



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016138656, 29.09.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.09.2016Дата регистрации:
03.08.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.09.2016

(45) Опубликовано: 03.08.2017 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

302034, г. Орел, ул. Приборостроительная, 35,
Академия ФСО России, ОНТИ

(72) Автор(ы):

**Иванов Юрий Борисович (RU),
Казачкин Антон Владимирович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное казенное
военное образовательное учреждение
высшего образования "Академия
Федеральной службы охраны Российской
Федерации" (Академия ФСО России) (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: SU 712688 A1, 30.01.1980. SU
1122899 A1, 07.11.1984. RU 2559331 C1,
10.08.2015. SU 1536216 A1, 15.01.1990. US
8809762 B2, 19.08.2014. US 5861621 A1,
19.01.1999.**(54) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ШИРИНУ ИМПУЛЬСОВ
НАПРЯЖЕНИЯ**

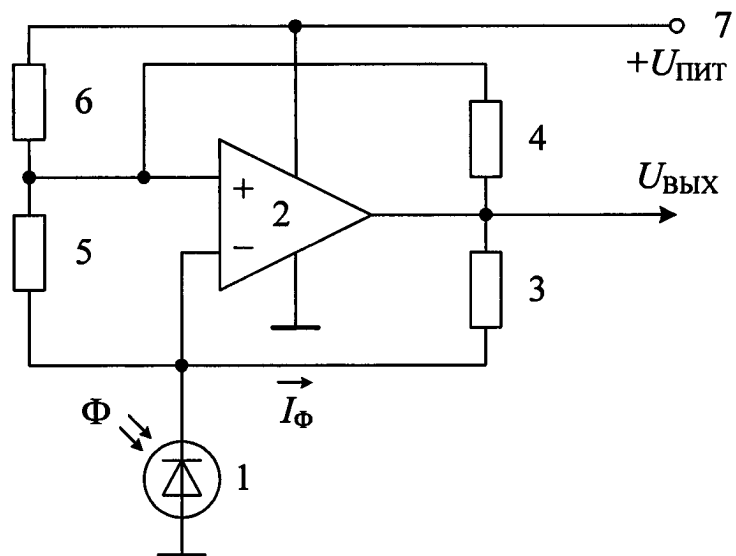
(57) Реферат:

Изобретение относится к области контрольно-измерительной техники и может быть использовано для измерения интенсивности оптического излучения и в системах контроля оптических параметров объектов. Техническим результатом является повышение точности преобразования, уменьшение энергопотребления и расширение функциональных возможностей преобразователя оптического излучения в ширину импульсов напряжения. Преобразователь оптического излучения в ширину импульсов напряжения содержит фотодиод, источник питания и операционный усилитель, инвертирующий вход которого соединен с первым

резистором и катодом фотодиода. Анод фотодиода подключен к общей шине источника питания, которая через делитель напряжения на втором и третьем резисторах подключена к выходу операционного усилителя, который является выходом устройства. В схему введен четвертый резистор, через который потенциальная шина источника питания соединена с неинвертирующим входом операционного усилителя и подключена к средней точке делителя напряжения. Клеммы питания операционного усилителя подключены соответственно к общей и к потенциальной шине источника питания. 1 ил.

RU 2 627 196 C1

RU 2 627 196 C1



- 1 – фотодиод;
- 2 – операционный усилитель;
- 3 – первый резистор;
- 4 – второй резистор;
- 5 – третий резистор;
- 6 – четвертый резистор;
- 7 – потенциальная шина

RU 2627196 C1

RU 2627196 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)

2 627 196⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
G01J 1/44 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2016138656, 29.09.2016**

(24) Effective date for property rights:
29.09.2016

Registration date:
03.08.2017

Priority:

(22) Date of filing: **29.09.2016**

(45) Date of publication: **03.08.2017** Bull. № 22

Mail address:

**302034, g. Orel, ul. Priborostroitel'naya, 35,
Akademiya FSO Rossii, ONTI**

(72) Inventor(s):

**Ivanov Yuriy Borisovich (RU),
Kazachkin Anton Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe kazennoe voennoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Akademiya Federalnoj sluzhby
okhrany Rossijskoj Federatsii" (Akademiya FSO
Rossii) (RU)**

(54) **CONVERTER OF OPTICAL RADIATION TO WIDTH OF VOLTAGE PULSES**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: converter of optical radiation to the width of voltage pulses contains a photodiode, a power supply and an operational amplifier, the inverting input of which is connected to the first resistor and cathode of the photodiode. The photodiode anode is connected to the common power supply bus, which is connected to the output of the operational amplifier via the voltage divider on the second and the third resistors, which is the output of the device. The fourth resistor is inserted into the circuit, through which the potential power

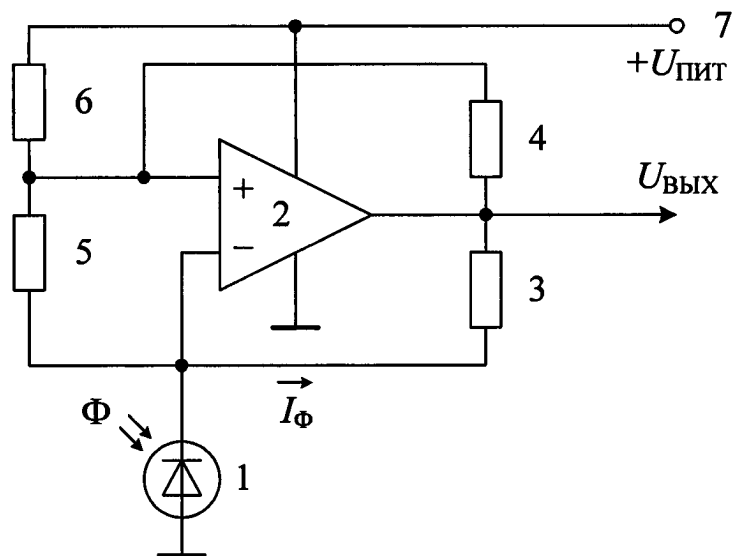
supply bus is connected to the non-inverting input of the operational amplifier and connected to the midpoint of the voltage divider. The power terminals of the operational amplifier are connected respectively to the common and to the potential power supply bus.

EFFECT: increasing the accuracy of conversion, reducing power consumption and expanding the functionality of the optical radiation converter in the width of the voltage pulses.

1 dwg

RU 2 627 196 C1

RU 2 627 196 C1



- 1 – фотодиод;
- 2 – операционный усилитель;
- 3 – первый резистор;
- 4 – второй резистор;
- 5 – третий резистор;
- 6 – четвертый резистор;
- 7 – потенциальная шина

RU 2627196 C1

RU 2627196 C1

Изобретение относится к области контрольно-измерительной техники и может быть использовано для измерения интенсивности оптического излучения, в фотоэлектрических датчиках контроля допуска на охраняемые объекты с передачей сигналов по линии связи, а также в системах контроля оптических параметров объектов.

5 Известно фотоприемное устройство (авторское свидетельство на изобретение №1388733, МПК G01J 1/44, опубл. 15.04.1988 г., бюл. №14), содержащее фотодиод, катод которого подключен к инвертирующему входу первого операционного усилителя и первому резистору в цепи отрицательной обратной связи, второй операционный усилитель с резисторами в цепи положительной обратной связи, выполняющий функцию
10 релейного элемента (триггера Шмитта) для получения импульсов выходного напряжения.

Недостатками данного устройства являются наличие нелинейных элементов в цепях обратной связи операционных усилителей, приводящих к повышению погрешности вследствие нелинейности характеристики преобразования, а также большое
15 энергопотребление двух операционных усилителей, имеющих двухполярное напряжение питания.

Известно также устройство регистрации оптического излучения (авторское свидетельство на изобретение №1122899, МПК G01J 1/44, опубл. 07.11.1984 г., бюл. №41), содержащее фотодиод, включенный между нулевой цепью и входом
20 операционного усилителя с первым резистором в цепи отрицательной обратной связи, источник напряжения, аналоговый ключ для разряда емкости фотодиода, управляющий генератор и ждущий мультивибратор для управления аналоговым запоминающим устройством, применяемым для запоминания выборок выходного сигнала.

В данном устройстве диапазон перезаряда емкости фотодиода задается рядом
25 функциональных блоков (источником опорного напряжения, управляющим генератором, ждущим мультивибратором и аналоговым ключом), применение которых приводит к относительно большому энергопотреблению. При этом точность фотоэлектрического преобразования ограничивается влиянием коммутационных помех, возникающих при срабатывании аналогового запоминающего устройства, и
30 динамическими погрешностями перезаряда емкости фотодиода.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению (прототипом) является фотодатчик (авторское свидетельство на изобретение №712688, МПК G01J 1/44, опубл. 30.01.1980 г., бюл. №4), содержащий фотодиод, источник питания и операционный усилитель, инвертирующий вход которого соединен с первым резистором и катодом фотодиода.
35 Анод фотодиода подключен к общей шине источника питания, которая через делитель напряжения на последовательно соединенных втором и третьем резисторах подключена к выходу операционного усилителя, который является выходом устройства.

Недостатком такого устройства является относительно низкая точность преобразования, которая ограничена изменением собственного сопротивления
40 фотодиода, работающего в прямом включении. Собственное сопротивление фотодиода уменьшается по мере увеличения потока излучения, что приводит к нелинейности характеристики преобразования из-за шунтирования этим сопротивлением вырабатываемого фототока. Кроме того, при передаче выходного сигнала устройства по линии связи происходит его уменьшение из-за падения напряжения на сопротивлении
45 линии связи, что также увеличивает погрешность преобразования. В связи с этим для снижения относительной погрешности необходимо повышать двухполярное напряжение питания операционного усилителя, что приводит к увеличению потребляемой мощности устройства.

Задачей изобретения является создание преобразователя оптического излучения в ширину импульсов напряжения, позволяющего повысить точность преобразования, уменьшить энергопотребление и расширить функциональные возможности устройства.

Эта задача решается тем, что в преобразователь оптического излучения в ширину импульсов напряжения, содержащий фотодиод, источник питания и операционный усилитель, инвертирующий вход которого соединен с первым резистором и катодом фотодиода, анод которого подключен к общей шине источника питания, которая через делитель напряжения на последовательно соединенных втором и третьем резисторах соединена с выходом операционного усилителя, являющегося выходом устройства, дополнительно введен четвертый резистор. Через этот резистор потенциальная шина источника питания соединена с неинвертирующим входом операционного усилителя и подключена к средней точке делителя напряжения, а клеммы питания операционного усилителя соединены соответственно с общей и с потенциальной шиной источника питания.

Схема предлагаемого преобразователя оптического излучения в ширину импульсов напряжения приведена на чертеже.

Преобразователь оптического излучения в ширину импульсов напряжения содержит фотодиод 1, операционный усилитель 2, первый резистор 3, второй резистор 4, третий резистор 5 и четвертый резистор 6, включенный между потенциальной шиной 7 источника питания и неинвертирующим входом операционного усилителя 2. Анод фотодиода 1 подключен к нулевой цепи, а его катод соединен с инвертирующим входом усилителя 2, клеммы питания которого подключены соответственно к общей и потенциальной шине источника питания. С помощью третьего 5 и четвертого 6 резисторов на неинвертирующем входе операционного усилителя 2 формируется напряжение смещения, равное примерно половине напряжения питания: $U_{СМ}=0,5U_{ПИТ}$. Второй резистор 4 включен в цепь положительной обратной связи операционного усилителя 2 и обеспечивает его работу в режиме триггера Шмитта с зоной гистерезиса, которая при одинаковых сопротивлениях $R_4=R_5=R_6$ резисторов 4, 5 и 6 зависит только от напряжения питания: $\Delta U_T=U_{ПИТ}/3$. При этом через первый резистор 3, включенный в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя 2, выполняется заряд или разряд собственной емкости $C_{Д1}$ фотодиода 1 в пределах зоны гистерезиса.

Преобразователь оптического излучения в ширину импульсов напряжения работает следующим образом.

При отсутствии потока излучения $\Phi=0$ фотодиод 1 не вырабатывает фототока, поэтому на выходе операционного усилителя 2 формируются импульсы напряжения со скважностью $Q=2$, частота которых зависит от собственной емкости $C_{Д1}$ фотодиода 1, сопротивления R_3 первого резистора 3 и при одинаковых сопротивлениях $R_4=R_5=R_6$ резисторов 4, 5 и 6 определяется выражением:

$$f_{ВЫХ}=0,7/R_3C_{Д1}.$$

При появлении потока излучения $\Phi>0$ фотодиод 1 вырабатывает фототок $I_{Ф}$, который протекает через первый резистор 3 и алгебраически суммируется с током заряда или разряда емкости $C_{Д1}$ фотодиода 1, который зависит от выходного напряжения операционного усилителя 2 и при условии $R_4=R_5=R_6$ определяется выражением:

$$I_{ЗАР}=-I_{РАЗ}\approx U_{ПИТ}/2R_3.$$

Длительности выходных импульсов и паузы между ними зависят от фототока и определяются формулами:

$$t_{И}=2U_{ПИТ}C_{Д1}R_3/(U_{ПИТ}-I_{Ф}R_3);$$

$$t_{П}=2U_{ПИТ}C_{Д1}R_3/(U_{ПИТ}+I_{Ф}R_3),$$

относительное изменение их ширины прямо пропорционально фототоку:

$$(t_{И}-t_{П})/(t_{И}+t_{П})=I_{Ф}R_3/U_{ПИТ}.$$

Таким образом, в предлагаемом устройстве реализуется линейное преобразование фототока $I_{Ф}$ в широтно-модулированные импульсы напряжения, которые можно передавать по линии связи без увеличения погрешности, что позволяет повысить точность преобразования.

Наличие двух параметров - частоты и скважности выходных импульсов - позволяет расширить функциональные возможности устройства и использовать после затемнения светочувствительной поверхности фотодиода 1 для измерения или допускового контроля его собственной емкости $C_{Д1}$ по значению частоты $f_{ВЫХ}$ выходных импульсов, либо контролировать темновой ток фотодиода по отклонению скважности импульсов от значения $Q=2$.

Уменьшение энергопотребления и повышение чувствительности к оптическому излучению в предлагаемом устройстве обеспечивается за счет применения микромощного операционного усилителя 2 на МОП транзисторах с низкими входными токами $I_{ВХ2} \ll 1$ нА и однополярным напряжением питания. Это позволяет повысить сопротивления всех резисторов до нескольких мегаом и значительно снизить потребляемую мощность устройства.

Экспериментально установлено, что при применении в предлагаемом устройстве фотодиода типа ФД-05-25, микросхемы МСР6542 с однополярным напряжением питания $U_{ПИТ}=3$ В, током потребления $I_{ПИТ2}=0,6$ мкА и входным током $I_{ВХ}=1$ пА, резисторов с сопротивлениями $R_3=2$ МОм, $R_4=R_5=R_6=10$ МОм общий ток потребления устройства составляет $I_{ΣПИТ}=1,7$ мкА. Согласно значению частоты выходных импульсов $f_{ВЫХ}=6,73$ кГц были определены собственная емкость фотодиода ФД-05-25, которая составила $C_{Д1}=104$ пФ, и его темновой ток, значение которого пренебрежимо мало.

Проведенный анализ уровня техники позволил установить, что аналоги, характеризующиеся совокупностью признаков, тождественных всем признакам заявленного технического решения, отсутствуют, что указывает на соответствие заявленного способа условию патентоспособности «новизна».

Отличительные признаки изобретения - введение четвертого резистора, применение которого совместно со вторым и третьим резисторами позволяет, во-первых, сформировать обратное напряжение на фотодиоде для обеспечения высокой линейности его световой характеристики, во-вторых, перевести операционный усилитель в триггерный режим работы и точно задать зону его гистерезиса, а также использование собственной емкости фотодиода для задания частоты выходных импульсов - в аналогах не встречаются.

Результаты поиска известных решений в данной и смежных областях техники с целью выявления признаков, совпадающих с отличительными от прототипа признаками заявленного изобретения, показали, что они не следуют явным образом из уровня техники. Из уровня техники также не выявлена известность влияния предусматриваемых существенными признаками заявленного изобретения на достижение указанного технического результата. Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень».

Промышленная применимость предлагаемого устройства обусловлена наличием

современной элементной базы, на которой его можно реализовать с достижением
указанного в изобретении назначения. В схеме можно использовать не только р-і-п-
фотодиод типа ФД-05-25, но и высокочувствительный фотодиод ФД24К, микромощный
отечественный операционный усилитель К140УД12 и резисторы типов С2-23 или С2-
5 29 В с малым допуском на разброс сопротивления.

Таким образом, предлагаемый преобразователь оптического излучения обеспечивает
формирование широтно-модулированных импульсов, позволяет повысить точность
преобразования и расширить функциональные возможности при значительном
уменьшении энергопотребления по сравнению с прототипом, что указывает на решение
10 поставленной задачи.

(57) Формула изобретения

Преобразователь оптического излучения в ширину импульсов напряжения,
содержащий фотодиод и операционный усилитель, инвертирующий вход которого
15 соединен с первым резистором и катодом фотодиода, анод которого подключен к
общей шине источника питания, которая через делитель напряжения на последовательно
соединенных втором и третьем резисторах подключена к выходу операционного
усилителя, являющегося выходом устройства, отличающийся тем, что в него
дополнительно введен четвертый резистор, через который потенциальная шина
20 источника питания соединена с неинвертирующим входом операционного усилителя
и подключена к средней точке делителя напряжения, а клеммы питания операционного
усилителя соединены соответственно с общей и с потенциальной шиной источника
питания.

25

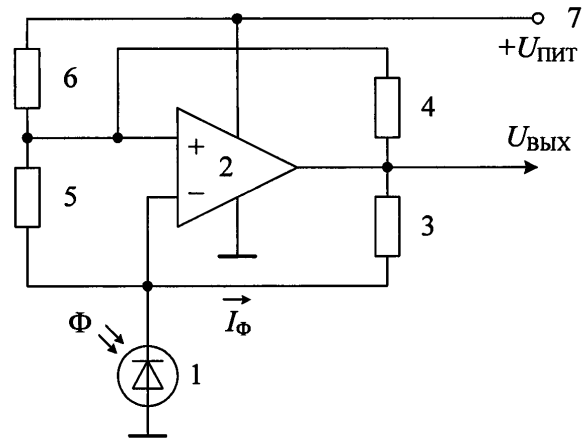
30

35

40

45

Преобразователь оптического излучения в ширину импульсов напряжения



- 1 – фотодиод;
- 2 – операционный усилитель;
- 3 – первый резистор;
- 4 – второй резистор;
- 5 – третий резистор;
- 6 – четвертый резистор;
- 7 – потенциальная шина