролем все оборудование сумматора. Сравнение пока-

зывает, что известный сумматор значительно уступает предлагаемому сумматору по объему требуемого для его построения оборудования, а следовательно и по надежности. Действительно, объем оборудования схемы формирования суммы в предлагаемом сумматоре примерно в 1,8 раза меньше, чем в известном сумматоре, а объем введенного дополнительно в каждый разряд контрольного оборудования примерно в 1,7 раза меньше в сравнении с известным сумматором.

Формула изобретения

1. Сумматор с параллельным переносом, содержащий в каждом разряде узлы формирования функций генерации и транзита переноса, входы которых соединены с шинами значений разрядных слагаемых, узел образования параллельного переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами узлов формирования функций генерации и транзита переноса, с шинами значений функций генерации и транзита переноса предыдущих разрядов и с шиной значения входного переноса сумматора, узел формирования суммы, входы которого соединены с выходом узла формирования функций транзита переноса, с выходом инверсного значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда и с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из предыдущего разряда, отличающийся тем, что, с целью повышения его функциональной надежности, сумматор содержит в каждом разряде дополнительный узел формирования функции генерации переноса, входы которого соединены с шинами значений разрядных слагаемых, а выход соединен с дополнительным входом узла формирования суммы, сумматор также содержит в каждом разряде с весом 2^K ($K = 0, 2, 4, \dots$) первый элемент И, входы которого соединены с выходом дополнительного узла формирования функции генерации переноса и с выходом инверсного значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда, второй элемент И, первый вход которого через элемент НЕ соединен с выходом узла формирования функции транзита переноса, а второй вход соединен с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда, выходы элементов И соединены с шиной сигнализации сбоя сумматора, в каждом разряде с весом 2^{k+1} сумматор содержит дополнительный узел образования переноса из данного разряда, входы которого соединены с выходами дополнительного узла формирова-

ния функции генерации переноса и узла формирования функции транзита переноса, а также с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из предыдущего разряда, схему сравнения, входы которой соединены с выходом дополнительного узла образования переноса из данного разряда и с выходом прямого значения переноса узла образования параллельного переноса из данного разряда, а выход соединен с шиной сигнализации сбоя сумматора.

2. Сумматор по п. 1, отличающийся тем, что узел формирования функции генерации переноса выполнен в виде логического элемента И, входы и выход которого являются входами и выходом узла формирования функции генерации переноса.

3. Сумматор по п. 1, отличающийся тем, что узел формирования функции транзита переноса выполнен в виде логического элемента ИЛИ, входы и выход которого являются входами и выходом узла формирования функции транзита переноса.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Селлерс Ф. Методы обнаружения ошибок в работе ЭЦВМ. М., "Мир", 1972, с. 108.
2. Селлерс Ф. Методы обнаружения ошибок в работе ЭЦВМ. М., "Мир", 1972, с. 127-130.
3. Авторское свидетельство СССР №474804, кл. G 06 F 7/385, 1972.
4. Карцев М. А. Арифметика цифровых машин. М., "Наука", 1969, с. 152, с. 213-217 (прототип).

