

В. А. ПОСОШЕНКО, канд. техн. наук

РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ. СООБЩЕНИЕ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

1 Постановка задачи

Все многообразие проблем, связанных с современными и перспективными цифровыми и цифро-аналоговыми устройствами различного назначения можно условно разделить на четыре класса:

1) архитектурные проблемы (функциональное назначение, идеи воплощения, алгоритмы функционирования, информационная структура, техническое задание, проект конкретного решения и т.д.);

2) технологические проблемы (имеющиеся и перспективные технологии решения задачи, элементная база, физические принципы функционирования, возможности производства, имеющиеся заделы и т.д.);

3) эксплуатационные проблемы (надежность, долговечность, простота обслуживания, универсальность, ремонтпригодность, совместимость в самом широком смысле и т.д.);

4) экономические проблемы (стоимость, время окупаемости, эффективность по различным экономическим критериям, конкурентоспособность и т.д.);

Данная работа представляет собой попытку перспективного осмысления главным образом некоторых моментов первых трех классов отмеченных проблем и направлена на выявление возможных путей их оптимального, взаимосвязанного решения в интересах производства эффективной электронной техники.

Как известно, существующие радиотехнические компоненты можно отнести либо к аналоговым, либо к классу дискретных приборов (за исключением относительно узкой группы аналогово-цифровых устройств, функционально стыкующих между собой эти два класса). Каждый из этих классов обладает своими преимуществами, но и своими недостатками, обусловленными информационной структурой аналоговых или дискретных сигналов.

Поэтому весьма заманчивой представляется идея создания промежуточного класса радиотехнических приборов, которые вобрали бы в себя наиболее важные положительные свойства аналоговых и дискретных компонентов.

Материальной основой для создания таких приборов могут стать устройства, использующие идеи и методы рециркуляции определенной сигнальной структуры.

Здесь под сигнальной структурой понимается аналоговый сигнал, на который накладывается некоторое нормирующее ограничение, приближающее этот сигнал к классу дискретных сигналов. То есть, реализуемая сигнальная структура должна иметь черты как дискретных (в частности—цифровых), так и аналоговых сигналов.

Рециркуляционный подход к формированию и преобразованиям сигналов такого рода позволяет при относительно небольших аппаратных затратах реализовать устройства памяти, устройства сложной реакции на элементарное иницирующее воздействие, автономные, асинхронные, преобразующие устройства. Следует подчеркнуть, что асинхронность преобразований по отношению к внешним устройствам является наиболее ценным свойством рециркуляционных структур.

В настоящее время известны и широко используются рециркуляторы амплитуды и рециркуляторы импульсных сигналов, использующие разнообразные линии задержки, элементы динамической (регенеративной) памяти и т.п. Практический опыт в создании подобных узлов может стать хорошей базой для конструирования рециркуляционных устройств нового поколения.

В работе в качестве сигнальной структуры выбраны импульсные сигналы произвольной длительности (в рамках определенного диапазона), но с нормированной амплитудой. Такой выбор позволил резко расширить возможности существующей цифровой и аналоговой микросхемотехники в плане их совместного использования в настоящее время и в перспективе развития для создания разнообразных радиоэлектронных устройств на основе единой интегральной технологии.

Поскольку данная работа не ставит своей целью полную техническую разработку конкретного устройства, а предполагает лишь ознакомление с рециркуляционным методом построения радиотехнических устройств вообще, принято целесообразным дальнейшее изложение вести в плане описания применений данного метода, с использованием в большинстве случаев структурных или функциональных схем. Такой подход к изложению материала позволяет наиболее полно, но в несложной форме продемонстрировать возможности, а также выявить преимущества и недостатки метода.

В последующих описаниях все элементы функциональных и структурных схем обозначаются буквой «Э» и порядковым номером, заключенным в скобки (например: (Э-12)). Любой узел в структурной или функциональной схеме описывается двумя цифрами, разделенными дефисом. Первая цифра указывает номер элемента, из которого вышел сигнал (элемент выходного сигнала).

Принято, что все логические операции над импульсными сигналами проводятся в положительной логике. На иллюстрированных временных диаграммах все сигналы показаны с точностью до конкретных, а значит – несущественных значений потенциалов.

2 Базовые принципы функционирования. Формирователь длительности импульсов (ФДИ)

В настоящее время известны устройства, предназначенные для формирования (генерирования) как одиночных импульсов, так и некоторой последовательности (пачек) импульсных сигналов. Однако, несмотря на разнообразие схемотехнических решений, во всех этих устройствах внешнее запускающее воздействие лишь инициирует появление на выходных шинах требуемых сигналов и, вообще говоря, не влияет на процесс их формирования. То есть, выходные сигналы полностью определяются внутренней структурой формирующих устройств, элементами, задающими эталонные временные интервалы (импульсы синхронизирующей (опорной) частоты, линии задержки, RC-цепи и т.п.), но в подавляющем большинстве случаев не зависят от входного, запускающего сигнала. Более того, зависимость реакции формирующего устройства от инициирующего воздействия чаще всего считается недопустимой, вредной. Ряд изобретений направлен именно на устранение или ослабление такой зависимости. Кроме того, в ряде работ подчеркивается независимость процесса формирования выходного сигнала от запускающего входного воздействия. То есть, инициирующим сигналом в таких устройствах может быть простой перепад (фронт) напряжения на входной шине.

Рассматриваемый способ формирования как одиночных импульсов, так и импульсных последовательностей (пачек) предполагает некоторое интегрально-дискретное преобразование длительности входного, инициирующего импульса. Причем, это преобразование должно достигаться сравнительно небольшими аппаратными затратами при высокой надежности и эффективности в работе.

Данный способ формирования импульсных сигналов произвольной длительности может быть реализован на основе триггерной схемы, элементов задержки и элементов импульсной логики.

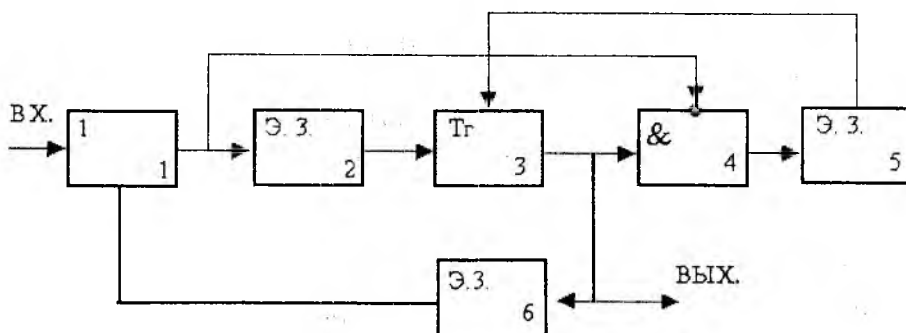


Рис.1

На рис. 1 изображена функциональная схема, поясняющая механизм функционирования предложенного способа формирования импульсных сигналов путем преобразования входного, инициирующего импульса. На этой схеме приняты следующие обозначения:

- (Э_1) – элемент (ИЛИ);
- (Э_2) – элемент управляемой задержки (τ_{3-1});
- (Э_3) – триггерная схема;
- (Э_4) – элемент (И) с одним инверсным входом;
- (Э_5) – элемент управляемой задержки (τ_{3-2});
- (Э_6) – элемент управляемой задержки (τ_{3-3}).

Примем, что элементы (Э_1), (Э_3), (Э_4) – безынерционны, а их задержки переходов («0»-«1» и «1»-«0») включаются в величины временных задержек элементов (Э_2), (Э_5), (Э_6). Временные диаграммы импульсных сигналов в наиболее важных точках схемы показаны на рис. 2.

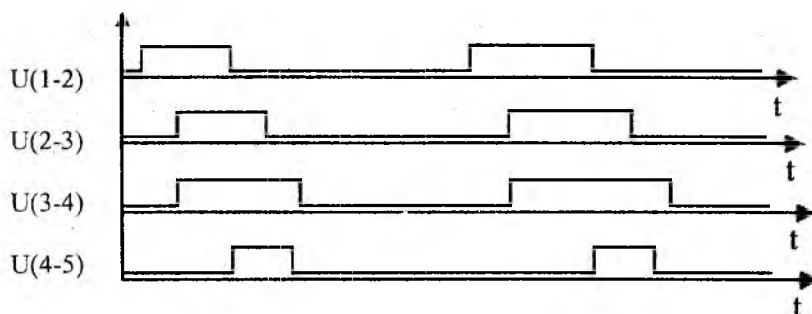


Рис. 2

Описание работы схемы ФДИ

Входной инициирующий импульс проходит элемент «ИЛИ» (Э_1), элемент задержки (Э_2) и «взводит» триггер (Э_3) в состояние «1». Одновременно с этим входной импульс поступает на инвертирующий (запрещающий) вход элемента «И» (Э_4) и в течение времени его длительности сигнал «1» с триггера (Э_3) не поступает на элемент задержки (Э_5).

Как только воздействие входного импульса заканчивается, снимается «запрет» с элемента «И» (Э_4). Сигнал «1» поступает на элемент задержки (Э_5). Через время, равное (τ_{3-2}) сигнал «1» появится в точке (5-3) и сбрасывает триггер (Э_3) в состояние «0». Как видно из приведенных на рис. 2 временных диаграмм, триггер (Э_3) взведется сигналом, который появится в точке (2_3) через время, равное (τ_{3-1}) после начала воздействия переднего фронта

входного сигнала. Сбросится этот триггер сигналом, который появится в точке (5-3) через время (τ_{3-2}) после окончания заднего фронта входного импульса.

Легко видеть, что наличие элемента задержки (Θ_2) приводит к уменьшению длительности импульса в точке (3-4) (то есть, на выходе триггера) на величину (τ_{3-1}) по сравнению с длительностью инициирующего импульса в точке (1-2). Наличие же элемента задержки (Θ_5) приводит к увеличению длительности импульса в точке (3-4) на величину (τ_{3-2}) по сравнению с длительностью импульса в точке (1-2). Следовательно, длительность выходного импульса в точке (3-4) можно определить так:

$$t_{\text{ВЫХ}} = t_{\text{ВХ}} + \tau_{3-2} - \tau_{3-1},$$

где $t_{\text{ВЫХ}}$ – длительность импульса в точке (3-4);

$t_{\text{ВХ}}$ – длительность импульса в точке (1-2);

τ_{3-2} – длительность временной задержки элемента (Θ_5);

τ_{3-1} – длительность временной задержки элемента (Θ_2);

Таким образом, в зависимости от соотношения величин задержек (τ_{3-1}) и (τ_{3-2}), длительность выходного импульса в точке (3-4) может быть больше или меньше длительности входного импульса в точке (1-2). В конкретном, поясняющем случае, который отражен на временной диаграмме (рис. 2), величина (τ_{3-2}) больше величины (τ_{3-1}). Поэтому длительность выходного импульса в точке (3-4) получилась больше длительности импульса в точке (1-2) на величину

$$\Delta t = \tau_{3-2} - \tau_{3-1}.$$

Поскольку точка (3-4) соединена с точкой (1-2) через элемент задержки (Θ_6) и схему «ИЛИ» (Θ_7), то в точке (1-2) через время (τ_{3-3}) время задержки элемента (Θ_6) появится импульс с длительностью, равной сумме длительности ($t_{\text{ВХ}}$) инициирующего импульса и величины (Δt):

$$t_{\text{ВЫХ}} = t_{\text{ВХ}} + \Delta t.$$

Теперь этот импульс можно рассматривать как входной по отношению ко всей схеме. Это обстоятельство приводит к тому, что в точке (3-4) появится импульс с длительностью, равной сумме длительности импульса в точке (1-2) и величины (Δt). Однако, длительность импульса в точке (1-2) уже превышала длительность первоначального, инициирующего импульса на величину (Δt). Следовательно, через два цикла обращения в точке (3-4) мы получим импульс с длительностью, равной

$$t_{\text{ВЫХ}} = t_{\text{ВХ}} + 2 \cdot \Delta t,$$

где $t_{\text{ВХ}}$ – длительность инициирующего импульса в точке «ВХ», а

$$\Delta t = \tau_{3-2} - \tau_{3-1}.$$

Назовем величину (Δt) шагом квантования. Через (n) циклов обращения (рециркуляции) мы получим в точке (3-4) импульс с длительностью

$$t_{\text{ВЫХ}} = t_{\text{ВХ}\emptyset} + n \cdot \Delta t.$$

В результате воздействия одного инициирующего импульса с длительностью ($t_{\text{ВХ}\emptyset}$) мы получим последовательность нарастающих по длительности импульсов.

Если величина (Δt) будет иметь отрицательный знак ($\tau_{3-1} > \tau_{3-2}$), то в точке (3-4) получим последовательность импульсов с длительностями, убывающими от импульса к импульсу на величину (Δt).

Если величина (Δt) будет равна нулю, на выходе схемы в точке (3-4) появится серия импульсов с одинаковой длительностью, равной длительности инициирующего импульса (т.е. с длительностью $t_{\text{ВХ}\emptyset}$). Но временное положение фронтов каждого последующего выходного импульса (его фаза) будет изменено по отношению к временному положению фронтов предыдущего импульса на величину

$$t_{\text{ВХ}} \neq \tau_{3-1} = \tau_{3-2}.$$

Интересно отметить, что при ($\tau_{3-1} = \tau_{3-2} = \emptyset$) схема на рис. 1 вырождается в схему широко известного генератора с запаздывающей обратной связью. В этом случае триггер (Э_3) становится излишним элементом.

Рассмотренный способ формирования импульсов переменной длительности в основной идее сходен с принципом действия рециркулятора амплитуды, хорошо известного в радиотехнике.

Полезной разновидностью (ФДИ), реализующей изложенные выше идеи (способ), могут служить устройства, функциональные схемы которых показаны на рис. 3, 4.

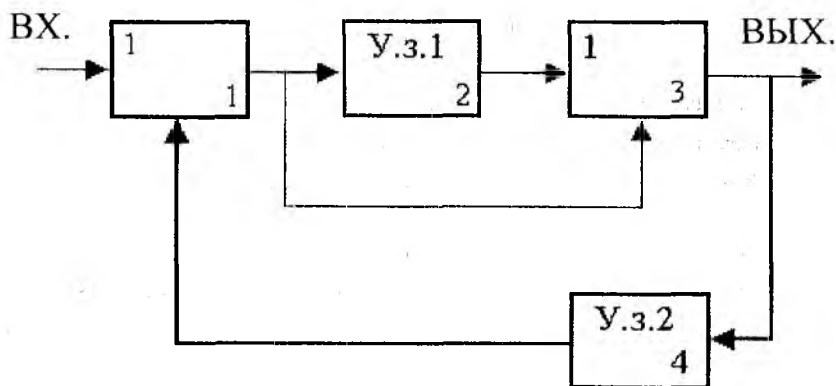


Рис. 3

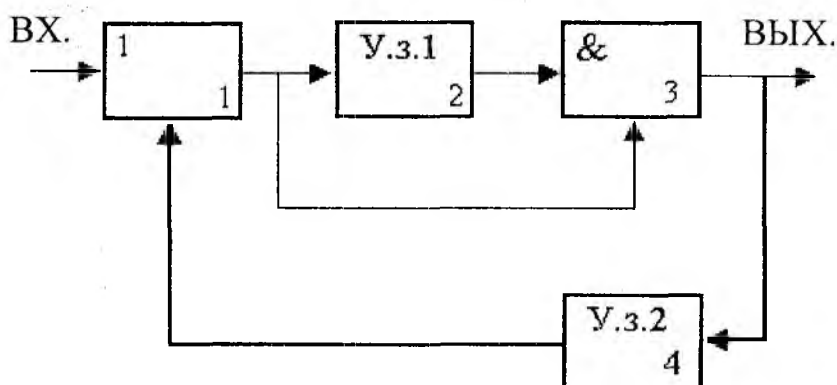


Рис. 4

В этих схемах устройство задержки (Э_2) образует временной сдвиг между одним и тем же рециркулирующим импульсом. В зависимости от того, на каком элементе («И», «ИЛИ») (Э_3) эти сдвинутые по фазе импульсы собираются, на выходе образуется последовательность либо уменьшающихся, либо увеличивающихся по длительности от импульса к импульсу сигналов.

Схемные решения, представленные на рис. 3 и 4 во многом сходны с решением, представленным на рис. 1. Однако есть и принципиальные отличия.

В частности, схема на рис. 1 обладает гораздо большим, чем схемы на рис. 3 и 4, универсализмом, гибкостью управления процессом преобразования длительности входного, инициирующего импульса.

В чисто техническом плане схема рис. 1 также имеет преимущества перед схемами 3 и 4.

Некоторое приближение к адаптационным возможностям схемы, изображенной на рис. 1 дает схема, показанная на рис. 5. По существу, она представляет собой объединение схемных решений, представленных на рис. 3 и 4. Здесь триггер (Э_4) выполняет функцию переключателя режимов работы схемы (либо увеличение, либо уменьшение длительности рециркулирующих импульсов) в зависимости от внешних управляющих сигналов (УПР).

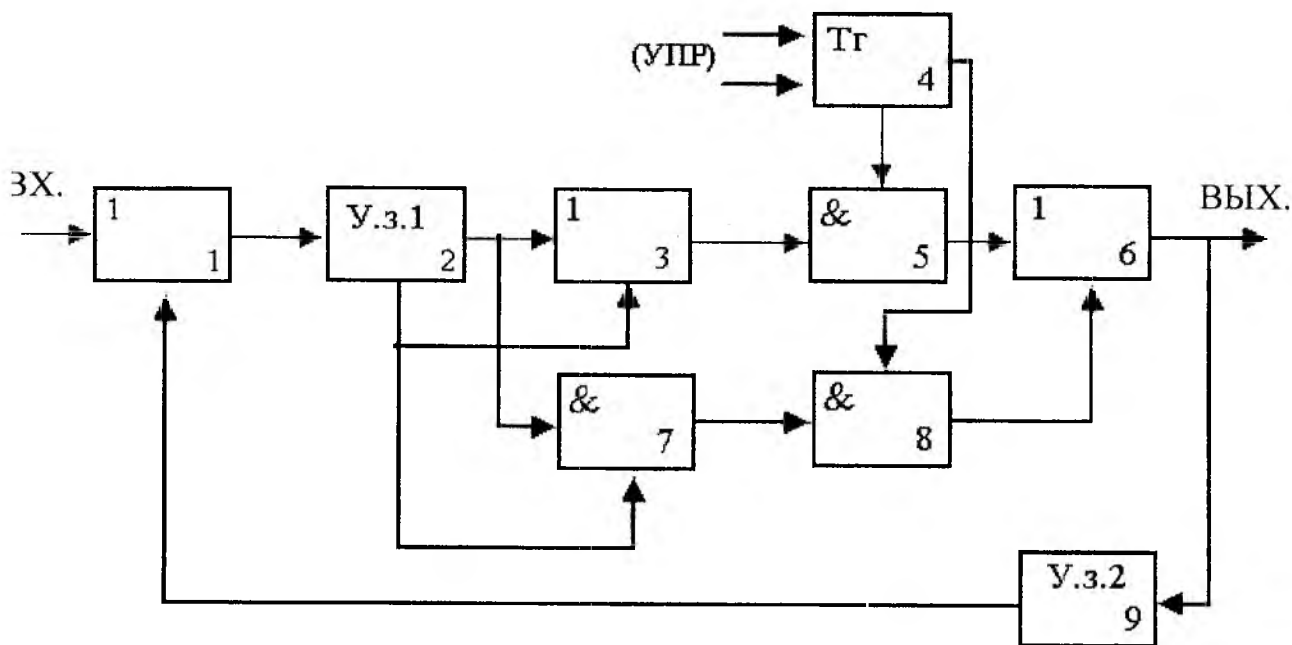


Рис. 5

Существенным преимуществом схемы (рис. 1) по сравнению со схемами (рис. 3, 4, 5) является меньшая зависимость характера изменения длительности рециркулирующих импульсов от неучтенного изменения абсолютной величины времени задержки элементов схем.

3 Заключение

Следует подчеркнуть, что рассмотренные функциональные схемы формирователей длительности рециркулирующих импульсов представляют собой лишь частный случай сравнительно простой организации рециркуляции произвольной информационной структуры, которая, вообще говоря, может быть гораздо более сложной и информативной, чем нормированные по амплитуде видеоимпульсы произвольной длительности. В этой связи отметим, что сама по себе идея рециркуляции импульсных сигналов не нова и достаточно хорошо апробирована в радиотехнике [1, 2].

Поэтому данный цикл работ направлен не на рассмотрение основ рециркуляции, а на выявление новых возможностей, которые она предоставляет в тех случаях, когда элементарное изменение (Δt) текущей длительности (t_i) в одном цикле рециркуляции на пять-шесть порядков меньше длительности ($t_{вх}$) исходного, инициирующего импульса (т.е. $\Delta t \ll t_{вх}$).

При выполнении этого условия текущее изменение длительности рециркулирующих импульсов (или – скважности импульсной последовательности) можно рассматривать как квазинепрерывное, интегральное, что в свою очередь открывает новые возможности для совершенствования многих радиотехнических устройств.

Список литературы: 1. *Абрамов Г.Н.* Рециркуляционные преобразователи одиночных временных интервалов повышенного быстродействия // ПТЭ. 1984. №5. С. 80 – 82, *Карпов Н.Р.* Рециркуляционный измерительный преобразователь коротких временных интервалов в код // ПТЭ. 1980. №2. С.101 – 103.