

УДК 621.3.087.9

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-3-17-22

Формирователь длительности импульсных сигналов с адаптивными порогами срабатывания

В. А. Куликов, доктор технических наук, профессор, УдГУ, Ижевск, Россия

В. Н. Сяктерев, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ

имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В работе рассмотрен формирователь, предназначенный для восстановления длительности прямоугольных импульсов, передаваемых по открытому (беспроводному) оптическому каналу связи и имеющих искажения формы в виде модуляции амплитуды, пьедестала и затягивания фронта и спада.

Принцип восстановления длительности импульсов основан на формировании адаптивных к изменениям высокого и низкого уровней импульсного сигнала порогов срабатывания компаратора напряжения. За счет применения устройств выборки и хранения (УВХ) в схеме обеспечивается запоминание значений уровней входного сигнала на предшествующих полупериодах. Пороговое напряжение компаратора перед его срабатыванием каждый раз формируется как выходное напряжение резистивного делителя напряжения на два входа, на один из которых подается текущее напряжение входного сигнала, а на другой – уровень напряжения сигнала, записанный в УВХ на предшествующем полупериоде следования информационных импульсов.

Представлена методика оценки погрешности формирования длительности от напряжений смещения компаратора, УВХ и модуляционных изменений формы информационного сигнала. В примере приводятся количественные оценки погрешности. В среде схемотехнического моделирования Micro Cap выполнен модельный эксперимент, представлены схемы модели источника сигнала и формирователя на идеальных компонентах и временные диаграммы работы устройства. Подтверждены работоспособность устройства при прохождении импульсного сигнала с указанными выше искажениями формы. Допускается большая глубина модуляции амплитуды входного сигнала. Обеспечиваются формирующие свойства схемы. Быстродействие формирователя определяется быстродействием компаратора и УВХ. Для снижения погрешности формирования длительности информационных импульсных сигналов необходимо выбирать компаратор напряжения и УВХ с минимальными статическими погрешностями.

Ключевые слова: искажения формы импульсов, формирователь длительности импульсов, адаптивный порог компаратора.

Введение

В современных электронных системах все более широкое применение находят оптические способы измерений, диагностики объектов, передачи информации и связанные с ними способы и устройства взаимного преобразования оптических и электрических сигналов. Область характеризуется большим количеством публикаций, посвященных различным аспектам исследований и разработок элементов и оптико-электронных устройств [1–13].

Ранее авторами были представлены разработки систем термометрирования поршней двигателей внутреннего сгорания [14, 15], где для передачи измерительной информации с блока, устанавливаемого на поршне, использован открытый (беспроводный) оптический канал связи, в котором измерительная информация представлена длительностью оптических импульсов. Эффективность технического решения обусловлена простотой реализации поршневого измерительного блока, рассмотренного ранее авторами в данном журнале за 2022 год (Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Сяктерева В. В. Применение пассивных время-импульсных преобразователей в системах измерения температуры подвижных объектов // Интеллектуальные системы в производстве. 2022. Т. 20, № 4. С. 9–19).

При реализации канала связи возникла задача восстановления в стационарной части аппаратуры длительности искаженных информационных импульсов. Искажения возникают в результате модуля-

ции амплитуды и пьедестала импульса в оптическом тракте и затягивания его фронта и спада за счет инерционности излучателя и оптико-электронного преобразователя.

Частично задача была решена за счет применения инерционного формирователя импульсов [16]. Отмечалось достоинство формирователя – работоспособность при глубокой модуляции амплитуды оптических импульсов. Недостатком технического решения является ограниченная точность воспроизведения длительности информационных импульсов за счет погрешности установки порога срабатывания компаратора на фронте.

В данной статье обосновывается схема формирователя длительности импульсных сигналов с адаптивными на фронте и спаде порогами срабатывания, устраняющая данный недостаток.

Принцип формирования импульсных сигналов и схемотехника формирователя

Погрешность формирования длительности импульсных сигналов может быть снижена путем установки по отношению к низкому U_0 и высокому U_1 их уровням адаптивных на фронте и спаде порогов срабатывания формирующего устройства – компаратора (рис. 1, а). Значения порогов на фронте $U_{\text{пф}} = U_0 + kU_{\text{н}}$ и спаде $U_{\text{псп}} = U_0 + (1-k)U_{\text{н}}$, где k – постоянный коэффициент, задаются на фоне низкого уровня U_0 как фиксированные доли амплитуды

импульса $U_{и} = U_1 - U_0$. В этом случае погрешности регистрации моментов прохождения фронта и спада импульса при определении его длительности компенсируются.

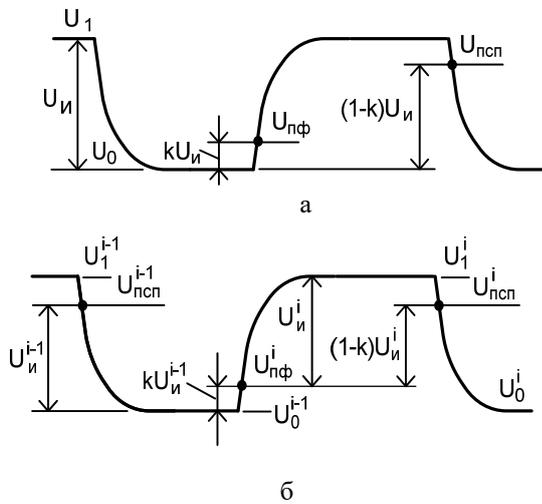


Рис. 1. Временные диаграммы входных импульсных сигналов

Fig. 1. Time diagrams of input pulse signals

Реализация временной диаграммы требует применения в схеме устройств запоминания и хранения низкого U_0 и высокого U_1 уровней напряжений импульсов до моментов переключений компаратора. Причем для формирования порога $U_{пф}$ необходимо уровень U_1 хранить в течение полупериода сигнала (паузы между импульсами), а U_0 – в течение времени, меньшего длительности фронта. Наоборот, для формирования порога $U_{псн}$ в течение полупериода сигнала (длительности импульса) должен храниться низкий уровень U_0 и кратковременно – высокий уровень U_1 напряжения.

Для запоминания и хранения напряжений используются устройства выборки и хранения (УВХ), где запоминающим элементом является конденсатор. УВХ имеет два режима работы – записи уровня напряжения и его хранения. Для перевода устройства из одного режима в другой используется цифровой управляющий сигнал. Для кратковременного хранения напряжения также возможно применение инерционной RC-цепи, обеспечивающей временную задержку изменений напряжения.

Таким образом, в схеме формирователя с адаптивными порогами срабатывания компаратора необходимо использовать два типа устройств – УВХ для хранения уровней U_0 и U_1 в течение полупериода следования информационных импульсов и схему кратковременного хранения (задержки) сигнала на основе RC-цепи.

Управление режимами работы (переключения) УВХ возможно производить с помощью выходного цифрового сигнала компаратора напряжения. В этом случае достаточно просто реализуется другой вари-

ант формирования адаптивных порогов компаратора, представленный на временной диаграмме рис. 1, б. (Здесь с учетом изменений (модуляции) амплитуды импульсов и нулевого уровня входного сигнала введено обозначение номера импульса (периода следования импульсов) индексом i).

Как видно из диаграммы, при формировании порога $U_{пф}^i$ импульса с номером i вместо уровня напряжения U_1^{i-1} используется близкое по значению напряжение $U_{псн}^{i-1}$, полученное и запомненное УВХ при обработке предыдущего по времени информационного импульса $i-1$, а при формировании порога $U_{псн}^i$ вместо уровня U_0^{i-1} используется, соответственно, предыдущее по времени значение порога $U_{пф}^i$. Таким образом, получается, что каждый очередной порог срабатывания становится зависимым от значения всех предыдущих по времени порогов импульсных сигналов, что в условиях модуляции амплитуды импульсов может приводить к дополнительной методической погрешности формирования их длительности. Однако не трудно показать, что при малых значениях коэффициента k (например, при $k=0,1$ и менее) степень влияния предыдущих по времени порогов срабатывания компаратора быстро убывает, и все пороги, кроме последнего предыдущего, могут не приниматься во внимание.

Схема формирователя с адаптивными порогами срабатывания, в которой реализуется временная диаграмма рис. 1, б, представлена на рис. 2.

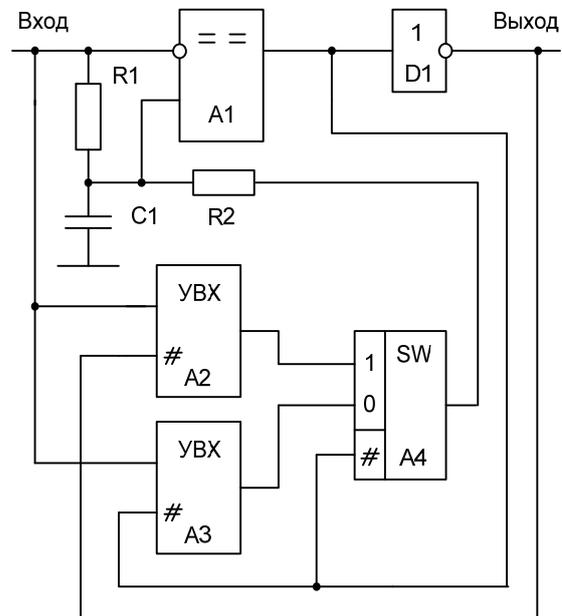


Рис. 2. Функциональная схема формирователя с адаптивными порогами компаратора

Fig. 2. Functional diagram of a shaper with adaptive thresholds of comparator

Входной импульсный сигнал подается на инвертирующий вход компаратора $A1$ и одновременно на входы двух УВХ $A2$ и $A3$. За счет использования

дополнительного инвертора $D1$ УВХ управляются в противофазе друг другу. Когда следует импульс, его высокий уровень U_1 отслеживается и запоминается УВХ $A2$, при этом УВХ $A3$ находится в режиме хранения предшествующего уровня порога $U_{пф}$. Наоборот, в течение временного интервала между импульсами (паузы) УВХ $A3$ отслеживает и запоминает низкий уровень входного импульсного сигнала, а УВХ $A2$ хранит значение предшествующего порога $U_{псп}$.

Каждый хранимый УВХ уровень за счет переключения коммутатора $A4$ поочередно подается на делитель напряжения $R1, R2$ со стороны резистора $R2$. Причем это происходит в противофазе уровням импульсного сигнала на инвертирующем входе компаратора, поступающего на делитель со стороны резистора $R1$. На выходе делителя напряжения (неинвертирующем входе компаратора) формируются уровни напряжения порогов. Конденсатор $C1$ обеспечивает кратковременную задержку изменения (хранение) порогового напряжения на время, в течение которого входной сигнал изменяется от низкого или высокого уровней до очередного по времени порога срабатывания компаратора.

В схеме формирователя ранее введенный коэффициент k определяется соотношением сопротивлений резисторов $R1, R2$ делителя напряжения в виде $k = R1 / (R1 + R2)$.

Возможен вариант реализации формирователя с неинвертирующим включением компаратора $A1$. В этом случае управляющие сигналы УВХ и коммутатора $A4$ должны быть проинвертированы по отношению к варианту схемы на рис. 2.

Исследования и модельный эксперимент

Погрешности формирования длительности информационных импульсных сигналов, поступающих на вход формирователя, по месту и причине возникновения можно разделить на две группы – погрешности от неидеальностей компаратора и УВХ и погрешности, возникающие вследствие изменений высокого и низкого уровней входного импульсного сигнала на полупериоде следования в результате модуляции.

Из неидеальностей компаратора наибольшее влияние оказывает приведенное ко входу напряжение смещения $U_{см}$. Его значение может составлять единицы-десятки милливольт. Это напряжение складывается с уровнями порогов $U_{пф}, U_{псп}$ и приводит к искажению длительности формируемых импульсов на выходе компаратора. Так, при положительном $U_{см}$ на неинвертирующем входе компаратора происходит уменьшение, а при отрицательном – увеличение длительности формируемого импульса на выходе схемы в сравнении с длительностью входного сигнала формирователя.

Количественную оценку погрешности можно выполнить, полагая, что фронт и спад входных импульсных сигналов соответствуют простым экспоненциальным законам нарастания и снижения на-

пряжения между низким U_0 и высоким U_1 уровнями. Тогда значение погрешности формирования длительности информационных импульсов можно определить в виде

$$\Delta t = \tau \text{Ln} \left(\frac{U_1 - (U_{пф} + U_{см})}{(U_{псп} + U_{см}) - U_0} \right),$$

где τ – постоянная времени экспонент. Если значения порогов $U_{пф}$ и $U_{псп}$ выразить через уровни U_0, U_1 и коэффициент k , то погрешность можно представить как

$$\Delta t = \tau \text{Ln} \left(\frac{(1-k)(U_1 - U_0) - U_{см}}{(1-k)(U_1 - U_0) + U_{см}} \right).$$

Расчет для амплитуды импульсов $U_1 - U_0 = 1$ В, коэффициента $k = 0,1$ и постоянной времени $\tau = 1$ мкс в диапазоне напряжений смещения ± 50 мВ дает близкую к линейной зависимость погрешности от напряжения смещения с коэффициентом $-0,002$ мкс/мВ. При уменьшении амплитуды импульсов до 100 мВ коэффициент возрастает примерно в 10 раз – до значения $-0,026$ мкс/мВ.

Влияние неидеальности УВХ в виде смещения хранимых уровней напряжения можно оценить так же, как напряжения смещения компаратора, поскольку оно также изменяет значения порогов на входе компаратора. При этом необходимо учитывать, что напряжения с УВХ вносят вклад в пороговые напряжения компаратора с коэффициентом k , определяемым делителем напряжения. Следовательно, влияние напряжений смещения УВХ, которые имеют такой же порядок значений, как у компаратора, при малых k оказывается существенно меньшим, чем у компаратора.

Погрешность, обусловленная изменением уровней напряжений U_0 и U_1 на полупериоде следования входного сигнала вследствие модуляции, проявляется так же, как погрешность напряжения смещения УВХ. Ее оценка может быть выполнена для конкретных применений схемы по представленной методике.

Быстродействие схемы определяется быстродействием компаратора и УВХ.

Для схемы формирователя на рис. 2 выполнен модельный эксперимент на идеальных электронных компонентах в среде схемотехнического моделирования Micro-Cap. На рис. 3 представлена схема в формате редактора программы Micro-Cap, в которой элементы верхнего ряда образуют источник входных импульсных сигналов, а другие – непосредственно сам формирователь импульсов.

Здесь идеальным источником $I1$ формируются прямоугольные импульсы тока, который протекает через резистор $R1$. Сопротивление резистора является зависимым от напряжения синусоидального источника $V1$ и численно равно ему. Таким образом, на выходе зависимого источника напряжения $E1$ формируются импульсы напряжения, амплитуда которых изменяется

(модулируется) по синусоидальному закону источником $V1$. Инерционная цепь $R2$, $C1$ затягивает фронт и спад импульсов, и далее зависимый источник напряжения $E2$ и источник постоянного напряжения $V2$ формируют промодулированный импульсный сигнал с постоянной составляющей напряжения, создаваемой источником $V2$.

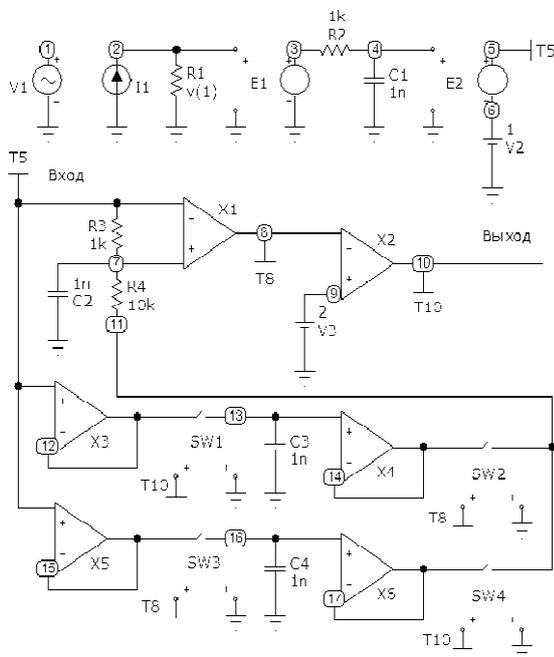


Рис. 3. Схема формирователя в среде Micro-Cap

Fig. 3. The diagram of the shaper in the Micro Cap environment

Компаратор напряжения формирователя представлен идеальным компаратором $X1$, другой идеальный компаратор $X2$ вместе с источником напряжения $V3$ моделируют схему инвертора цифровых сигналов. Две схемы УВХ построены на двух группах операционных усилителей $X3$, $X4$ и $X5$, $X6$, двух конденсаторах $C3$, $C4$ и двух управляемых ключах $SW1$, $SW3$. Коммутатор (аналоговый мультиплексор) представлен двумя ключами $SW2$ и $SW4$, управляемыми в противофазе друг другу. В схеме также присутствуют непосредственные связи между точками, обозначенными буквой T и номером точки.

На рис. 4 представлены временные диаграммы напряжений в точках схемы формирователя, иллюстрирующие ее работу.

На всех этапах прохождения входного сигнала диаграммы соответствуют изложенному выше принципу работы схемы.

Количественные оценки погрешностей от напряжений смещения компаратора и УВХ, полученные путем моделирования, совпадают с расчетными. Схема работоспособна при уменьшении амплитуды входных импульсов до значений, при которых пороги срабатывания компаратора превышают его напряжение смещения.

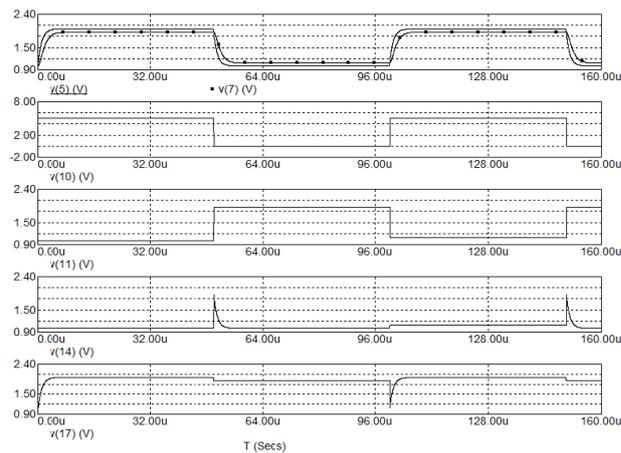


Рис. 4. Временные диаграммы формирователя

Fig. 4. Time diagrams of the shaper

Заключение

Представленная схема формирователя длительности импульсных сигналов с адаптивными к изменению уровней входного импульсного сигнала порогами срабатывания компаратора напряжения работоспособна при уровнях входного сигнала в диапазоне допустимых значений компаратора и УВХ. Минимальный уровень амплитуды импульсов на входе формирователя определяется напряжением смещения компаратора. Схема обеспечивает восстановление длительности информационных импульсов при модуляции их амплитуды и фоновой засветки фотоприемника оптических импульсов. Для снижения погрешности формирования длительности информационных импульсных сигналов необходимо выбирать компаратор напряжения и УВХ с минимальными статическими погрешностями.

Схема может быть использована, например, в системе измерения температуры поршня двигателя внутреннего сгорания, представленной ранее в работе.

Библиографические ссылки

1. Oaserele D.V., Gordeeva A.F., Davydov R.V. [Development of a photodetector for an analog extended fiber-optic communication line]. *St Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics*. 2023. Т. 16. № S3.2. С. 154-160. DOI: 10.18721/JPM.163.226.
2. Rodin S.A., Davydov V.V., Reznikov B.K., Isaenko D.I., Vakorina D.V. [Optical communication channel for multifunctional ecological monitoring complex] *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics*. 2022. Т. 15. № S3.2. С. 253-256. DOI: <https://doi.org/10.18721/JPM.153.246>.
3. Hussein Ahmed Mahmood, Rummyantsev K.Y., Al-Karawi Hussein Shookor. [Evolution of radio over free space optical communication utilizing subcarrier multiplexing / amplitude shift keying] *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2020. № 5 (215). С. 141-149. DOI: 10.18522/2311-3103-2020-5-141-149.
4. Ibrahimov B.G., Tahirova K.M. [Method for calculation maximum throughput hidden channels in systems of steganographic ccalculation communications] *T-Comm*. 2022. Т. 16. № 9. С. 40-45. DOI: 10.36724/2072-8735-2022-16-9-40-45.

5. Pavlenko T.A., Lyakhov P.A. [Analysis of data transmission in a binary symmetric communication channel using bch coding] *Modern Science and Innovations*. 2023. № 3 (43). С. 25-35. DOI: <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2023.3.3>.

6. Kundius A.A., Razzhivina K.R., Shiryayev D.S., Polukhin I.S., Bougrov V.E. [Near-infrared optical transmitting module for service channel of atmospheric quantum communication line] *Reviews on Advanced Materials and Technologies*. 2023. Т. 5. № 1. С. 10-15. DOI: 10.17586/2687-0568-2023-5-1-10-15.

7. Мышьянов С. В., Бабаев, Н. В. Дмитриев Г. А. Исследование особенностей передачи информации по беспроводному оптическому каналу связи. // Экономика и качество систем связи. 2019. № 3. С. 35–42.

8. Куклин С. И. Передатчик и приемник цифровых сигналов по открытому оптическому каналу // Инновация. Наука. Образование. 2020. № 15. С.413–421.

9. Молчанов С. В., Чижма С. Н., Холмогорова М. Д. Применение адаптивных алгоритмов управления для повышения производительности беспроводного оптического канала связи // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. 2021. № 3. С. 86–94.

10. Беспроводный оптический канал связи с подвижными объектами / Л. М. Журавлёва, В. В. Левшунов, Д. А. Рыжков, Д. Х. Чыонг // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 1. С. 13–16. DOI: 10.34649/AT.2022.1.1.003.

11. Патент на изобретение № RU 2689805 С1, МПК Н03К3/13, G05F 1/00 Время – импульсный универсальный интегрирующий преобразователь напряжения / Кук И.А. (RU), Сафиков Ш. С. (RU). Заявл. 06.08. 2018 № 2018128886. Оpubл. 29.05. 2019. Бюл. № 16.

12. Измерительные преобразователи систем оптической диагностики с многофункциональными одноэлементными фотоприемниками / Р. И. Воробей, О. К. Гусев, А. И. Свистун, А. К. Тявловский, К. Л. Тявловский, Л. И. Шадурская // Приборы и методы измерений. 2018. Т. 9, № 3. С. 215–226. DOI: 10.21122/2220-9506-2018-9-3-215-226.

13. Нурзай В. А., Быковский Ю. М. Исследование влияния освещенности на погрешность измерения вибраций технологических объектов фотомодуляционным голографическим способом // Системы контроля окружающей среды. 2022. Вып. 3 (49). С. 117–126. DOI: 10.33075/2220-5861-2023-3-117-126.

14. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Колеватов С. М. Многоканальный импульсный преобразователь температуры // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2015. № 4 (68). С. 47–49.

15. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Сяктерева В. В. Исследование влияния методических погрешностей на точность измерения температуры подвижных деталей двигателей с использованием телеметрических систем измерения // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2014. № 4 (64). С. 118–121.

16. Моделирование инерционного формирователя с адаптивным порогом / В. А. Куликов, В. Н. Сяктерев, С. М. Колеватов, С. Г. Селетков // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сборник трудов региональной научно-технической очно-заочной конференции. Ижевск : ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2015. С. 227–232.

References

1. Oaserele D.V., Gordeeva A.F., Davydov R.V. [Development of a photodetector for an analog extended fiber-optic communication line]. *St Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics*. 2023. Т. 16. № S3.2. С. 154-160. DOI: 10.18721/JPM.163.226.

2. Rodin S.A., Davydov V.V., Reznikov B.K., Isaenko D.I., Vakorina D.V. [Optical communication channel for multifunctional ecological monitoring complex] *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics*. 2022. Т. 15. № S3.2. С. 253-256. DOI: <https://doi.org/10.18721/JPM.153.246>.

3. Hussein Ahmed Mahmood, Romyantsev K.Y., Al-Karawi Hussein Shookor. [Evolution of radio over free space optical communication utilizing subcarrier multiplexing / amplitude shift keying] *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2020. № 5 (215). С. 141-149. DOI: 10.18522/2311-3103-2020-5-141-149.

4. Ibrahimov B.G., Tahirova K.M. [Method for calculation maximum throughput hidden channels in systems of steganographic calculation communications] *T-Comm*. 2022. Т. 16. № 9. С. 40-45. DOI: 10.36724/2072-8735-2022-16-9-40-45.

5. Pavlenko T.A., Lyakhov P.A. [Analysis of data transmission in a binary symmetric communication channel using bch coding] *Modern Science and Innovations*. 2023. № 3 (43). С. 25-35. DOI: <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2023.3.3>.

6. Kundius A.A., Razzhivina K.R., Shiryayev D.S., Polukhin I.S., Bougrov V.E. [Near-infrared optical transmitting module for service channel of atmospheric quantum communication line] *Reviews on Advanced Materials and Technologies*. 2023. Т. 5. № 1. С. 10-15. DOI: 10.17586/2687-0568-2023-5-1-10-15.

7. Mysh'yanov S.V., Babaev, N.V. Dmitriev G.A. [Investigation of the features of information transmission over a wireless optical communication channel]. *Ekonomika i kachestvo sistem svyazi*, 2019, no. 3, pp. 35-42 (in Russ.).

8. Kuklin S.I. [Transmitter and receiver of digital signals over an open optical channel]. *Innovatsiya. Nauka. Obrazovanie*, 2020, no. 15, pp. 413-421 (in Russ.).

9. Molchanov S.V., Chizhma S.N., Kholmogorova M.D. [The use of adaptive control algorithms to improve the performance of a wireless optical communication channel]. *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Fiziko-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*, 2021, no. 3, pp. 86-94 (in Russ.).

10. Zhuravleva L.M., Levshunov V.V., Ryzhkov D.A., Chyong D.Kh. [Wireless optical communication channel with mobile objects]. *Avtomatika, svyaz', informatika*, 2022, no. 1, pp. 13-16 (in Russ.). DOI: 10.34649/AT.2022.1.1.003.

11. Kuk I.A., Safikov Sh.S. *Vremja-impul'snyj universal'nyj integrirujushhij preobrazovatel' naprjazhenija* [Time-pulse universal integrating voltage converter]. Patent RF, no. 2689805, 2019 (in Russ.).

12. Vorobei R.I., Gusev O.K., Svistun A.I., Tyavlovskii A.K., Tyavlovskii K.L. Shadurskaya L.I. [Measuring transducers of optical diagnostic systems with multifunctional single-element photodetectors]. *Pribory i metody izmerenii*, 2018, vol. 9, no. 3, pp. 215-226 (in Russ.). DOI: 10.21122/2220-9506-2018-9-3-215-226.

13. Nurzai V.A., Bykovskii Yu.M. [Investigation of the effect of illumination on the measurement error of vibrations of technological objects by photomodulation holographic method]. *Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy*, 2022, no. 3 (49), pp. 117-126 (in Russ.). DOI: 10.33075/2220-5861-2023-3-117-126.

14. Kulikov V.A., Syakterev V.N., Kolevatov S.M. [Multi-channel pulse temperature converter]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2015, no. 4 (68), pp. 47-49 (in Russ.).

15. Kulikov V.A., Syakterev V.N., Syaktereva V. V. [Investigation of the influence of methodological errors on the accuracy of measuring the temperature of moving engine parts using telemetry measurement systems]. *Vestnik*

IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova, 2014, no. 4 (64), pp. 118-121 (in Russ.).

16. Kulikov V.A., Syakterev V.N., Kolevatov S.M., Seletkov S.G. *Modelirovanie inertionnogo formirovatel'ya s adaptivnym porogom* [Simulation of an inertial shaper with an adaptive threshold]. *Informatsionnye tekhnologii v nauke, promyshlennosti i obrazovanii : sbornik trudov regional'noi*

nauchno-tekhnicheskoi ochno-zaochnoi konferentsii [Proc. Information technologies in science, industry and education. Proceedings of the regional scientific and technical correspondence conference]. Izhevsk, 2015, pp. 227-232 (in Russ.).

* * *

Pulsed Signal Duration Shaper with Adaptive Response Thresholds

V. A. Kulikov, DSc in Engineering, Professor, Udmurt State University, Izhevsk, Russia

V. N. Syakterev, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk, State Technical University, Izhevsk, Russia

This paper represents a shaper designed to restore the width of rectangular pulses transmitted over an open-optic (wireless) communication channel and having shape distortions in the form of amplitude modulation, pedestal and tightening of the front and decay.

The principle of pulse width recovery is based on the formation of voltage comparator thresholds adaptive to changes in high and low pulse signal levels. Due to the use of sample-and-hold circuit (UVH - S/H circuit) in the circuit, the values of the input signal levels are stored in the previous half-periods. The threshold voltage of the comparator before its operation is formed as the output voltage of a resistive voltage divider into two inputs, one of which is supplied with the current voltage of the input signal, and the other with the voltage level of the signal recorded in the S/H circuit at the previous half-cycle of information pulses.

The study presents the method for estimated error in pulse width formation from comparator bias voltages, S/H circuit and modulation changes in the shape of the information signal. The example provides quantitative estimates of the error.

In the Micro Cap circuit modeling environment, a model experiment was performed, diagrams of the signal source and shaper models on ideal components and time diagrams of the device operation are presented. The operability of the device during the passage of a pulse signal with the above-mentioned shape distortions has been confirmed. A large depth of modulation of the input signal amplitude is allowed. The formative properties of the circuit are provided. The speed of the shaper is determined by the speed of the comparator and the S/H circuit. To reduce the error of the duration forming of information pulse signals, it is necessary to choose a voltage comparator and sample-and-hold circuit devices with minimal static errors.

Keywords: pulse-shape distortion, pulse width shaper, comparator adaptive threshold.

Получено: 16.04.24

Образец цитирования

Куликов В. А., Сяктерев В. Н. Формирователь длительности импульсных сигналов с адаптивными порогами срабатывания // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2024. Т. 22, № 3. С. 17–22. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-3-17-22.

For Citation

Kulikov V.A., Syakterev V.N. [Pulsed signal duration shaper with adaptive response thresholds]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 3, pp. 17-22 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2024-3-17-22.