



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 763908

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 02.03.78 (21) 2587514/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.09.80. Бюллетень № 34

Дата опубликования описания 18.09.80

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

G 06 G 7/12

(53) УДК 681.335  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

И.В.Герасимов, К.Г.Жуков, С.В.Костичев и В.Н.Горбачев.

(71) Заявитель

Ленинградский ордена Ленина электротехнический институт  
им. В.И.Ульянова (Ленина)

### (54) ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

Изобретение относится к аналоговой вычислительной технике.

Известно вычислительное устройство для время-импульсных сигналов [1], содержащее формирующий и раздельный узлы импульсов, разрядное устройство, интегрирующий усилитель, триггер, генератор пилообразного напряжения, эмиттерный повторитель, ключевые элементы, запоминающий конденсатор, компаратор и электромагнитные линии задержки. Это устройство отличается сложностью и громоздкостью, невысокой точностью преобразования, обусловленной критичностью результата преобразования к временной и температурной нестабильности постоянной времени интегрирующего усилителя, невозможность работы в следящем (непрерывном) режиме.

Наиболее близким техническим решением является вычислительное устройство для широтно-импульсных сигналов [2], содержащее мост, образованный четырьмя импульсно-управляемыми резисторами, источник постоянного напряжения, подключенный между шиной нулевого потенциала и общим выводом первого и второго импульсно-управляемых резисторов, общий вывод

третьего и четвертого импульсно-управляемых резисторов подключен к шине нулевого потенциала, управляющие входы первого, второго и третьего импульсно-управляемых резисторов являются входами устройства, дифференциальный усилитель, первый и второй входы которого подключены соответственно к общему выводу первого и четвертого и к общему выводу второго и третьего импульсно-управляемых резисторов и через первый и второй усредняющие конденсаторы - к шине нулевого потенциала, широтно-импульсный модулятор, вход которого подключен к выводу операционного усилителя, а выход соединен с управляющим входом четвертого импульсно-управляемого резистора, являющимся выходом устройства.

Недостатком такого устройства являются ограниченные функциональные возможности.

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей устройства за счет вычисления корня квадратного из разности постоянной величины и результата множително-делительной операции.

Это достигается тем, что вычислительное устройство для широтно-импульсных сигналов, содержащее мост, образованный четырьмя импульсно-управляемыми резисторами, каждый из которых выполнен на последовательно соединенных резисторе и ключе, источник постоянного напряжения, подключенный между шиной нулевого потенциала и общим выводом ключей первого и второго импульсно-управляемых резисторов, общий вывод ключей третьего и четвертого импульсно-управляемых резисторов подключен к шине нулевого потенциала; управляющие входы ключей первого, второго и третьего импульсно-управляемых резисторов являются входами устройства, дифференциальный операционный усилитель, первый и второй входы которого соединены через первый и второй усредняющие конденсаторы с шиной нулевого потенциала и подключены соответственно к общему выводу резисторов первого и третьего импульсно-управляемых резисторов и к общему выводу резисторов второго и четвертого импульсно-управляемых резисторов, широтно-импульсный модулятор, вход которого подключен к выходу дифференциального операционного усилителя, а выход - к управляющему входу четвертого импульсно-управляемого резистора, дополнительно содержит третий усредняющий конденсатор, цифровой инвертор и пятый импульсно-управляемый резистор, выводы которого подключены к шине нулевого потенциала, а управляющий вход - к выходу цифрового инвертора, являющегося выходом устройства, вход цифрового инвертора подключен к выходу широтно-импульсного модулятора, третий усредняющий конденсатор включен между общим выводом ключа и резистора пятого и общим выводом ключа и резистора четвертого импульсно-управляемых резисторов.

Блок-схема устройства приведена на чертеже.

Вычислительное устройство содержит первый, второй, третий и четвертый импульсно-управляемые резисторы 1, 2, 3 и 4, источник постоянного напряжения 5, дифференциальный операционный усилитель 6, первый и второй усредняющие конденсаторы 7, 8, широтно-импульсный модулятор 9, цифровой инвертор 10, пятый импульсно-управляемый резистор 11, третий усредняющий конденсатор 12.

Устройство работает следующим образом.

На управляющие входы импульсно-управляемых резисторов 1, 2, 3 поступают входные широтно-импульсные сигналы в виде периодически повторяющихся прямоугольных импульсов с относительными длительностями  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ .

В каждом из периодов  $T$  работы ключ импульсно-управляемого резистора соответственно 1-4, 11 замкнут в течение времени  $\tau$  и разомкнут в течение времени  $T-\tau$ . Проводимость импульсно-управляемого резистора в среднем пропорциональна относительной длительности управляющего широтно-импульсного сигнала. "Развязка" по переменному току импульсно-управляемых резисторов 1-4, 11 между собой обеспечивается усредняющими конденсаторами 7, 8, 12. Благодаря им на входы дифференциального усилителя 6 поступают только постоянные составляющие напряжений в точках "а" и "б" (см. чертеж), а высшие гармоники подавляются.

Изменение относительных длительностей управляющих широтно-импульсных сигналов приводит к пропорциональному изменению проводимостей импульсно-управляемых резисторов 1-3, что вызывает изменение постоянных составляющих напряжений в точках "а" и "б". Разность этих напряжений через дифференциальный усилитель 6 воздействует на широтно-импульсный модулятор 9, который благодаря отрицательной обратной связи подбирает выходную величину схемы  $Q_{вых}$  так, чтобы мост оказался уравновешенным.

Известно, что условие равновесия моста состоит в следующем

$$\bar{U}_a = \bar{U}_b, \quad (1)$$

где  $U_a, U_b$  - постоянные составляющие напряжений, действующих в точках "а" и "б".

Учитывая пропорциональность среднего значения проводимости импульсно-управляемого резистора относительной длительности управляющего широтно-импульсного сигнала и идеальность дифференциального операционного усилителя постоянного тока, можно записать

$$(E - \bar{U}_a)G_1\theta_1 = I_a, \quad (2)$$

$$(E - \bar{U}_b)G_2\theta_2 = \bar{U}_b G_3\theta_3, \quad (3)$$

$$\text{или} \quad \bar{U}_b = E \cdot \frac{G_2\theta_2}{G_2\theta_2 + G_3\theta_3},$$

где  $E$  - напряжение источника 5,  $G_1, G_2, G_3$  - проводимости резисторов, входящих в состав соответствующих импульсно-управляемых резисторов 1, 2, 3;

$I_a$  - постоянная составляющая тока, вытекающего из узловой точки "а" через импульсно-управляемый резистор 4 в общую точку схемы.

Значение тока  $I_a$  для установившегося режима работы схемы можно найти из условия равенства приращений количества электричества, приобретаемого конденсато-

ром 12 при заряде  $\Delta Q_{зар}$ , и теряемого им при разряде  $Q_{разр}$  в течение соответствующих интервалов широтно-импульсных сигналов, управляющих импульсно-управляемыми резисторами 4 и 11, на одном периоде коммутации их ключей.

В течение интервала времени  $\tau_{вых}$  ( $\tau_{вых}$  - длительность прямоугольного импульса выходного широтно-импульсного сигнала, определяемого как  $\theta_{вых} T$ , где  $T$  - период повторения широтно-импульсного сигнала, когда ключ импульсно-управляемого резистора 11 замкнут, а ключ импульсно-управляемого резистора 4 разомкнут, осуществляется заряд конденсатора 12, а в течение интервала времени  $(T - \tau_{вых})$ , когда упомянутые ключи изменяют свое состояние на противоположное, осуществляется разряд конденсатора 12. С учетом выполнения условия  $(C/G) \gg T$  ( $C$  - емкость конденсатора 12,  $G$  - проводимость импульсно-управляемых резисторов 4 и 11), позволяющего пренебречь пульсациями напряжения на конденсаторе 12, в установленном режиме работы схемы можно

$$\Delta Q_{зар} = (\bar{U}_a - U_c) G \tau_{вых},$$

записать

$$\Delta Q_{разр} = \bar{U}_c G (T - \tau_{вых}),$$

здесь  $U_c$  - постоянная составляющая чапряжения на конденсаторе 12.

Из условия  $\Delta Q_{зар} = \Delta Q_{разр}$  определим  $\bar{U}_c = \bar{U}_a \theta_{вых}$ . Тогда ток, вытекающий из узла "а", изменяется во времени согласно зависимости

$$I_a(t) = \begin{cases} (\bar{U}_a - \bar{U}_c) G, & \text{при } kT \leq t \leq kT + \tau_{вых}, \\ \bar{U}_c G, & \text{при } kT + \tau_{вых} \leq t \leq (k+1)T, \end{cases} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Среднее за период  $T$  значение тока

$$I_a \text{ равно } \bar{I}_a = \frac{1}{T} \int_{kT}^{(k+1)T} I_a(t) dt = \bar{U}_a G (1 - \theta_{вых}^2). \quad (4)$$

С учетом выражения (4) и выражения (2)

$$\text{получим } (E - \bar{U}_a) G \theta_1 = \bar{U}_a G (1 - \theta_{вых}^2),$$

$$\text{или } \bar{U}_a = E \frac{G_1 \theta_1}{G_1 \theta_1 + G(1 - \theta_{вых}^2)} \quad (5)$$

Принимая во внимание условие (1) и выражения (3) и (5), можно записать

$$E \frac{G_1 \theta_1}{G_1 \theta_1 + G(1 - \theta_{вых}^2)} = E \frac{G_2 \theta_2}{G_2 \theta_2 + G_3 \theta_3}$$

Из этого уравнения нетрудно определить значение выходной величины

$$\theta_{вых} = \sqrt{1 - \frac{G_1 G_3}{G_2 G_1} \frac{\theta_1 \theta_3}{\theta_2}} = \sqrt{1 - k \frac{\theta_1 \theta_3}{\theta_2}},$$

где  $k = \text{const}$ .

Применение предлагаемого вычислительного устройства для ШИС, обеспечивающего выполнение наряду с множително-делительной операцией операции вычитания и извлечения корня квадратного за счет структурной характеристики устройства, позволяет получить экономический эффект как за счет уменьшения числа используемых в вычислительном устройстве комплектующих изделий, так и за счет упрощения технологии его изготовления и настройки при одновременном улучшении метрологических характеристик.

#### Формула изобретения

Вычислительное устройство для широтно-импульсных сигналов, содержащее мост, образованный четырьмя импульсно-управляемыми резисторами, каждый из которых выполнен на последовательно соединенных резисторе и ключе, источник постоянного напряжения, подключенный между шиной нулевого потенциала и общим выводом ключей первого и второго импульсно-управляемых резисторов, общий вывод ключей третьего и четвертого импульсно-управляемых резисторов подключен к шине нулевого потенциала, управляющие входы ключей первого, второго и третьего импульсно-управляемых резисторов являются входами устройства, дифференциальный операционный усилитель, первый и второй входы которого соединены через первый и второй усредняющие конденсаторы с шиной нулевого потенциала и подключены соответственно к общему выводу резисторов первого и третьего импульсно-управляемых резисторов и к общему выводу резисторов второго и четвертого импульсно-управляемых резисторов, широтно-импульсный модулятор, вход которого подключен к выходу дифференциального операционного усилителя, а выход - к управляющему входу четвертого импульсно-управляемого резистора, отличающееся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей за счет вычисления корня квадратной из разности постоянной величины и результата множително-делительной операции, оно содержит третий усредняющий конденсатор, цифровой инвертор и пятый импульсно-управляемый резистор, выводы которого подключены к шине нулевого потенциала, а управляющий вход - к выходу цифрового инвертора, являющегося выходом устройства, вход цифрового инвертора подключены к выходу широтно-импульсного модулятора, третий усредняющий конденсатор включен между общим выводом ключа и резистора пятого и общим выводом

ключа и резистора четвертого импульсно-управляемых резисторов.

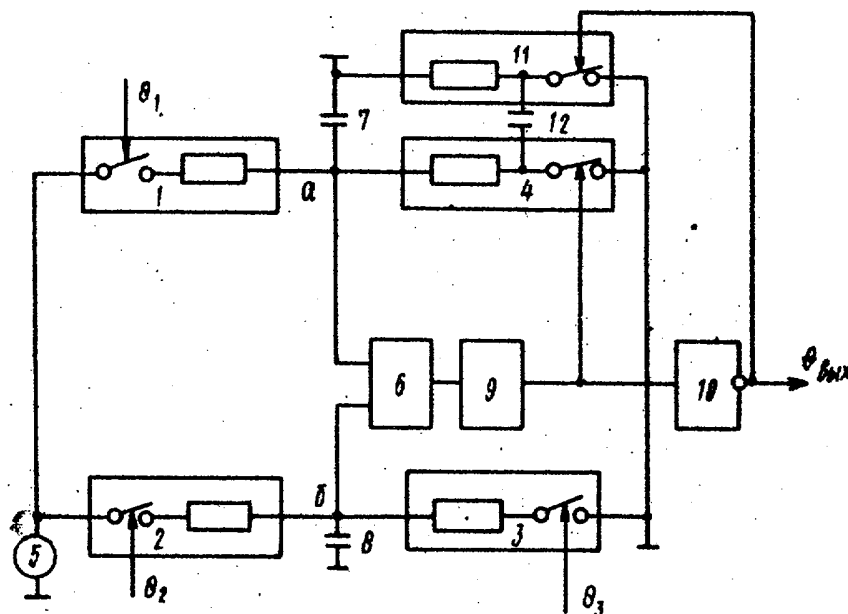
Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Карпов Р.Г., Карпов Н.Р. Преобразование и математическая обработка

широотно-импульсных сигналов. М., "Машиностроение", 1977, с.78.

2. Авторское свидетельство СССР № 260290, кл. G 06 G 7/16, 1970 (прототип).



Составитель Н. Балабошко

Редактор Н. Каменская Техред М. Рейвес Корректор М. Демчик

Заказ 6285/43

Тираж 751

Подписное

ВНИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

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

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4