



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1251112 A1

(51) 4 G 06 G 7/186

13

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3855173/24-24

(22) 12.02.85

(46) 15.08.86. Бюл. № 30

(71) Минский радиотехнический институт

(72) В. А. Кешишьян и А. А. Прокопенко

(53) 681.3(088.8)

(56) Марше Ж. Операционные усилители и их применение. Энергия, 1974, с. 70.

Авторское свидетельство СССР
№ 1144122, кл. G 06 G 7/12,
G 06 G 7/186, 1983.

(54) ИНТЕГРАТОР

(57) Изобретение относится к области автоматики и вычислительной техники и может найти применение в различных устройствах в качестве базового узла при построении, например, электрических фильтров. Цель изобретения - повышение точности интегратора. Интегратор содержит генератор импуль-

сов, первый мостовой ключ с первым накопительным конденсатором в диагонали, операционный усилитель, второй мостовой ключ с вторым накопительным конденсатором в диагонали, первую и вторую пары ключей, к общим выводам которых подключены третий и четвертый накопительные конденсаторы, две пары ключей, между общими выводами которых включены пятый и шестой накопительные конденсаторы, и схему управления, выполненную на трех триггерах и трех элементах И. Достижение поставленной цели обеспечено за счет схемной реализации алгоритма численного интегрирования по правилу трапеций путем введения в прототип дополнительных накопительных конденсаторов и спаренных ключей и благодаря особенностям связей между логическими элементами схемы управления и элементами схемы интегратора. 1 ил.

(19) SU (11) 1251112 A1

Изобретение относится к автоматике и вычислительной технике и может найти применение в различных устройствах в качестве базового узла при построении, например, электрических фильтров.

Целью изобретения является повышение точности интегратора.

На чертеже приведена схема интегратора.

Интегратор содержит генератор 1 импульсов, первый мостовой ключ 2 с первым накопительным конденсатором 3 в диагонали и ключами 4 - 7 в плечах, операционный усилитель 8, ключи 9 - 12, входящие в состав второго мостового ключа 13 с вторым накопительным конденсатором 14 в диагонали, первую и вторую пары ключей 15 и 16, к общим выводам которых подключены третий и четвертый накопительные конденсаторы соответственно 17 и 18, первые ключи 19 и 20 и вторые ключи 21 и 22 соответственно пар ключей 15 и 16, третью и четвертую пары ключей 23, пятую и шестую пары ключей 24, между общими выводами которых включены пятый и шестой накопительные конденсаторы соответственно 25 и 26, первые ключи 27₁, 27₂ и 28₁, 28₂ и вторые ключи 29₁, 29₂ и 30₁, 30₂ соответственно пар ключей 23 и 24; схему 31 управления интегратором с выходами 32 - 36, выполненной на первом, втором и третьем триггерах 37 - 39 и элементах И 40 - 42, соединенных по приведенной схеме; кроме того, интегратор имеет вход 43 и выход 44.

Интегратор работает следующим образом.

На вход 43 интегратора подается сигнал, подлежащий интегрированию. Схема 31 управления представляет собой регистр сдвига на тактируемых фронтах триггерах 37, 38 и 39, которые изменяют свое первоначальное состояние при изменении переднего фронта тактового импульса, поступающего на их первые входы, в соответствии с уровнем потенциала, находящимся на их вторых входах. Пусть все триггеры находятся в состоянии "0". В момент времени $t=0$ первый импульс с выхода генератора 1 тактовых импульсов поступает на первые входы первого, второго и третьего триггеров 37 - 39. В это время сигнал "1"

со второго выхода первого триггера 37 поступает на его второй вход, в результате чего по переднему фронту первого тактового импульса триггер 37 переключается и на его первом выходе появляется высокий потенциал, который поступает на вход первого элемента И 40. При этом первый тактовый импульс с генератора 1 поступает на другой вход элемента И 40, на выходе которого формируется управляющий сигнал. В результате длительность импульсов на выходе 32 схемы 31 управления равна длительности тактовых импульсов с выхода генератора 1 импульсов, а длительность импульсов на выходе 35 равна периоду импульсов 1 генератора.

Таким образом, в момент $t=0$ импульс с выхода 32 схемы 31 управления поступает на ключи 4 и 7 мостового ключа 2, ключ 21 пары ключей 15, ключи 29₁, 29₂ пар ключей 23 и ключи 28₁, 28₂ пар ключей 24. В этот же момент времени ($t=0$) с выхода 35 схемы 31 управления подается сигнал на управляющие входы ключей 9 и 12 мостового ключа 13, в результате чего последние открываются. При этом накопительный конденсатор 3 заряжается до входного напряжения (напряжения на входе 43 в момент времени $t=0$), т.е.

$$U_1(0) = \frac{Q_{c3}(0)}{C_3}, \quad (1)$$

где U - напряжение;
 C - емкость;
 Q - заряд.

В тот же момент времени ($t=0$) накопительный конденсатор 14 и накопительный конденсатор 26 заряжаются до выходного напряжения (напряжения на выходе 44 интегратора). Поэтому для этого момента времени можно записать зарядное уравнение

$$C_3 U_1(0) = C_{14} U_2(0) + C_{26} U_2(0), \quad (2)$$

где $U_1(0)$ - напряжение на входе 43;
 $U_2(0)$ - напряжение на выходе интегратора.

Однако, в силу того, что ключи 30₁, 30₂ пар ключей 24 в момент $t=0$ закрыты, заряд, образующийся на конденсаторе 26, запоминается и не оказывает влияния на выходной сигнал. В уравнение (2) не входит член Q_{c17} , так как конденсатор 17 в этот момент не заряжается (т.е. его заряд равен

нулю). Таким образом, для момента $t=0$ остается справедливым уравнение

$$C_3 U_1(0) = C_{14} U_2(0),$$

откуда напряжение на выходе 44 интегратора

$$U_2(0) = \frac{C_3}{C_{14}} U_1(0). \quad (3)$$

Полагая, что $2C_3 = C_{14}$, получим

$$U_2(0) = \frac{1}{2} U_1(0) = \frac{1}{2} Y(0).$$

В следующий момент времени $t=1$ с приходом второго тактового импульса с выхода генератора 1 импульсов первый триггер 37 вновь переключается в состояние "0", а второй триггер 38 переключается в состояние "1", третий триггер 39 при этом остается в состоянии "0". Сигнал "1" с выхода триггера 38, который одновременно является и пятым выходом 36 20 схемы 31 управления, поступает на вход элемента И 41, на другой вход которого поступает второй тактовый импульс с генератора 1, в результате чего на выходе элемента И 41 25 присутствует импульс, который включает ключи 5 и 6 мостового ключа 2, ключ 19, ключ 22, ключи 27₁, 27₂ и 30₁, 30₂, а с выхода 36 подается сигнал, по длительности равный периоду следования тактовых импульсов с генератора 1, в результате чего 30 включаются ключи 10 и 11 мостового ключа 13.

Накопительный конденсатор 3 перезаряжается до нового напряжения, присутствующего на входе 43 интегратора в момент времени $t=1$. Заряд на конденсаторе 3 в этот момент равен

$$Q_{C_3}(1) = C_3 U_1(1).$$

В этот же момент времени происходит заряд третьего накопительного конденсатора 17 пары ключей 15 до входного напряжения. При этом заряд конденсатора 17 равен

$$Q_{C_{17}}(1) = C_{17} U_1(1).$$

Однако в силу того, что ключ 21 в момент $t=1$ закрыт, заряд, образующийся на конденсаторе 17, запоминается и не оказывает влияния на выходное напряжение, как и заряд $Q_{C_{25}}(1) = C_{25} U_2(1)$, образовавшийся на конденсаторе 25. Поэтому для момента времени $t=1$ справедливо следующее зарядное уравнение:

$$Q_{C_3}(1) + Q_{C_{26}}(0) = Q_{C_{14}}(1). \quad (4)$$

Знак "+" у слагаемого $Q_{C_{26}}(0)$ обусловлен инвертирующими свойствами пар ключей 24. В уравнение (4) не входит член $Q_{C_{18}}$, так как конденсатор 18 через вторую пару ключей 16 не заряжается, т.е. он пока не вступал в работу.

Из выражения (4) выходное напряжение на выходе 44 для этого момента времени составляет

$$U_2(1) = \frac{C_3}{C_{14}} U_1(1) + \frac{C_{26}}{C_{14}} U_2(0). \quad (5)$$

С учетом выражения (3) выражение (5) примет вид

$$U_2(1) = \frac{C_3}{C_{14}} U_1(1) + \frac{C_{26}}{C_{14}} \cdot \frac{C_3}{C_{14}} U_1(0) \quad (6)$$

Считая, что $2C_3 = C_{14}$ и $C_{26} = C_{14}$, получим

$$U_2(1) = \frac{1}{2} U_1(0) + \frac{1}{2} U_1(1) = \frac{1}{2} Y(0) + \frac{1}{2} Y(1).$$

В следующий момент времени $t=2$ первый триггер 37 вновь оказывается в состоянии "1", второй триггер 38 - в состоянии "0", а третий триггер 39 переходит в состояние "1". Поскольку выход триггера 39 соединен с одним из входов третьего элемента И 42, на другой вход которого поступает тактовый импульс с выхода генератора 1 импульсов, на выходе элемента И 42 присутствует импульс. Таким образом, в момент времени $t=2$ управляющие импульсы присутствуют на первом 32, третьем 34 и четвертом 35 выходах схемы 31 управления. Управляющие импульсы на выходах 32 и 35 схемы 31 управления включают все ключи, которые были включены в момент времени $t=0$. В этот же момент времени ($t=2$) импульсом с третьего выхода 34 схемы 31 управления включается ключ 20 второй пары ключей 16 и конденсатор 18 заряжается до значения $Q_{C_{18}}(2) = C_{18} U_1(2)$. С учетом зарядов $Q_{C_{17}}(1)$ и $Q_{C_{25}}(1)$, запомненных в предыдущем интервале времени, зарядное уравнение примет вид

$$C_3 U_1(2) + C_{17} U_1(1) + C_{25} U_2(1) = C_{14} U_2(2). \quad (7)$$

Учитывая, что $2C_3 = 2C_{17} = 2C_{18} = C_{14} = C_{15} = C_{26}$, окончательно с учетом (6) получим

$$U_2(2) = \frac{1}{2} U_1(2) + \frac{1}{2} U_1(1) + \frac{1}{2} U_1(1) + \frac{1}{2} U_1(0) = \frac{1}{2} Y(0) + Y(1) + \frac{1}{2} Y(2).$$

Далее процесс повторяется, поэтому для n -го момента времени выходное напряжение составляет

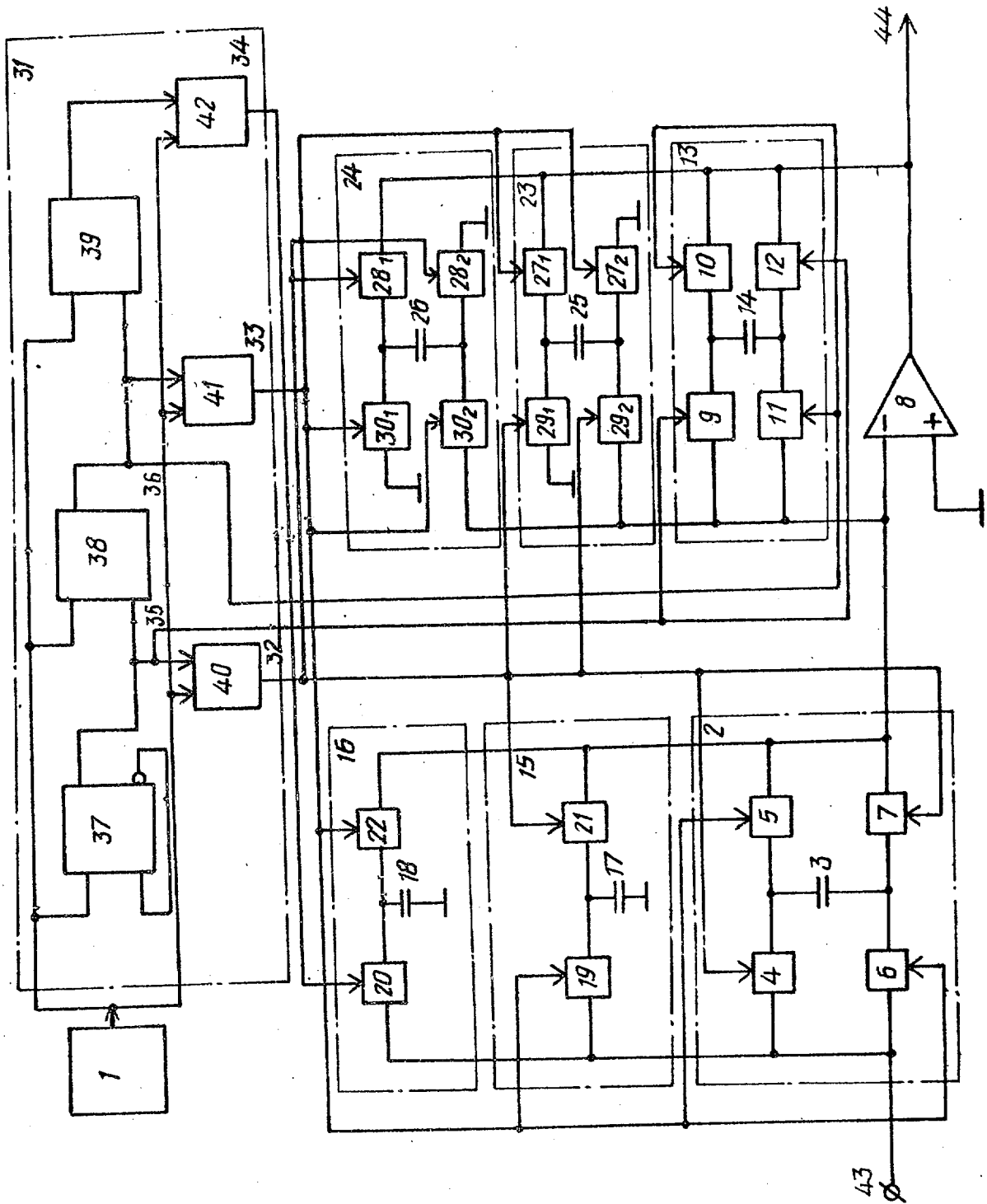
$$U_1(n) = \frac{1}{2}U_1(0) + U_1(1) + U_1(2) + \dots + U_1(n-1) + \frac{1}{2}U_1(n) = \frac{1}{2}Y(0) + Y(1) + Y(2) + \dots + Y(n-1) + \frac{1}{2}Y(n). \quad (8)$$

Полученное выражение (8) описывает известное правило трапеций для численного интегрирования, согласно которому приближенное значение интеграла получается в виде суммы площадей трапеций.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Интегратор, содержащий первый и второй мостовые ключи, в одной диагонали которых включены соответственно первый и второй накопительные конденсаторы, а другие диагонали включены соответственно между входом интегратора и инвертирующим входом операционного усилителя и между инвертирующим входом операционного усилителя и выходом интегратора, первый и второй триггеры и первый и второй элементы И, одни входы которых объединены и подключены к выходу генератора импульсов, а другие входы подсоединены к первым выходам соответственно первого и второго триггеров, выход первого элемента И подключен к управляющим входам одной пары ключей противоположных плеч первого мостового ключа, неинвертирующий вход операционного усилителя подключен к шине нулевого потенциала, а его выход является выходом интегратора, отличающийся с тем, что, с целью повышения точности, он содержит третий, четвертый, пятый и шестой накопительные конденсаторы, первую, вторую, третью, четвертую, пятую и шестую пары последовательно соединенных ключей, третий триггер и третий элемент И, два входа которого подключены к выходам соответственно третьего триггера и генератора импульсов, первые входы всех триггеров объединены и соединены с выходом

генератора импульсов, первые выходы первого и второго триггеров подключены соответственно к вторым входам второго и третьего триггеров, а второй выход первого триггера соединен со своим вторым входом, третий и четвертый накопительные конденсаторы включены между общими выводами ключей соответственно первой и второй пар и шиной нулевого потенциала, пятый накопительный конденсатор включен между общими выводами ключей третьей и четвертой пар, а шестой накопительный конденсатор — между общими выводами ключей пятой и шестой пар, свободные информационные выводы первых ключей первой и второй пар подключены к входу интегратора, а свободные информационные выводы их вторых ключей и свободные информационные выводы вторых ключей третьей и пятой пар соединены с инвертирующим входом операционного усилителя, выход которого подключен к свободным информационным выводам первых ключей четвертой и шестой пар, свободные информационные выходы первых ключей третьей и пятой пар и вторых ключей четвертой и шестой пар соединены с шиной нулевого потенциала, управляющие входы другой пары ключей противоположных плеч первого мостового ключа, первого ключа первой пары, второго ключа второй пары, первых ключей третьей и четвертой пар и вторых ключей пятой и шестой пар объединены и подключены к выходу второго элемента И, управляющие входы второго ключа первой пары, вторых ключей третьей и четвертой пар и первых ключей пятой и шестой пар подсоединены к выходу первого элемента И, управляющий вход первого ключа второй пары подключен к выходу третьего элемента И, управляющие входы ключей противоположных плеч второго мостового ключа подключены попарно к первым выходам соответственно первого и второго триггеров.



Составитель А. Маслов

Редактор И. Рыбченко

Техред М. Ходанич Корректор С. Шекмар

Заказ 4413/47

Тираж 671

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4