



Государственный комитет  
Совета Министров СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е И З О Б Р Е Т Е Н И Я

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11)620986

- (61) Дополнительное к авт. свид-ву -  
(22) Заявлено 29.03.76(21)2340379/18-24  
с присоединением заявки № -  
(23) Приоритет -  
(43) Опубликовано 25.08.78, Бюллетень № 31  
(45) Дата опубликования описания 12.07.78

(51) М. Кл.<sup>2</sup>

G 06 G 7/20

(53) УДК 681.335  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

В. А. Лабунов, В. А. Сокол, А. А. Можухов и С. Г. Хлыстов

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

### (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КВАДРАТНОГО КОРНЯ

1

2

Изобретение относится к области аналоговой вычислительной техники и может быть использовано в вычислительных машинах и моделирующих устройствах.

Известно устройство для извлечения квадратного корня, содержащее блок сравнения, входы которого подключены к выходу источника входного сигнала и выходу блока умножения, электронный ключ, квантуемый генератор, генератор тактовой частоты и цифро-аналоговый преобразователь, причем входы ключа связаны с выходами блока сравнения и квантуемого генератора, выход ключа соединен со счетным входом счетчика, вход сброса счетчика подключен к генератору тактовой частоты, а выходы счетчика соединены с цифро-аналоговым преобразователем, подключенным своим выходом к входам блока умножения [1].

Недостаток этого устройства - сложная схемная реализация, что не позволяет использовать его при проектировании аналоговых вычислителей в виде гибридных интегральных схем.

Наиболее близким к предложенному изобретению является устройство, которое содержит неуравновешенный резистивный мост и усилитель, выход которого является выходом устройства [2].

Недостатки этого устройства - низкая точность операции извлечения квадратного корня, обусловленная нелинейностью функции преобразования неуравновешенного резистивного моста и непостоянством его чувствительности преобразования, а также низкое быстродействие устройства в результате инерционности процессов нагрева фоторезистора и терморезистора и процесса теплопередачи между фоторезистором и терморезистором, находящихся в непосредственном тепловом контакте.

Цель изобретения - повышение точности и быстродействия.

Это достигается тем, что предложенное устройство содержит управляемый генератор линейного напряжения, линейный преобразователь "напряжение-сопротивление", управляемый источник питания

моста, эталонный резистор и два блока сравнения, первый вход одного из которых подключен к входу устройства, второй вход подсоединен к первой клемме выходной диагонали неуравновешенного резистивного моста, а выход этого блока сравнения через управляемый генератор линейного напряжения соединен с входами усилителя и линейного преобразователя напряжение-сопротивление, включенного между первой клеммой диагонали питания неуравновешенного резистивного моста и его второй клеммой выходной диагонали, которая соединена с одним выводом эталонного резистора, второй вывод которого соединен со второй клеммой диагонали питания неуравновешенного резистивного моста, и первым входом второго блока сравнения, второй вход которого подключен к выходу усилителя, а выход соединен с входом управляемого источника питания моста, выходы которого соединены с соответствующими клеммами диагонали питания неуравновешенного резистивного моста; вторая клемма диагонали питания которого соединена с третьим входом второго блока сравнения.

На чертеже изображена структурная схема устройства для извлечения квадратного корня.

Устройство содержит неуравновешенный резистивный мост 1, линейный преобразователь 2 напряжение-сопротивление, эталонный резистор 3, управляемый источник 4 питания моста, блоки 5 и 6 сравнения, управляемый генератор 7 линейного напряжения и усилитель 8.

Устройство для извлечения квадратного корня работает следующим образом.

В исходном состоянии напряжение  $U_z$  на входе устройства, т. е. на первом входе блока 5 сравнения, отсутствует. Напряжение на втором входе блока 5 сравнения в этом случае также отсутствует, следовательно на выходе блока 5 сравнения и на входе и выходе управляемого генератора 7 напряжение равно нулю. При этом напряжение  $U_x$  на входе линейного преобразователя 2 напряжение-сопротивление вследствие отсутствия напряжения на выходе управляемого генератора 7 линейного напряжения равно нулю. В этом случае выходное сопротивление  $R_x$  линейного преобразователя 2 напряжение-сопротивление, включенное в плечо неуравновешенного резистивного моста 1, равно сопротивлению  $R_3$  эталонного резистора 3. Напряжение  $U_z$  в выходной диагонали неуравновешенного резистивного моста 1 отсутствует, так как последний оказывается

сбалансированным, независимо от наличия или отсутствия напряжения в диагонали питания, которое является выходным напряжением управляемого источника 4 питания моста. Такое состояние устройства будет сохраняться до тех пор, пока напряжение  $U_z$  на входе устройства будет отсутствовать, при этом напряжение  $U_x$  на выходе устройства также равно нулю.

Если входное напряжение не равно нулю, т. е.  $U_z \neq 0$ , то на выходе блока 5 сравнения появляется разностный сигнал  $U_z - U_z' \neq 0$ , который является управляющим для управляемого генератора 7 линейного напряжения. Последний, например, интегрирует его в течение промежутка времени, пока не установится равенство напряжений на обих входах блока 5 сравнения, т. е.  $U_z = U_z'$ . Интегрирование разностного сигнала  $U_z - U_z'$  приводит к появлению и возрастанию напряжения  $U_x$  на входе линейного преобразователя 2 напряжение-сопротивление и, соответственно, к изменению сопротивления  $R_x$  плеча, которое в этом случае будет определяться выражением

$$R_x = R_3 (1 + K U_x). \quad (1)$$

где  $K$  — постоянный коэффициент передачи линейного преобразователя 2 напряжение-сопротивление.

При этом баланс неуравновешенного резистивного моста 1 нарушается.

Одновременно с появлением напряжения  $U_x$  на выходе управляемого генератора 7 линейного напряжения, на входе и, следовательно, на выходе усилителя 8 появляется сигнал. В этом случае выходное напряжение усилителя 8 является входным напряжением для блока 6 сравнения и определяется выражением

$$U_x' = \frac{U_x}{K'} \quad (2)$$

где  $K'$  — постоянный безразмерный коэффициент, численно равный величине  $K$ .

На выходе блока 6 сравнения появляется разностный сигнал  $U_x' - U_3$ , так как напряжение  $U_3$  на эталонном резисторе 3 до этого момента было равно нулю. Интегрирование разностного напряжения  $U_x' - U_3$  на входе управляемого источника 4 питания моста приводит к появлению на его выходе и, следовательно, в диагонали питания неуравновешенного резистивного моста 1 напряжения  $U_{пм}$ , причем по мере интегрирования разности

го сигнала  $U'_x - U_z$  напряжение  $U_z$  на эталонном резисторе будет стремиться к  $U'_x$ . Изменение  $U_{\text{ПМ}}$  будет происходить до тех пор, пока  $U_z$  не станет равным  $U'_x$ , т. е. пока не установится равенство

$$U_z = U'_x \quad (3)$$

В этом случае в соответствии с теорией неуравновешенных мостов напряжение разбалансируется в выходной диагонали  $U'_z$  и напряжение на эталонном резисторе соответственно определяются выражениями

$$U'_z = \frac{U_{\text{ПМ}}}{2} - U_z \quad (4)$$

$$U_z = U_{\text{ПМ}} \frac{R_z}{R_z + R_x} \quad (5)$$

Подставляя в выражение 5 значения  $R_x$  и  $U_z$ , взятые соответственно из выражений 1 и 3, получим, решая выражение 5 относительно  $U_{\text{ПМ}}$ , закон изменения напряжения в диагонали питания неуравновешенного резистивного моста 1, при котором выполняется условие (3):

$$U_{\text{ПМ}} = 2U'_x (1 + 0,5 K U_x) \quad (6)$$

Аналогично, подставляя в выражение 4 значения  $U_z$  и  $U_{\text{ПМ}}$ , взятые из выражений 3 и 6, получим с учетом выражения 2, что

$$U'_z = 0,5 \frac{K}{K'} U_x^2 \quad (7)$$

Выражение 7 дает величину напряжения, которое сравнивается в блоке 6 сравнения с напряжением на входе устройства.

Как только  $U'_z$  станет равным  $U_z$ , т. е. выполняется условие

$$U'_z = U_z \quad (8)$$

рост напряжения на выходе управляемого генератора 7 линейного напряжения прекратится, и на выходе его и, следовательно, на входе усилителя 8, а также на выходе всего устройства для извлечения квадратного корня, как следует из выражением 7 и 8, установится равным

$$U_x = \sqrt{2 \frac{K'}{K} U_z} \quad (9)$$

Так как величины  $K$  и  $K'$  равны друг другу, то в этом случае напряжение на выходе устройства равно

$$U_x = \sqrt{2K} \cdot \sqrt{U_z} \quad (10)$$

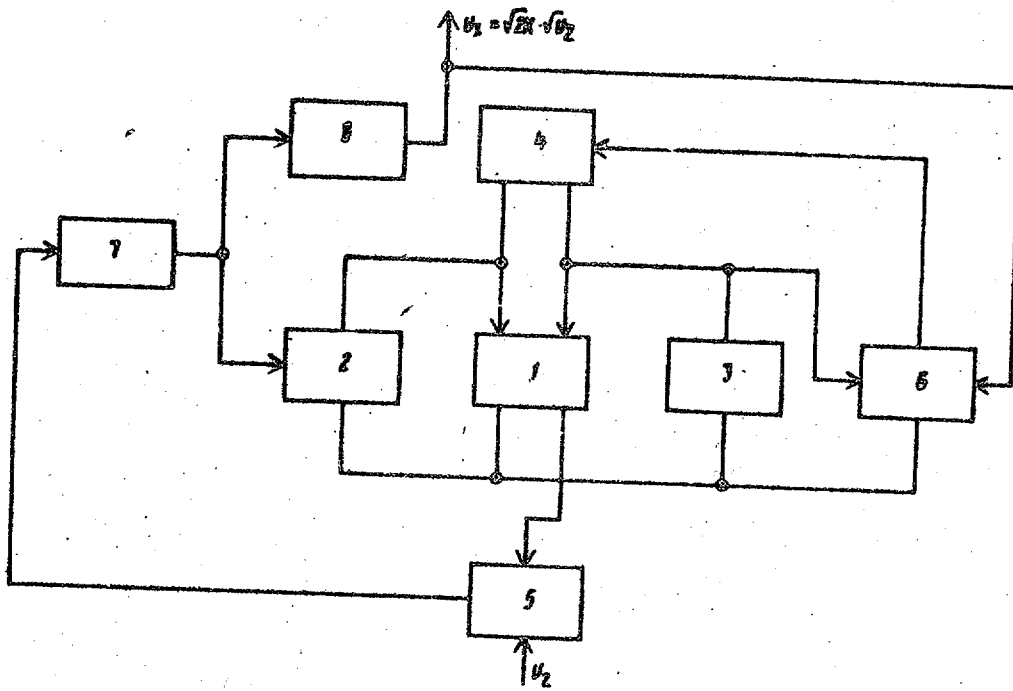
Таким образом, величина напряжения на выходе устройства пропорциональна корню квадратному от величины напряжения на входе устройства.

Формула изобретения

Устройство для извлечения квадратного корня, содержащее неуравновешенный резистивный мост и усилитель, выход которого является выходом устройства, отличающееся тем, что, с целью повышения точности и быстродействия, оно содержит управляемый генератор линейного напряжения, линейный преобразователь напряжение-сопротивление, управляемый источник питания моста, эталонный резистор и два блока сравнения, первый вход одного из которых подключен к входу устройства, второй вход подсоединен к первой клемме выходной диагонали неуравновешенного резистивного моста, а выход этого блока сравнения через управляемый генератор линейного напряжения соединен с входами усилителя и линейного преобразователя напряжение-сопротивление, включенного между первой клеммой диагонали питания неуравновешенного резистивного моста и его второй клеммой выходной диагонали, которая соединена с одним выводом эталонного резистора, второй вывод которого соединен со второй клеммой диагонали питания неуравновешенного резистивного моста, и первым входом второго блока сравнения, второй вход которого подключен к выходу усилителя, а выход соединен с входом управляемого источника питания моста, выходы которого соединены с соответствующими клеммами диагонали питания неуравновешенного резистивного моста, вторая клемма диагонали питания которого соединена с третьим входом второго блока сравнения.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе:

1. Авторское свидетельство СССР № 294150, кл. G 06 G 7/20, 1969.
2. Авторское свидетельство СССР № 374619, кл. G 06 G 7/20, 1970.



Составитель Г. Сорокин

Редактор Т. Загребельная Техред З. Фаина Корректор М. Демчик

Заказ 4661/46

Тираж 826

Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР

по делам изобретений и открытий

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

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