

## Амплитудное и синхронное детектирование сигналов в дымовых пожарных извещателях.

### Часть 2. Логические автоматы

В первой части статьи [1] был сделан вывод, что в изобретении по патенту RU 2221278 [2] узел, названный схемой синхронного детектирования, вовсе не является синхронным детектором. Означает ли это, что в техническом решении пожарного извещателя, выполненного на основе принципиальной схемы, приведенной в этом патенте, не используется сам принцип синхронного детектирования? Для того чтобы правильно ответить на этот вопрос, необходимо вернуться в недалекое прошлое и понаблюдать за модернизацией дымовых пожарных извещателей, проходившей в конце прошлого века. С появлением цифровых интегральных микросхем стало возможным построение разнообразных логических синхронных и асинхронных автоматов. Развитие номенклатуры КМОП микросхем позволило реализовывать устройства с малыми токами потребления, что необходимо для построения пожарных извещателей. Задачу синхронного определения состояния логической цепи решает D-триггер: на его выходе устанавливается то логическое состояние, которое будет присутствовать на его D-входе в момент положительного перепада импульса на С-входе этого триггера. Такая функция вполне соответствует функции перемножения опорного импульсного сигнала с частотным входным сигналом. Задачу низкочастотной фильтрации импульсов инфранизкой частоты может выполнять сдвиговый регистр или двоичный счетчик. Именно на этом принципе был построен синхронный счетчик в изобретении Шакирова Виктора Абдуловича по патенту RU2032225 [3]. На рис. 1 представлена часть схемы из указанного патента, где У1 – фотоусилитель, D7 – первый логический элемент ИЛИ-НЕ, Т3 – первый D-триггер, СТ5 – двоичный счетчик, Т4 – второй D-триггер, D8 – второй логический элемент ИЛИ-НЕ, HL1 – светодиодный индикатор состояния извещателя.

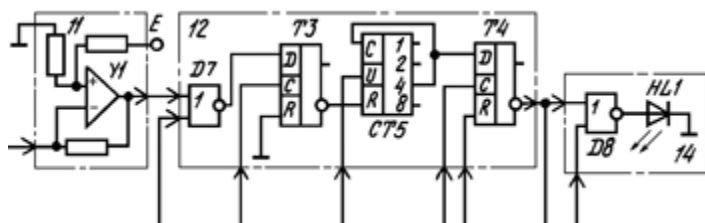


Рис.

1

Синхронный счетчик, обозначенный на рис. 1 числом 12, реально выполнял функцию синхронного детектирования импульсов. Такой логический автомат вполне можно было бы назвать синхронным детектором или схемой синхронного детектирования. Работала эта схема следующим образом. В дежурном режиме, когда на выходе фотоусилителя У1 (на рис. 1 обозначен числом 11) был малый сигнал, первый логический элемент ИЛИ-НЕ D7 выполнял роль амплитудного детектора и на его выходе устанавливался низкий потенциальный уровень. Первый D-триггер оставался в исходном состоянии – на его инверсном выходе присутствовал потенциал логической единицы, так как в момент положительного перепада на С-входе этого триггера на его D-входе был низкий потенциальный уровень. Двоичный счетчик СТ5 был в нулевом состоянии. В нулевом состоянии оставался и второй D-триггер, поэтому светодиодный индикатор состояния извещателя HL1 (на рис. 1 обозначен числом 14) тоже был выключен. Как только на выходе фотоусилителя У1 появлялись импульсы амплитудой достаточной для переключения логического элемента D7, и таких импульсов было несколько подряд, то первый D-триггер устанавливался в единичное состояние и разрешал работу двоичного счетчика СТ5. При появлении четвертого импульса подряд двоичный счетчик блокировал свое состояние потенциалом логической единицы на С-входе этого счетчика. Второй D-триггер устанавливался в единичное состояние – и включался светодиодный индикатор состояния извещателя HL1.

Таким образом, схема, представленная на рис. 1, полностью удовлетворяет определению синхронного детектора [4]: устройство для извлечения информации из ВЧ-сигнала, модулированного по амплитуде или фазе, путем нелинейного преобразования - умножения на синхронный опорный сигнал с последующей НЧ-фильтрацией.

На первом D-триггере Т3 осуществляется перемножение входного сигнала с импульсами опорной частоты. А «низкочастотную фильтрацию» выполняет двоичный счетчик СТ5. Как и в случаях извещателей, о которых говорилось в первой части публикации, выход синхронного детектора непосредственно соединен с блоком выходного каскада. И если в указанных выше извещателях «счетчик совпадений» был выполнен на фильтрах низкой частоты, то в данном решении функцию фильтра низкой частоты выполнял двоичный счетчик. Шакиров В. А. принимал участие в разработке извещателя пожарного ИП212-5, который производился в конце 80-х гг. прошлого века на нескольких предприятиях в разных регионах страны. Именно в те годы с этого изделия и началось мое знакомство с компонентами систем пожарной сигнализации в процессе освоения этой продукции Черновицким ПО «Электронмаш». Изделие содержало две логические микросхемы К561 ИЕ11 и К561ЛЕ5 и операционный усилитель КР1407 УД2. Схема устройства была приведена в паспорте на это изделие. Блок-схема этого извещателя представлена на рис. 2.

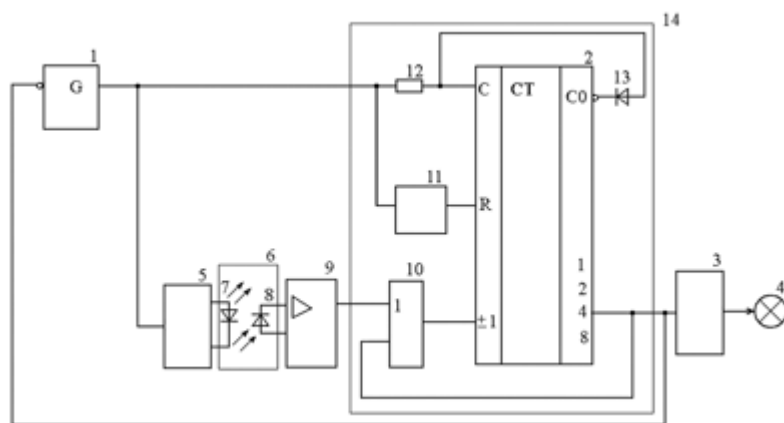


Рис. 2

где:

- 1 – генератор импульсов;
- 8 – фотодиод;
- 2 – реверсивный двоичный счетчик;
- 9 – усилитель;
- 3 – блок выходного каскада;
- 10 – логический элемент ИЛИ;
- 4 – индикатор состояния;
- 11 – узел сброса;
- 5 – преобразователь напряжение-ток;
- 12 – резистор;
- 6 – камера дымового сенсора;
- 13 – диод;
- 7 – ИК светодиод;
- 14 – синхронный детектор.

Работает это устройство следующим образом. При включении питающего напряжения схема сброса устанавливает реверсивный двоичный счетчик в нулевое состояние. По положительным перепадам сигнала на С-входе этого счетчика происходит его переключение в следующее состояние в зависимости от уровня сигнала на его входе  $\pm 1$ . При низком уровне сигнала на входе  $\pm 1$  счетчик работает в вычитающем режиме. Когда он досчитает до нуля, то сигналом переноса С0 заблокируется счетный вход С. Как только появится уровень логической 1 на входе  $\pm 1$ , то сразу же на выходе переноса С0 установится высокий потенциальный уровень сигнала. Реверсивный двоичный счетчик будет считать в прямом направлении. В момент появления логической 1 на выходе 4 становится активным блок выходного каскада и загорается индикатор состояния. Сигналом с выхода 4 запрещается работа генератора импульсов, и на выходе логического элемента ИЛИ устанавливается высокий потенциальный уровень.

В этом состоянии пожарной тревоги реверсивный двоичный счетчик может находиться достаточно долго, пока отключением питающего напряжения и последующим включением будет осуществлена установка этого счетчика в исходное состояние. В этом изделии перемножение импульсного сигнала опорной частоты входного сигнала будет осуществляться на входах  $\pm 1$  и С реверсивного двоичного счетчика. Низкочастотную фильтрацию также выполняет реверсивный двоичный счетчик. Выход второго разряда реверсивного двоичного счетчика является и выходом синхронного детектора. Именно с этого выхода осуществлялось управление блоком выходного каскада, запрет работы генератора импульсов и запрет дальнейшего счета импульсов самим счетчиком. Таким образом, в извещателе ИП 212-5 образца середины 80-х гг. синхронный детектор был реализован на реверсивном двоичном счетчике.

Последующую модернизацию схемы дымового пожарного извещателя в середине 90-х гг. провел Иван Александрович Маслов. Его логический автомат также был выполнен на двух логических микросхемах: К561ТЛ2 и К561ИЕ10. Ранее эта схема не публиковалась. С разрешения автора и приборного завода «Сигнал», производившего эти изделия, принципиальная электрическая схема извещателя ИП212-5М приводится на рис. 3. Изделие производилось серийно с марта 1998 г., что подтверждается сертификатом на право серийного производства, копия которого представлена на рис. 4. Фотография электронного блока этого извещателя со стороны элементов представлена на рис. 5, а со стороны печатного монтажа – на рис. 6. На печатной плате изделия отчетливо видна дата изготовления – июль 1998 г. и товарный знак производителя.

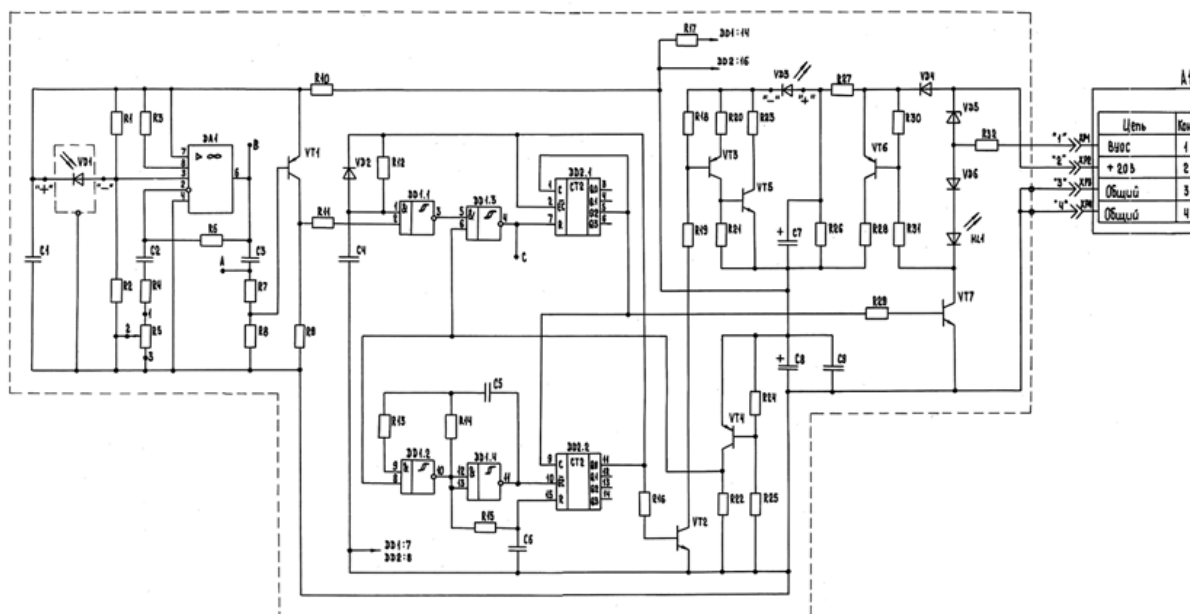


Рис. 3

Данное техническое решение представлено из следующих блоков:

- фотоприемника;
- излучателя;
- тактового генератора;
- узла сброса;
- блока выходного каскада;
- синхронного детектора.

Фотоприемник, излучатель и блок выходного каскада были выполнены на основе типовых решений. Оригинальным в изделии было построение логического автомата.



Тактовый генератор был собран на двух логических элементах 2И-НЕ с функцией триггера Шмитта по входам и одному двоичному счетчику, а на других половинках этих микросхем был собран синхронный детектор. Сброс счетчиков осуществлялся при подаче питающего напряжения от узла на транзисторе VT4, который открывался после того, как на конденсаторе C8 напряжение станет выше минимального рабочего для КМОП микросхем. Тактовый генератор формирует импульсы длительностью 100 мкс с периодом следования около 1 с. Наибольший интерес представляет синхронный детектор, представленный на рис. 7.

Работает этот блок следующим образом. При подаче питающего напряжения узел сброса через логический элемент DD1.3 обеспечивает сброс в исходное состояние двоичного счетчика DD2.1. С выхода второго разряда этого счетчика разрешающий сигнал поступает на тактовый генератор. Он вырабатывает короткие по длительности импульсы с длительным периодом следования. По первому положительному перепаду сигнала на выходе тактового генератора двоичный счетчик DD2.1 DD1.1 увеличит свое состояние на 1. Выполненный на элементах R12, C4 и VD2 интегратор задерживает передний фронт импульса тактового генератора и сделает импульс еще короче. Именно такой импульс перемножается логическим элементом 2И-НЕ DD1.1 с входным импульсом, который поступает с выхода усилителя фотоприемника. Если амплитуда импульсов на выходе усилителя будет незначительной, то триггер Шмитта DD1.1 оценит этот сигнал как высокий потенциальный уровень. Поэтому каждый задержанный по переднему фронту импульс будет проходить на R-вход двоичного счетчика. А это означает, что в дежурном режиме работы двоичный счетчик DD2.1 всегда будет сбрасываться в каждом такте тактового генератора.

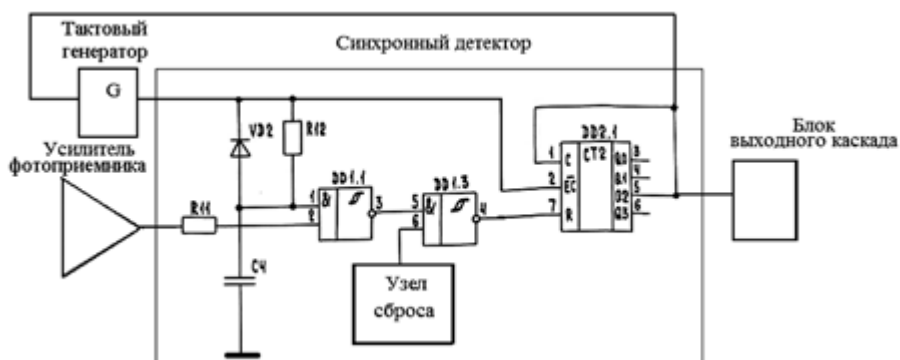


Рис. 7

В процессе задымления пространства на выходе усилителя будут появляться импульсы большей амплитуды и длительности. В тот момент, когда импульс, поступающий на вход 2 триггера Шмитта DD1.1, по длительности и амплитуде перекроет импульс, приходящий на вход 1 этого логического элемента, на его выходе установится высокий потенциальный уровень сигнала. Сброса двоичного счетчика не будет, а значит, с каждым последующим импульсом, поступающим на EC-вход, двоичный счетчик будет увеличивать свое состояние на 1, пока не достигнет состояния 4. Высокий потенциальный уровень сигнала на выходе Q2 выключит тактовый генератор и запретит счет импульсов самим двоичным счетчиком. Блок выходного сигнала перейдет в состояние пожарной тревоги, и включится индикатор состояния извещателя HL1. Таким образом, триггер Шмитта DD1.1 осуществляет амплитудное детектирование сигналов, поступающих с выхода усилителя фотоприемника, а приведенная выше схема содержит все атрибуты синхронного детектора: перемножителем является логический элемент 2И-НЕ DD1.1, а низкочастотное фильтрование проводится двоичным счетчиком DD2.1. Выход синхронного детектора непосредственно связан с входом блока выходного каскада.

Возвращаясь к техническому решению по патенту RU 2221278, можно сказать, что непонятно, почему заявитель не использовал в качестве прототипа техническое решение Маслова И. А. Ведь ИП212-5М присутствовал на рынке компонентов СПС несколько лет до даты приоритета указанного изобретения. По сути, различие между этими решениями только в формировании опорного сигнала в узле синхронного детектора. В извещателе ИП212-5М была осуществлена задержка переднего фронта импульса тактового генератора, а в решении по патенту RU 2221278 – дифференцирование заднего фронта, того же сигнала. Остальные блоки и связи между ними в этих решениях полностью совпадают. Но главный вывод, который хотелось бы сделать из проведенного исследования, – так это то, что в формуле указанного изобретения общепринятое понятие «синхронный детектор» (схема синхронного детектирования) применимо только при изменении самой формулы. Необходимо, чтобы второй двоичный счетчик был выведен из состава схемы сравнения и запоминания и вошел в состав схемы синхронного детектирования. Только в этом случае указанный блок будет соответствовать общепринятому понятию «синхронный детектор», однако такое техническое решение уже не будет соответствовать изобретению по патенту RU 2221278, а будет представлять собой иное новое решение...

#### Литература:

1. Баканов В. «Амплитудное и синхронное детектирование сигналов в дымовых пожарных извещателях», «Технологии защиты», № 2 – 2013, с. 54.
2. Патент Российской Федерации на изобретение № 2221278 «Устройство регистрации дыма», бюл. № 1 2004 г.
3. Патент Российской Федерации на изобретение № 2032225 «Пожарный извещатель», 27.03.1995 г.
4. «Физическая энциклопедия». В 5 томах. М.: «Советская энциклопедия», 1988.

