

Союз Советских  
Социалистических  
Республик



Государственный комитет  
Совета Министров СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 510717

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 18.04.74 (21) 2016691/18-24

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 15.04.76. Бюллетень № 14

Дата опубликования описания 25.05.76

(51) М. Кл.<sup>2</sup> G 06F 15/34

(53) УДК 681.325(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

Б. В. Немытов, А. Н. Морозевич и А. Е. Леусенко

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

## (54) СИНУСНО-КОСИНУСНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

1

Изобретение относится к области вычислительной техники, в частности к специализированным вычислителям и предназначено для преобразования последовательности импульсов по синусоидальной и косинусоидальной зависимости.

Известен синусно-косинусный функциональный преобразователь, содержащий блок линейных преобразователей, триггер знака, две группы элементов «ИЛИ», счетчик приращений и группу переключателей, первые выходы которых соединены с входами первой группы элементов «ИЛИ», а управляющие входы подключены к соответствующим выходам счетчика приращений.

Однако такие устройства позволяют формировать узкий класс функциональных зависимостей, ограниченных условием  $\left| \frac{dy}{dx} \right| \leq 1$ , в то время как для воспроизведения синусоидальных (косинусоидальных) зависимостей вида

$$f(x) = A \cdot \sin \omega \cdot x$$

при  $A > 1$  (или  $\omega > 1$ ) требуется выполнение условия  $\left| \frac{dy}{dx} \right| < \infty$ . Кроме того, шаг изменения угла наклона аппроксимирующих отрезков ограничен емкостью счетчика приращений.

2

Изменение емкости этого счетчика с целью изменения угла наклона приводит к изменению длины аппроксимирующих отрезков, что влечет за собой появление дополнительных погрешностей аппроксимации.

Цель изобретения — повышение точности вычислений при воспроизведении значений функций по синусоидальной и косинусоидальной зависимостям.

Поставленная цель достигается тем, что в предлагаемый преобразователь дополнительно введены реверсивный счетчик и элементы задержки, входы которых соединены с соответствующими выходами блока линейных преобразователей, подключенного входом к входу счетчика приращений, а выходы подключены к сигнальным входам группы переключателей, вторые выходы которых соединены с входами второй группы элементов «ИЛИ», причем выходы обеих групп элементов «ИЛИ» подключены к соответствующим входам реверсивного счетчика, а выход счетчика приращений соединен с входом триггера знака.

На чертеже показана структурная схема предлагаемого преобразователя.

Синусно-косинусный функциональный преобразователь содержит счетчик приращений 1, блок линейных преобразователей 2, элементы задержки 3, группу переключателей 4, две

группы элементов «ИЛИ» 5, 6, реверсивный счетчик 7, триггеры 8, 9, управляемый ключ 10, счетчик аргумента 11 и ключ 12.

Функционирование предлагаемого устройства основано на использовании принципа кусочно-линейной аппроксимации при воспроизведении функциональной зависимости, причем участок синусоиды (косинусоиды), соответствующий четверти периода, аппроксимируется одним отрезком с одновременной коррекцией, заключающейся в дополнительной аппроксимации двумя отрезками кривой, ординаты которой представляют собой разность между значениями синуса (косинуса) на этом участке и соответствующими значениями этих функций, полученными в результате предыдущей аппроксимации, с последующим суммированием соответствующих значений ординат всех аппроксимирующих отрезков. Если необходимо вычисления производить с более высокой точностью, то можно аппроксимировать каждый сегмент, представляющий собой разность между истинными значениями синусов или косинусов (синусоида, косинусоида) и аппроксимированными значениями их, полученными в результате предыдущего суммирования, также двумя отрезками. Увеличивая количество таких операций (шагов коррекции), можно достигать любую наперед заданную точность, причем для заданной погрешности вычислений несложно подсчитать необходимое количество шагов коррекции, которые реализуются в устройстве параллельно на каждом такте.

Таким образом, при аппаратурной реализации подобной аппроксимации должны выполняться следующие операции:

параллельное формирование отрезков прямых (число которых определяется допустимой погрешностью аппроксимации), имеющих различные углы наклона к оси абсцисс и различную длину;

суммирование текущих значений ординат аппроксимирующих отрезков.

Преобразователь работает следующим образом.

В исходном состоянии все триггеры и счетчики находятся в нулевом состоянии. Ключ 12 разомкнут — режим генерации функции синуса. По сигналу «Пуск» триггер 9 переводится в единичное состояние, что открывает управляемый ключ 10. Тактовые импульсы, каждый из которых представляет собой единичное приращение аргумента  $\Delta x$ , через ключ 10 поступают на входы блока линейных преобразователей 2 и счетчика приращений 1, причем сигнал переполнения счетчика 1, емкость которого соответствует значению аргумента, равного  $180^\circ$ , поступает на счетный вход триггера 8, перебрасывая его каждый раз в противоположное состояние. Так происходит формирование знака воспроизводимой зависимости. Условимся, что единичное состояние триггера знака 8 соответствует отрицательному

знаку вычисляемой функции, а нулевое — положительному.

Блок линейных преобразователей 2 по мере поступления на его вход приращений  $\Delta x$  формирует на своих выходах требуемые линейные зависимости с соответствующими углами наклона, которые через элементы задержки 3 поступают на первые входы соответствующих переключателей 4, причем количество выходов преобразователя 2 зависит от заданной точности вычислений. Сигналы с соответствующих выходов счетчика приращений 1 поступают на другие входы переключателей 4, изменяя знак приращений линейных зависимостей, поступающих на их первые входы.

Таким образом, формируются аппроксимирующие отрезки соответствующей длины с соответствующими углами наклона.

С первых выходов переключателей 4 сигналы, соответствующие линейным зависимостям, одинаковым по знаку (плюс), поступают на суммирующий вход реверсивного счетчика 7 через группу элементов «ИЛИ» 5 для суммирования. Сигналы, соответствующие линейным зависимостям с обратным знаком (минус), со вторых выходов переключателей 4 поступают на вычитающий вход реверсивного счетчика 7 через группу элементов «ИЛИ» 6. Элементы задержки 3 введены для разнесения во времени сигналов, из которых формируется приращение вычисляемой функции, предотвращая одновременное поступление сигналов на суммирующий и вычитающий входы реверсивного счетчика 7. Причем время задержки каждого элемента 3 различно и относится друг к другу как 1:2:3... Минимальное время задержки определяется временем переходных процессов в реверсивном счетчике 7. Такое разнесение сигналов во времени позволяет формировать линейные зависимости с углами наклона от  $-90^\circ$  до  $+90^\circ$ .

Результат вычисления формируется на реверсивном счетчике 7, а знак результата в триггере 8.

Если конечным результатом вычислений является получение приращений функции на каждом шаге, то нужно производить «Сброс» реверсивного счетчика 7 после каждого шага (периода следования импульсов  $\Delta x$ ).

Использование счетчика аргумента 11 (ключ 12 замкнут) позволяет производить вычисления для дискретных значений аргумента. В этом случае значение аргумента в дополнительном коде заносится в счетчик 11, после подачи на его вход импульсной последовательности, соответствующей заданному аргументу вычисляемой функции, на выходе счетчика аргумента 11 появляется импульс переполнения, поступающий на «нулевой» установочный вход триггера 9, переключая его в нулевое состояние. В результате этого ключ 10 закрывается, что соответствует окончанию процесса вычислений.

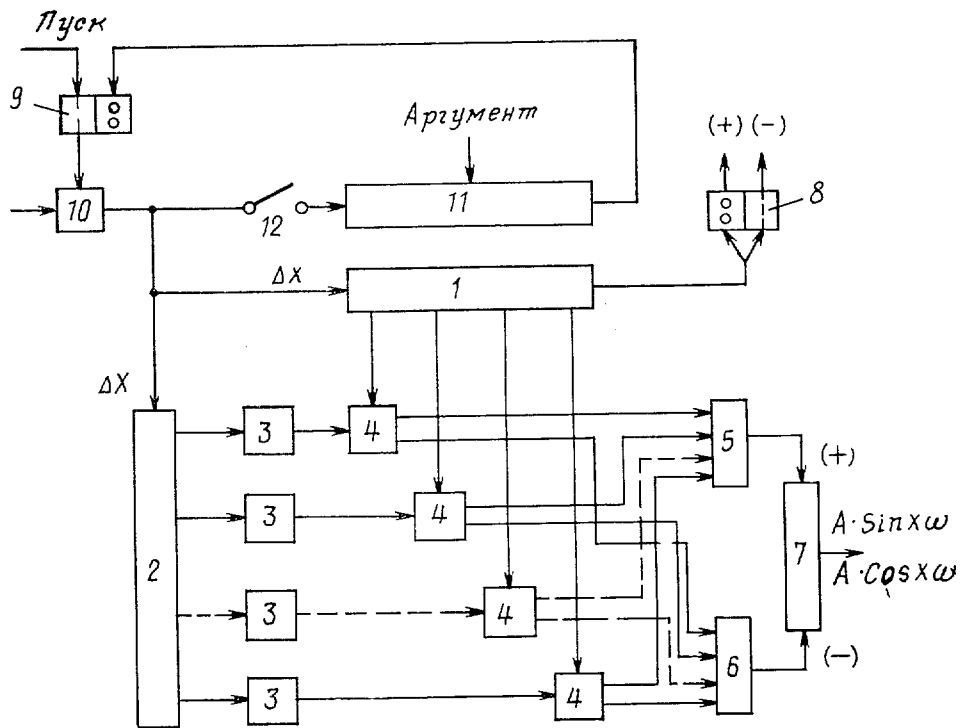
Функционирование устройства при вычислении косинусной зависимости аналогично. От-

личие заключается в том, что исходное состояние преобразователя будет следующим: в счетчик 7 заносится значение, соответствующее  $\cos 0^\circ = 1$  ( $\cos 0^\circ = \sin 90^\circ$ ), а в счетчик приращений 1 заносится значение аргумента, соответствующее  $90^\circ$ .

### Формула изобретения

Синусно-косинусный функциональный преобразователь, содержащий блок линейных преобразователей, триггер знака, две группы элементов «ИЛИ», счетчик приращений и группу переключателей, первые выходы которых соединены с входами первой группы элементов «ИЛИ», а управляющие входы под-

ключены к соответствующим выходам счетчика приращений, отличающийся тем, что, с целью повышения точности, в него дополнительно введены реверсивный счетчик и элементы задержки, входы которых соединены с соответствующими выходами блока линейных преобразователей, подключенного входом к входу счетчика приращений, а выходы подключены к сигнальным входам группы переключателей, вторые выходы которых соединены с входами второй группы элементов «ИЛИ», причем выходы обеих групп элементов «ИЛИ» подключены к соответствующим входам реверсивного счетчика, а выход счетчика приращений соединен с входом триггера знака.



Составитель **Б. Немытов**

Редактор **И. Шубина**

Техред **Т. Трусова**

Корректор **О. Тюрина**

Заказ 1108/7

Изд. № 1264

Тираж 864

Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР

по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Типография, пр. Сапунова, 2