



УКРАЇНА

(19) UA (11) 6597 (13) C1

(51)5 G 06 F 15/36

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОБЧИСЛЮВАННЯ ЗМІННОГО СЕРЕДНЬОГО ЗНАЧЕННЯ

1

(20) 94301103 11 03 93

(21) 4873839/24

(22) 11 10 90, SU

(46) 29 12 94 Бюл. № 8-1

(56) 1 Авторское свидетельство СССР
№ 1485270 кл. G 06 F 15/36 19872 Авторское свидетельство СССР
№ 1589290, кл. G 06 F 15/36 1988 (прототип)(71) Науково-дослідний інститут телевізійної
техніки "Електрон"

(72) Елманов Сергій Олександрович

(73) Елманов Сергій Олександрович, UA

(57) Устройство для вычисления скользящего среднего значения, содержащее сумматор, два блока вычитания, первый блок деления и два блока элементов задержки, причем информационный вход первого блока элементов задержки является информационным входом устройства, тактовый вход которого соединен с тактовыми входами первого блока деления и первого и второго блоков элементов задержки, выход первого блока элементов задержки соединен со входом вычитаемого первого блока вычитания, выход которого подключен к первому входу сумматора, первый выход второго блока элементов задержки соединен со входом вычитаемого второго блока вычитания, выход

2

первого делителя является выходом одномерного скользящего среднего устройства, входом задания числа выборок одномерного массива которого является вход делителя первого блока деления, отличающееся тем, что в него введены второй блок деления и накапливающий сумматор, тактовые входы которых соединены с тактовым входом устройства, информационный вход которого подключен ко входу уменьшаемого первого блока вычитания, выход сумматора соединен с информационным входом второго блока элементов задержки, второй выход которого является выходом одномерной скользящей суммы устройства и соединен со входом делимого первого блока деления и со вторым входом сумматора, третий выход второго блока элементов задержки подключен ко входу уменьшаемого второго блока вычитания, выход которого соединен с информационным входом накапливающего сумматора, выход которого является выходом двумерной скользящей суммы устройства и соединен со входом делимого второго блока деления, входом делителя и выходом которого являются соответственно вход задания числа выборок двумерного массива и выход двумерного скользящего среднего устройства.

Устройство относится к вычислительной технике и предназначено для использования в быстродействующих специализированных устройствах при обработке двумерных массивов данных, в частности для обработки телевизионных изображений в реальном масштабе времени.

Известно устройство для вычисления скользящего среднего [1], содержащее сумматор, $m-1$ сдвигающих регистров (m - число выборок) счетчик, дополнительный сумматор, дополнительный блок деления, K триггеров (K - число интервалов усреднения), K блоков памяти, $K-1$ коммутаторов.

(19) UA (11) 6597 (13) C1

Устройство реализует вычисление среднего значения и суммы отсчетов по двумерной скользящей апертуре путем параллельного суммирования отсчетов текущего отрезка строки и подсчитанных ранее сумм элементов соответствующих отрезков других строк, принадлежащих текущей двумерной апертуре. Процесс суммирования соответствующих значений организован параллельно-последовательно. Для вычисления сумм соответствующих значений используются два последовательно соединенных многоходовых сумматора.

Недостатком устройства являются высокие аппаратные затраты, особенно при больших размерах скользящей апертуры.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому является устройство для скользящего усреднения [2], содержащее первый блок элементов задержки (блок сдвигающих регистров), два блока вычитания (вычитатели), регистр, второй блок элементов задержки, два сумматора, блок деления, третий блок элементов задержки, причем информационный вход первого блока элементов задержки является информационным входом устройства, тактовый вход которого соединен с тактовыми входами блока деления и первого и второго блоков элементов задержки, выход первого блока элементов задержки соединен со входом вычитаемого первого блока вычитания, выход которого подключен к первому входу сумматора, первый выход второго блока элементов задержки соединен со входом вычитаемого второго блока вычитания, выход первого блока деления является выходом одномерного скользящего среднего устройства, входом задания числа выборок одномерного массива которого является вход делителя первого блока деления, информационный вход устройства соединен со вторым входом первого сумматора, вход которого соединен с информационным входом регистра, выход которого соединен с входом уменьшаемого первого блока вычитания, с первым входом второго сумматора и информационным входом второго блока элементов задержки, выход второго блока вычитания соединен со вторым входом второго сумматора, выход которого соединен со входом делимого блока деления, с выходом скользящей суммы устройства и информационным входом третьего блока элементов задержки, выход которого соединен со входом вычитаемого второго блока вычитания, тактовый вход третьего блока элементов задержки объединен с тактовым входом регистра и соединен с тактовым входом устройства.

Недостатком устройства является сложность из-за большого объема аппаратных затрат, необходимых для реализации блоков элементов задержки

Задачей изобретения является упрощение устройства.

Упростить устройство возможно по иному организовав процесс рекуррентных вычислений. Вычисление двумерного локального среднего можно реализовать путем рекурсивного вычисления среднего значения по отрезкам столбцов высотой M отсчетов с последующим рекурсивным вычислением суммы N соответствующих скользящих сумм, значение которой соответствует сумме значений элементов текущей локальной скользящей апертуры. Такой подход к рекурсивному вычислению локального среднего позволяет существенно сократить требуемый объем (разрядность) блоков элементов задержки и упростить устройство.

Поставленная задача решается тем, что в устройство для вычисления скользящего среднего значения, содержащее сумматор, два блока вычитания, первый блок деления и два блока элементов задержки, причем информационный вход первого блока элементов задержки является информационным входом устройства, тактовый вход которого соединен с тактовым входом первого блока деления и первого и второго блоков элементов задержки, выход первого блока элементов задержки соединен со входом вычитаемого первого блока вычитания, выход которого подключен к первому входу сумматора, первый выход второго блока элементов задержки соединен со входом вычитаемого второго блока вычитания, выход первого делителя является выходом одномерного скользящего среднего устройства, входом задания числа выборок одномерного массива которого является вход делителя первого блока деления, дополнительно введены второй блок деления и накапливающий сумматор, тактовые входы которых соединены с тактовым входом устройства, информационный вход которого подключен ко входу уменьшаемого первого блока вычитания, выход сумматора соединен с информационным входом второго блока элементов задержки, второй выход которого является выходом одномерной скользящей суммы устройства и соединен со входом делимого первого блока деления и со вторым входом сумматора, третий выход второго блока элементов задержки подключен ко входу уменьшаемого второго блока вычитания, выход которого соединен с информационным входом накапливающего сумматора, выход ко-

торого является выходом двумерной скользящей суммы устройства и соединен со входом делимого второго блока деления, входом делителя и выходом которого являются соответственно вход задания числа

выборки двумерного массива и выход двумерного скользящего среднего устройства. Объем блоков элементов задержки в предлагаемом устройстве по сравнению с устройством-прототипом меньше на 38%. При аппаратурной реализации рассматриваемых устройств уровень затрат (количество корпусов микросхем) определяется, в основном, объемом блоков элементов задержки. При этом объем аппаратурных затрат при реализации предлагаемого устройства примерно на 30-35% меньше, чем у устройства прототипа.

Таким образом, новая организация процесса рекурсивных вычислений позволяет существенно снизить объем элементов задержки (особенно при больших размерах скользящей апертуры) и тем самым снизить общий объем аппаратурных затрат и существенно упростить устройство при его реализации.

Таким образом, введение известных блоков и новых связей между ними позволяет упростить устройство по сравнению с устройством-прототипом.

На фиг. 1 представлена схема заявляемого устройства; на фиг. 2 - взаимное расположение элементов текущей апертуры $b_{i,j}$ и предшествующей апертуры $b_{i,j-1}$ и текущего отсчета n_{ij} изображения.

Устройство содержит блоки 1 и 2 элементов задержки, вычитатели 3 и 4, сумматор 5, накапливающий сумматор 6, блоки 7 и 8 деления, информационный вход 9 устройства, тактовый вход 10 устройства, вход 11 задания числа выборок одномерного массива, вход 12 задания числа выборок двумерного массива, выход 13 одномерного скользящего среднего, выход 14 одномерной скользящей суммы устройства, выход 15 двумерного скользящего среднего устройства, выход 16 двумерной скользящей суммы устройства.

Информационный вход 9 устройства соединен со входом уменьшаемого вычитателя 3 и входом блока 1 элементов задержки. Выход блока 1 элементов задержки соединен со входом вычитаемого вычитателя 3. Выход вычитателя 3 соединен с первым входом сумматора 5. Выход сумматора 5 соединен со входом блока 2 элементов задержки. Третий выход блока 2 элементов задержки соединен со вторым входом сумматора 5, выходом 14 одномерной скользящей суммы устройства и входом делимого блока 7 деления.

Выход блока 7 деления является выходом 13 одномерного скользящего среднего устройства. Первый и второй выходы блока 2 элементов задержки соединены соответственно со входами уменьшаемого и вычитаемого вычитателя 4. Выход вычитателя 4 соединен со входом накапливающего сумматора 6. Выход накапливающего сумматора 6 соединен с выходом 16 двумерной скользящей суммы устройства и входом делимого блока 8 деления. Выход блока 8 деления является выходом 15 двумерного скользящего среднего устройства. Вход 11 задания числа выборок одномерного массива соединен со входом делителя блока 7 деления. Вход 12 задания числа выборок двумерного массива соединен со входом делителя блока 8 деления. Тактовые входы блоков 1 и 2 элементов задержки, накапливающего сумматора 6 и блоков 7 и 8 деления объединены и соединены с тактовым входом 10 устройства.

Блок 1 элементов задержки имеет длину $L \cdot M$, блок 2 элементов задержки имеет длину L , причем на его первом, втором и третьем выходах осуществляется задержка элементов на 1, $(N+1)$ и L тактов работы соответственно (где M и N - количество отсчетов в столбце и строке скользящей апертуры, L - количество отсчетов в строке изображения).

Устройство работает следующим образом.

Предлагаемое устройство реализует рекуррентное вычисление значения двумерной скользящей суммы и среднего значения. Двумерное скользящее среднее определяется путем вычисления среднего значения по элементам перемещающейся по двумерному массиву данных (изображению) прямоугольной апертуры размерности $M \times N$ элементов изображения (M и N - число отсчетов (элементов) изображения соответственно в столбце и строке апертуры) и замены значения центрального элемента апертуры подсчитанным средним значением.

Текущая апертура b_{ij} и предшествующая апертура $b_{i,j-1}$ (см. фиг. 2) отличаются друг от друга двумя столбиками $a_{i,j-N}$ и $a_{i,j}$ по M отсчетов в каждом. Учитывая это, можно записать

$$MEAN(b_{ij}) = MEAN(b_{i,j-1}) + MEAN(a_{ij}) - MEAN(a_{i,j-N}) \quad (1)$$

где: $MEAN(b_{i,j-1})$ - сумма значений отсчетов апертуры $b_{i,j-1}$.

$MEAN(a_{i,j-N})$ - сумма значений отсчетов столбца $a_{i,j-N}$.

В свою очередь, столбики a_{ij} и $a_{i-1,j}$ отличаются друг от друга двумя отсчетами $n_{i-m,j}$ и n_{ij} . Учитывая это, можно записать:

$MEAN(a_{ij}) = MEAN(a_{i-1,j}) + p_{ij} - p_{i-M,j}$ (2)
где $MEAN(a_{ij})$ — сумма значений отсчетов столбика a_{ij} отсчетов высотой M ;

p_{ij} — значение отсчета (i, j) изображения.

Подставив (2) в (1), получим:

$$MEAN(b_{ij}) = MEAN(b_{i,j-1}) + MEAN(a_{i-1,j}) + p_{ij} - p_{i-M,j} - MEAN(a_{i,j-M}) \quad (3)$$

Выражение (3) описывает порядок рекуррентного формирования значения суммы значений отсчетов текущей апертуры b_{ij} . При этом

$$p_{2\beta} = 0$$

$$MEAN(b_{2\beta}) = 0$$

$$MEAN(a_{2\beta}) = 0, \text{ если } \alpha \leq 0 \text{ или } \beta \leq 0 \quad (4)$$

Локальные средние значения a_{ij} и b_{ij} по одномерной и двумерной апертурам формируются путем деления сумм a_{ij} и b_{ij} на соответствующее количество отсчетов в апертурах:

$$\bar{a}_{ij} = \frac{1}{M} \cdot a_{ij} \quad (5)$$

$$\bar{b}_{ij} = \frac{1}{M \cdot N} \cdot b_{ij} \quad (6)$$

В начальный момент времени блоки 1 и 2 элементов задержки и накапливающий сумматор 6 обнулены.

Пусть в текущем k -ом такте работы устройства код текущего отсчета p_{ij} с информационного входа 9 устройства поступает на вход уменьшаемого вычитателя 3 и вход блока 1 элементов задержки длины $M \cdot L$ (где M — количество отсчетов в столбце скользящей апертуры, L — количество отсчетов в строке изображения). Код задержанного на $M \cdot L$ тактов работы отсчета $p_{i-M,j}$ с выхода блока 1 элементов задержки поступает на первый вход вычитателя 3. Значение величины $p_{ij} - p_{i-M,j}$ с выхода вычитателя 3 поступает на первый вход сумматора 3. Значение величины $MEAN(a_{i-1,j})$ с третьего выхода блока 2 элементов задержки длиной L поступает на выход 14 скользящей суммы устройства, на вход делимого блока 7 деления и второй вход сумматора 5. На выходе сумматора 5 формируется значение величины $MEAN(a_{ij}) = MEAN(a_{i-1,j}) + p_{ij} - p_{i-M,j}$ (согласно (2)), поступает на вход блока 2 элементов задержки. Значение величины M со входа 11 задания числа выборок одномерного массива поступает на вход делителя блока 7 деления. Значение текущего скользящего среднего значения $\bar{a}_{i-1,j}$ с выхода блока 7 деления поступает на выход 13 одномерного скользящего среднего устройства. Блок 2 элементов задержки длины L (где L — количество отсчетов в строке изображения) пред-

назначен для хранения промежуточных результатов — сумм $MEAN(a_{ik})(k = j, j-L)$ отсчетов соответствующих столбиков. Значения величин $MEAN(a_{i,j-1})$ и $MEAN(a_{i,j-N-1})$ со второго

и третьего выходов блока 2 элементов задержки поступают на входы уменьшаемого и вычитаемого вычитателя 4. Значение величины $MEAN(a_{i,j-1}) - MEAN(a_{i,j-N-1})$ поступает на вход накапливающего сумматора 6, в котором формируется значение $MEAN(b_{i,j-1}) = MEAN(b_{i,j-2}) + MEAN(a_{i,j-1}) - MEAN(a_{i,j-N-1})$. Значение величины $MEAN(b_{i,j-2})$ с выхода накапливающего сумматора 6 поступает на выход 16 двумерной скользящей суммы устройства и на вход делимого блока 8 деления. На вход делителя блока 8 поступает значение величины $M \cdot N$ со входа 12 задания числа выборок двумерного массива. Значение величины $b_{i,j-2}$ текущего скользящего среднего поступает на выход 15 двумерного скользящего среднего устройства.

С приходом очередного тактового импульса по его переднему фронту в блоки 1, 2 элементов задержки и накапливающий сумматор 6 осуществляется запись новых значений с их входов (прием информации). Затем, по заднему фронту того же тактового импульса, в блоках 1, 2 и 6 на их выходах формируются новые значения (происходит сдвиг информации) и начинается следующий такт работы устройства.

Устройство работает в конвейерном режиме и в каждом такте работы на соответствующих выходах устройства будут формироваться соответственно значения одномерной суммы, одномерного скользящего среднего, двумерной суммы и двумерного скользящего среднего по соответствующим апертурам.

В начальный момент времени блоки 1 и 2 элементов задержки и накапливающий сумматор 6 обнулены и на протяжении первых тактов работы осуществляется формирование промежуточных результатов согласно выражениям (1) — (3) с учетом начальных условий (4) для последующего рекуррентного вычисления соответствующих значений согласно выражениям (1) — (3).

Предлагаемое устройство работает в конвейерном режиме. Такт работы конвейера определяется временем срабатывания наиболее медленного звена конвейера. Такт работы предлагаемого устройства равен суммарному времени сдвига информации в элементе задержки и срабатывания сумматора и вычитателя

$$t = t_{cg} + t_c + t_b$$

где: t — время такта работы устройства;

t_{cg} — время сдвига информации в блоке элементов задержки;

t_c — время срабатывания сумматора,

t_b — время срабатывания вычитателя

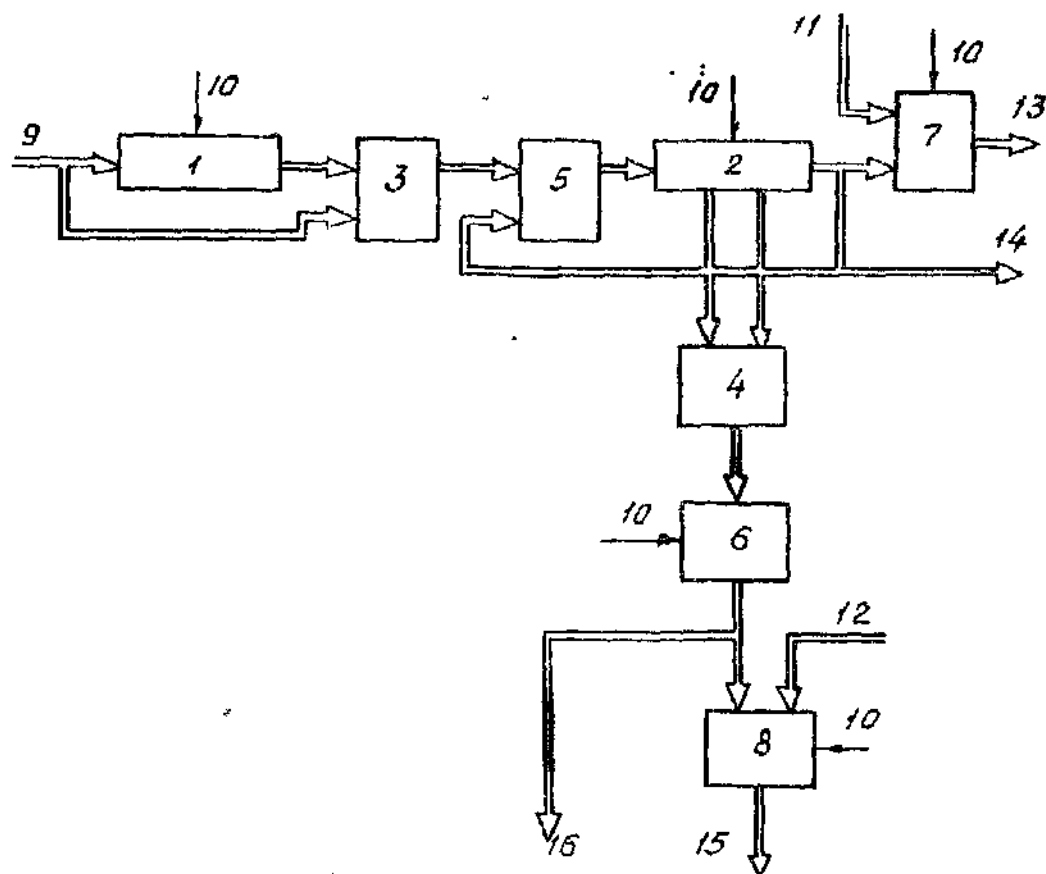
Принимая $t_{cg} = 40$ нс, $t_c = 40$ нс $t_b = 50$ нс имеем

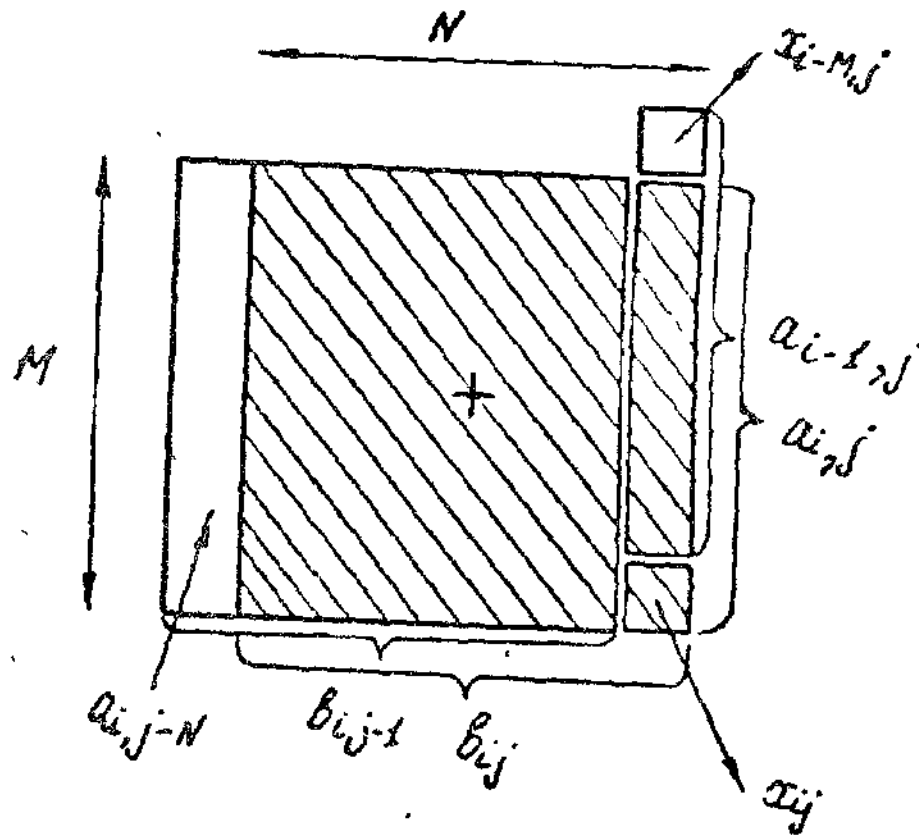
$$\bar{t} = 40 + 40 + 50 \text{ нсек} = 130 \text{ нсек}$$

Такт работы \bar{t} конвейера не превышает 130 нсек. Быстродействие заявляемого устройства выше быстродействия прототипа в

$$t/\bar{t} = 440 \text{ нсек} / 130 \text{ нсек} \approx 3,4 \text{ раза}$$

Высокое быстродействие позволяет использовать заявляемое устройство в быстродействующих специализированных устройствах обработки различного рода сигналов, в частности, для обработки телевизионных изображений в реальном масштабе времени





фиг. 2

Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор М.Керецман

Замовлення 635

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна 101