

## Дымовые оптико-электронные точечные пожарные извещатели.

### Основные схемные решения. Часть 1.1. Блок-схемы



Технические решения, которые используются в извещателях пожарных дымовых оптических точечных (ИПДОТ), основаны с одной стороны на физических эффектах рассеивания света в мутных средах (эффект Джона Тиндаля [1] и эффект Густава Ми [2]), с другой стороны, как компонент системы, на

принципах построения телеметрических устройств для сбора информации.

Вопросам подключения ИПДОТ к приборам приемно-контрольным пожарным (ППКП) была посвящена предыдущая серия публикаций автора [3]. Для нормальной работы изделия необходимо оптико-электронный сенсор изделия защищать от внешней засветки создаваемой естественными и искусственными источниками света. Известных конструкций дымового сенсора для пожарного извещателя великое множество. Пример одной из таких конструкций представлен на рис. 1.

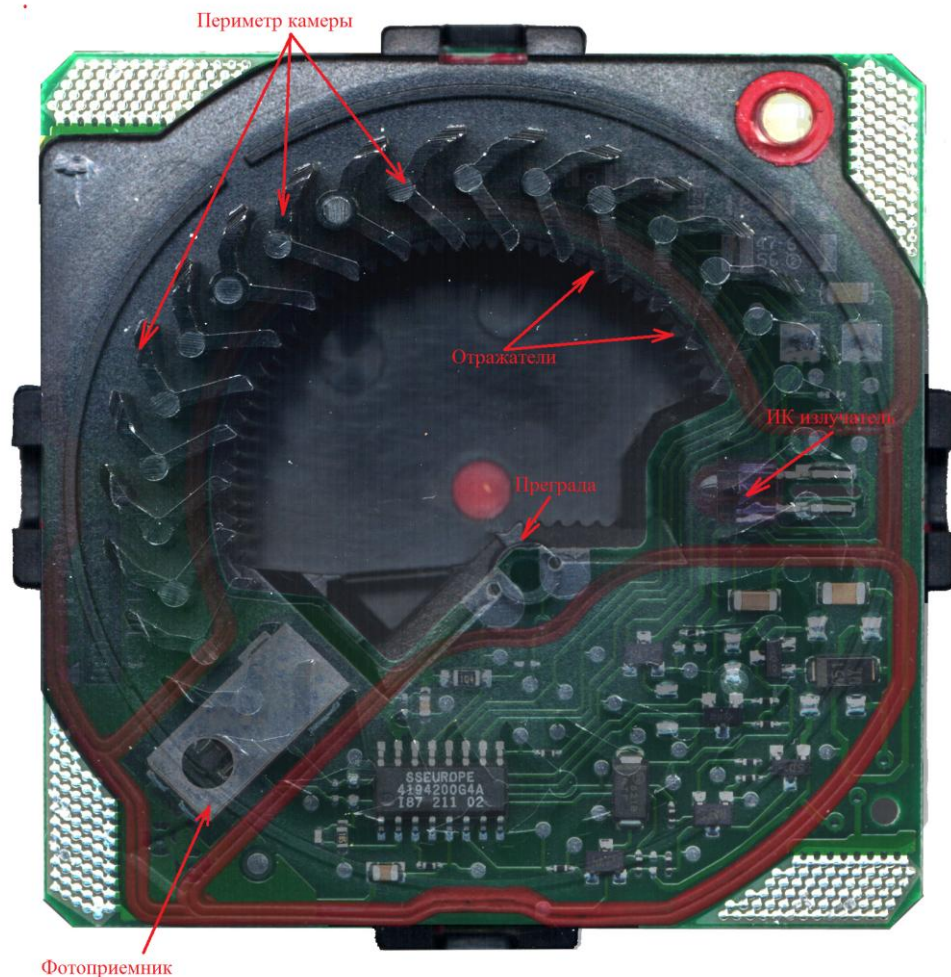


Рис. 1

Камера дымового сенсора обычно выполнена из пластмассы черного цвета, по периметру которого построен "забор" непрозрачный для света, но имеющий малое сопротивление для воздушного потока, позволяя проникать дыму внутрь камеры. ИК излучатель и фотоприемник расположены под углом к друг другу. Так как интенсивность рассеянного света наибольшая в направлении светового потока, то угол этот тупой: 120 – 135°. Для исключения прямой подсветки фотоприемника ИК излучением в камере дымового сенсора имеется преграда из того же черного пластика. Внутри камеры дымового сенсора имеются также отражатели, рассеивающие ИК излучение так, что при чистом воздухе на фотоприемник попадала только незначительная часть этого рассеянного излучения. Факт наличия на выходе фотоприемника импульсов малой амплитуды, синхронных с импульсами ИК излучения, так называемого - фонового сигнала, в интеллектуальных извещателях может служить подтверждением работоспособности камеры дымового сенсора (совместно с ИК излучателем и фотоприемником). Особенности построения камер дымового сенсора подробно изложены в публикациях [4, 5].

Поэтому подробнее остановимся на принципах построения электронных блоков дымовых оптических извещателей, блок-схема которого приведена на рис. 2

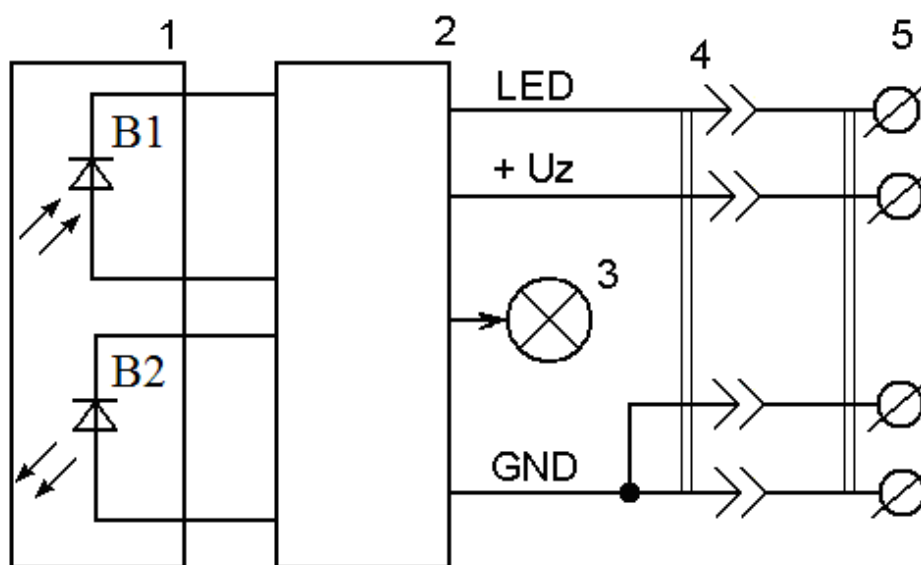


Рис. 2

- где: 1 - камера дымового сенсора с фотоприемником В1 и ИК излучателем В2;  
 2 – электронный блок обработки;  
 3 – индикатор состояния;  
 4 – контакты активной части извещателя;  
 5 – базовое основание с винтовыми контактами.

Развитие техники в современном мире идет столь стремительно в сторону миниатюризации, так что принципиальная электрическая схема пожарного извещателя отличается от блок-схемы только наличием нескольких деталей: диодов (супрессоров), конденсаторов. Все остальные элементы выполнены на интегральной микросхеме. Примером может служить микросхема E520.32 немецкой фирмы ELMOS [6], фото которой приведено на рис. 3, а принципиальная схема – на рис. 4.

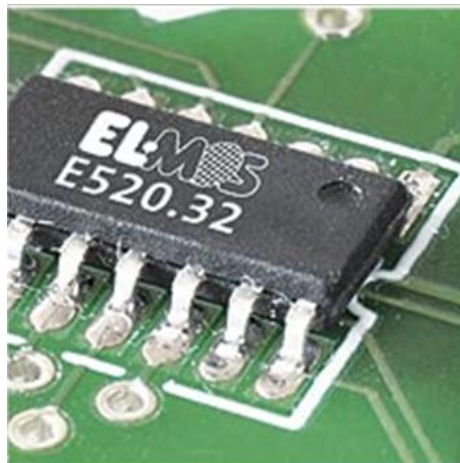


Рис. 3

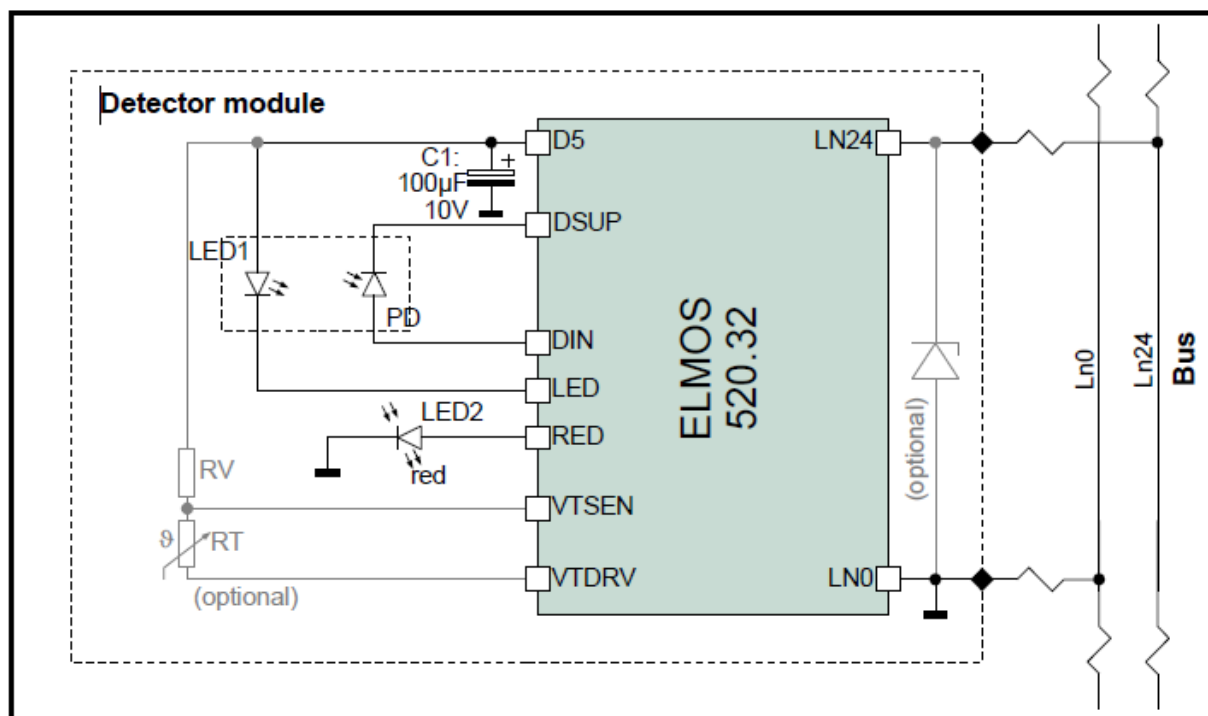


Рис. 4

Сама микросхема, которая размещена в 14 выводном корпусе SOIC, представляет собой довольно сложное устройство, являющееся адресным мультисенсорным (комбинированным тепло-дымовым) извещателем и содержащее аналоговые, цифровые и аналогово-цифровые компоненты, размещенные на одном кристалле. Для того чтобы

убедиться в этом достаточно взглянуть на функциональную схему контроллера, приведенную на рис. 5.

В характеристиках микросхемы сказано, что в ее состав входит сильноточный драйвер управления ИК светодиодом и усилитель сигнала фотодиода с высокоимпедансным входом.

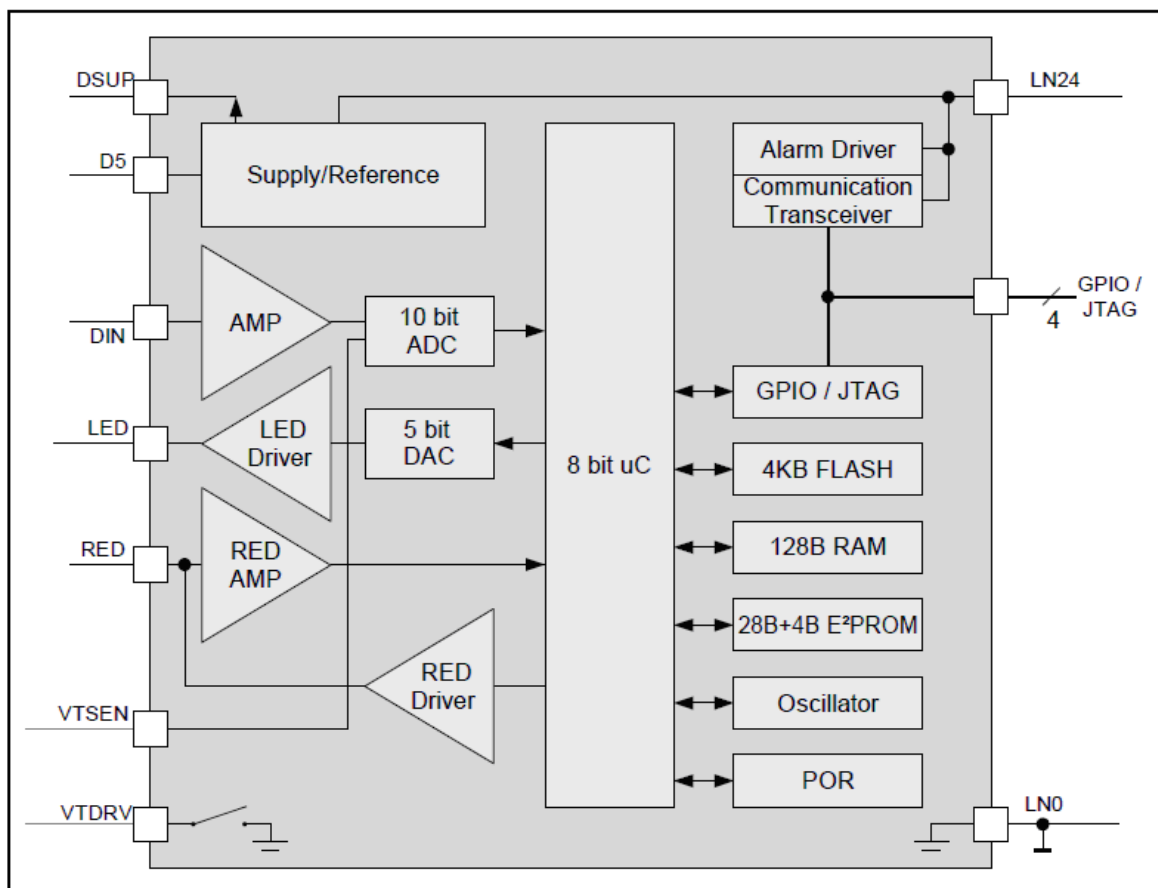


Рис. 5

Ток потребления самой микросхемы в дежурном режиме работы составляет всего около 90 мкА, что немаловажно при питании датчиков от адресного шлейфа сигнализации, в котором можно разместить до 255 устройств.

Драйвер ИК светодиода может отдавать ток до 200 мА с дискретностью 32, а широкодиапазонный усилитель тока способен принимать сигналы от 1,5 до 45 нА приходящие от фотодиода. Большое быстродействие усилителя и 10-разрядного АЦП позволяют использовать короткие импульсы ИК излучателя, обеспечивая высокую скорость обнаружения при малых энергетических затратах. Узкополосный фильтр усилителя сводит к минимуму воздействие внешних помех и вероятность возникновения ложных тревог. Индикатор состояния извещателя используется также для приема информации от пульта тестирования этой ИМС. Формированием сигналов индикатора состояния и обработкой принятых сигналов управляет 8-разрядный микроконтроллер.

Возможность программирования микросхемы E520.32 позволяет гибко оптимизировать характеристики разрабатываемой системы. Для того, чтобы понять назначение и функционирование отдельных узлов этой микросхемы необходимо знать основы аналоговой и цифровой схемотехники, структуру и принципы работы микро-ЭВМ и микроконтроллеров, а также основы построения пожарных извещателей. Например, только квалифицированный специалист сможет доказать необходимость использования на схеме E520.32 усилителя RED AMP падения напряжения на индикаторе состояния LED RED.

Мы же попытаемся сначала разобраться в принципах построения дымовых оптических извещателей на основе более простых устройств. Здесь нельзя обойти основные узлы, блоки и элементы, которые содержит любой пожарный извещатель. Про основные компоненты тепловых пожарных извещателей говорилось в сериях статей автора [7 - 9]. С высокой степенью достоверности можно предположить, что электронный блок обработки дымового пожарного оптического извещателя должен содержать:

- выпрямитель;
- стабилизатор тока и/или напряжения;
- усилитель;
- компаратор;
- выходной каскад с индикатором состояния и/или узлом управления внешним устройством индикации;
- блок логики с генератором импульсов;
- преобразователь напряжение-ток для ИК излучателя;

### **Выпрямитель**

Подключение дымовых пожарных извещателей к ШПС осуществляется аналогично как и активных тепловых извещателей: через выпрямитель [8]. Диод не только выполняет защитную функцию при работе в постоянно токовом шлейфе, но играет роль выпрямителя в знакопеременном ШПС. Существенно повысить помехоустойчивость извещателя в ШПС могут также специальные защитные элементы, которые устанавливаются до и/или после выпрямителя: варисторы, супрессоры, разрядники и др. элементы.

### **Стабилизатор тока и/или напряжения**

Обеспечить стабильные параметры изделия при изменяющемся напряжении в ШПС может ограничитель тока, стабилизатор напряжения или совмещенный

стабилизатор напряжения с ограничителем тока. Типовые схемы этих электронных узлов также рассматривались в статье [8].

### **Усилитель**

Сигнал, получаемый на выходе фотоприемника, требует усиления для последующей обработки. Усилителей импульсных сигналов существует великое множество, но схем, имеющих малое потребление тока с высоким быстродействием и высокой помехоустойчивостью, которые зарекомендовали себя в процессе эксплуатации серийно производимых извещателей уже значительно меньше. Им будет посвящена отдельная часть в этой серии статей.

### **Компаратор**

Амплитудную селекцию импульсов на выходе усилителя, перед логической обработкой осуществляет компаратор. Вариантов построения компараторов в дымовых извещателях используется значительно больше, чем в тепловых извещателях [8].

### **Выходной каскад**

Технические решения, которые используются в выходных каскадах дымовых извещателей, решают вопросы согласования сигналов с входными цепями ППКП, при этом обеспечивая индикацию состояния извещателя как внутренним, так и внешним индикаторами. Реализуются эти решения на транзисторных ключах.

### **Блок логики**

Блок логики является "мозгами" дымового извещателя. Кроме генератора импульсов в блоке логики обычно применяется временной селектор (синхронный детектор) [10, 11]. От простейших транзисторных генераторов и схем совпадения до сложных алгоритмов, реализованных в микроконтроллерах, - таков диапазон возможных решений. Практически каждый дымовой пожарный извещатель, представленный на рынке имеет свою схему блока логики. Типовым представителям этих решений будет также посвящена отдельная часть в этой серии статей.

### **Преобразователь напряжение-ток**

Так как в дымовом пожарном извещателе источником ИК излучения обычно является светодиод, то для формирования импульсов тока через него используется узел, имеющий громкое название - преобразователь напряжение-ток, хотя в простейшем случае эту функцию выполняет обычный транзисторный ключ.

Конкретная форма выполнения того, или иного блока и их взаимосвязи определяют многообразие схемных решений дымовых пожарных извещателей, как отечественного, так и импортного производства. Рассмотрим некоторые блок-схемы изделий, построенных из представленных выше элементарных "кубиков".

Примером построения типового оптического дымового пожарного извещателя может служить блок-схема, представленная на рис. 6.

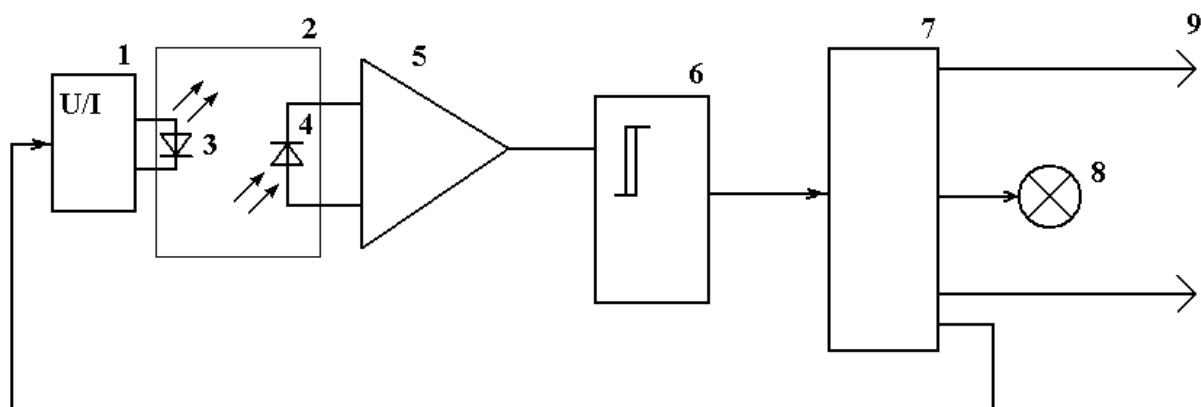


Рис. 6

- где:
- 1 – преобразователь напряжение-ток;
  - 2 – камера дымового сенсора;
  - 3 – ИК излучатель;
  - 4 – фотоприемник;
  - 5 – усилитель;
  - 6 – компаратор;
  - 7 – блок обработки;
  - 8 – индикатор состояния;
  - 9 - контакты блока обработки.

Работа такого устройства вполне понятна, можно сказать, даже очевидна. Блок обработки совмещает в себе несколько типовых узлов извещателя, а именно: выпрямитель, стабилизатор тока и/или напряжения, блок логики и выходной каскад. Кроме того, на этой схеме не показаны связи по электрическому питанию, что весьма важно для обеспечения минимального потребления электроэнергии изделием.

Блок обработки 7 вырабатывает импульсы напряжения, поступающие на преобразователь напряжение-ток 1. ИК излучатель 3 формирует в камере дымового сенсора 2 засветку части пространства. Фотоприемник 4, расположенный под определенным углом к оси ИК излучения регистрирует наличие рассеянного излучения. В чистом воздухе интенсивность рассеянного света будет незначительной, поэтому

импульсы на выходе усилителя 5 будут по амплитуде заведомо меньше порогового напряжения переключения компаратора 6.

При появлении дыма в камере дымового сенсора интенсивность рассеянного света будет пропорциональна концентрации дыма (удельной оптической плотности воздуха). По мере роста задымленности пространства с некоторого момента на выходе компаратора 6 начнут появляться импульсы, которые будут анализироваться блоком обработки 7. Для того чтобы обеспечить высокую достоверность выявления факта задымленности пространства, анализ импульсов на выходе компаратора 6 обычно делается на основе их синхронности с импульсами управления ИК излучением, а также многократности совпадения этих импульсов. Когда блок обработки 7 принимает решение о пожарной тревоге, резко увеличивается потребление тока и включается индикатор состояния 9 извещателя.

Так как блок обработки 7 содержит элементы памяти, то становится непонятным, каким образом извещатель будет всегда находиться в исходном (дежурном) режиме работы при включении питающего напряжения, и почему при импульсной работе преобразователя напряжение-ток с выходным током в несколько сот миллиампер ток потребления извещателя в дежурном режиме работы будет постоянным и не превышать 0,1 мА?

Помочь разобраться с этими вопросами может более детальная блок-схема дымового пожарного оптического точечного извещателя, приведенная на рис. 7. Кроме уже известных компонентов здесь можно увидеть и дополнительные узлы и элементы: конденсатор, интегратор, стабилизатор (ограничитель) тока, выпрямитель, а также новые связи между этими компонентами.

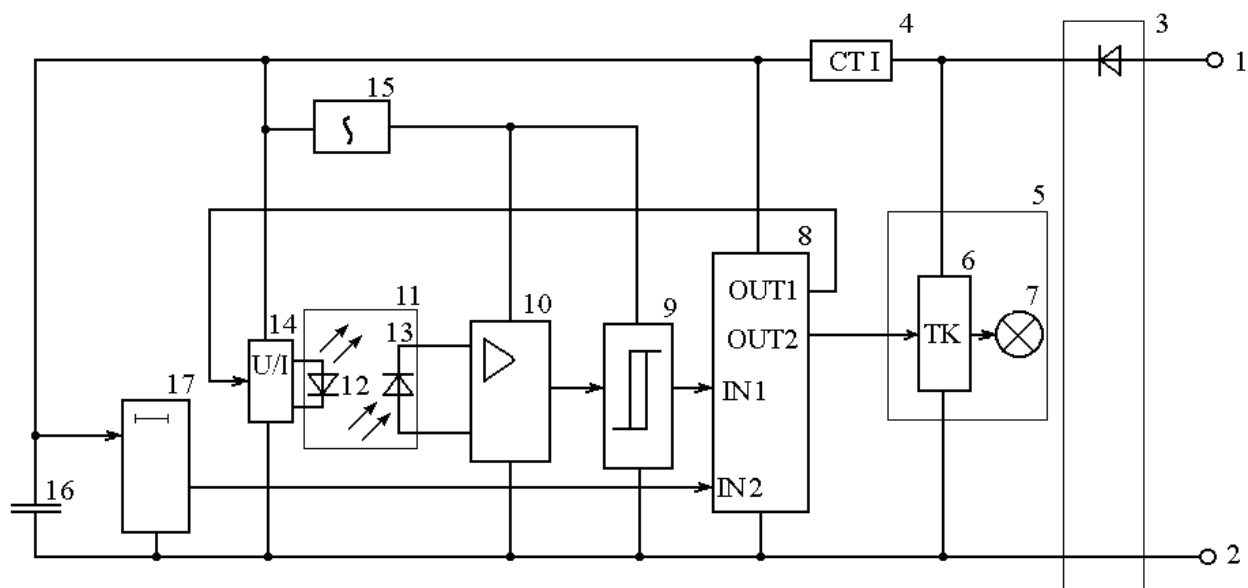


Рис. 7



где:

- |                           |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1, 2 – клеммы извещателя; | 9 – компаратор;                      |
| 3 – выпрямитель;          | 10 – усилитель;                      |
| 4 – стабилизатор тока;    | 11 – камера дымового сенсора;        |
| 5 – выходной каскад;      | 12 – ИК излучатель;                  |
| 6 – транзисторный ключ;   | 13 – фотоприемник;                   |
| 7 – индикатор состояния;  | 14 – преобразователь напряжение-ток; |
| 8 – блок логики;          | 15 – интегратор;                     |
| 16 – конденсатор;         | 17 - узел начальной установки.       |

Работает устройство следующим образом. При подключении питающего напряжения согласно обозначенной полярности на выводах извещателя начинается заряжаться конденсатор 16 через выпрямитель 3 и стабилизатор(ограничитель) тока 4. С самого первого момента включения питающего напряжения узел начальной установки будет обеспечивать поддержание в исходном состоянии элементов памяти запрет работы тактового генератора изделия. Когда падение напряжения на конденсаторе заведомо превысит минимальное рабочее напряжение блока логики изменится состояние на узле начальной установки и разрешится работа блока логики. Дальнейшая работа изделия аналогична работе схемы, представленной на рис. 6. В момент ИК излучения резко будет падать напряжение на конденсаторе 16. А после завершения импульса этот конденсатор начнет медленно заряжаться. Так как этот процесс будет периодическим, то на конденсаторе будет наблюдаться постоянное напряжение большей величины минимального рабочего напряжения с пилообразной пульсацией. Для того, чтобы эта весьма значительная по величине пульсация не влияла на работу усилителя 10 и компаратора 9, то их питание необходимо осуществлять через интегратор 15.

Период следования импульсов ИК излучения бывает от одной до нескольких секунд, а длительность самого импульса редко превышает 100 мкс. При такой скважности обеспечивается стабильность величины тока потребляемой извещателем в дежурном режиме работы. Кроме того, извещатель сохраняет режим пожарной тревоги при прерываниях в электропотреблении длительностью до 100 мс, с периодом следования 0,67 с. Если же прерывание питания будет длительней чем 3 с, то при возобновлении электропитания изделие обязательно начнет свою работу с исходного состояния – дежурного режима работы.

К недостаткам данной схемы можно отнести следующие моменты:

1. При фиксированном и малом токе через стабилизатор тока 4 возможна ситуация, когда не отформованный электролитический конденсатор 16 будет иметь значительный ток утечки и напряжение на нем не поднимется выше величины минимального рабочего напряжения изделия. Генератор блока логики не запустится, изделие будет находиться в таком "дежурном режиме" и при значительной задымленности пространства не перейдет в состояние пожарной тревоги. Вывести из этого состояние изделие можно только отключением питания и повторным включением. Однако, если у такого извещателя отсутствует визуальная индикация дежурного режима работы, то выявить такой дефект будет нелегко. Разве только попыткой принудительного перевода изделия в состояние пожарной тревоги и повторного сброса кратковременным отключением питания. Но кто может гарантировать, что напряжение на конденсаторе преодолет барьер минимального рабочего напряжения и генератор блока логики запустится?

2. Если блок логики кроме генератора импульсов не будет содержать схему выполняющую роль синхронного детектора импульсов, то такой извещатель будет обладать низкой помехоустойчивостью. и в условиях даже незначительного уровня внешнего электромагнитного воздействия такой извещатель будет давать ложные сработки.

3. При малом токе потребления усилителя и при низком напряжении нельзя надеяться на высокое быстродействие такого усилителя. А увеличение длительности импульса ИК излучения приводит к существенному увеличению тока потребления извещателя в целом.

4. Высокий импеданс нагрузки фотоприемника также не способствует высокой помехоустойчивости устройства.

5. Важно обеспечить стабилизацию чувствительности изделия в целом в условиях воздействия внешних факторов, а не стабилизацию некоторых частных параметров, например тока через ИК излучатель.

Какие блок-схемы реализованы в конкретных дымовых оптических точечных пожарных извещателях рассмотрим в следующей части этой публикации.

***Баканов Владимир - главный конструктор ЧП "АРТОН"***

Литература:

1. Большая Советская Энциклопедия, т. 25, с. 559.
2. М. Борн, Э. Вольф "Основы оптики", М., Наука, 1970, с. 716.
3. Баканов В. "Схемы подключения дымовых пожарных извещателей. Части 1-5"  
<http://daily.sec.ru/authorpbls.cfm?aid=561>
4. Неплохов И. "Чувствительность дымового извещателя", ж. "Системы безопасности" №2, 2012, <http://daily.sec.ru/2012/06/22/CHuvstvritelnost-dimovogo-izveshatelya.html>
5. Юрий Шл "Дымовой пожарный извещатель (оптическая камера)".  
[http://oruki.ru/publ/signalizacija/pozharnaja\\_signalizacija/opticheskaja\\_kamera\\_glavnyj\\_element\\_dymovogo\\_pi/6-1-0-40](http://oruki.ru/publ/signalizacija/pozharnaja_signalizacija/opticheskaja_kamera_glavnyj_element_dymovogo_pi/6-1-0-40)
6. Programmable Smoke Detector Controller E520.32  
[http://www.elmos.com/fileadmin/2013/02\\_products/04\\_sensor/06\\_smoke-detector/e520-32\\_elmos\\_ds.pdf](http://www.elmos.com/fileadmin/2013/02_products/04_sensor/06_smoke-detector/e520-32_elmos_ds.pdf)
7. Баканов В. "Схемотехника точечных тепловых пожарных извещателей", Часть 2.1. Элементарные схемотехнические "кубики", <http://daily.sec.ru/2013/07/08/Shemotehnika-tochechnih-teplovih-posharnih-izveshateley-CHast-21-Elementarnie-shemotehnicheskie-kubiki.html>
8. Баканов В. "Схемотехника точечных тепловых пожарных извещателей. Часть 2.2. Элементарные схемотехнические "кубики" <http://daily.sec.ru/2013/07/15/Shemotehnika-tochechnih-teplovih-posharnih-izveshateley-CHast-22-Elementarnie-shemotehnicheskie-kubiki.html>
9. Баканов В. "Схемы подключения дымовых пожарных извещателей", Части 1-5, <http://daily.sec.ru/authorpbls.cfm?aid=561>
10. Баканов В. "Амплитудное и синхронное детектирование сигналов в дымовых пожарных извещателях", ж. "Технологии защиты", № 2, 2013г. с. 54
11. Баканов В. "Амплитудное и синхронное детектирование сигналов в дымовых пожарных извещателях. Часть 2. Логические автоматы", ж. "Технологии защиты", № 3, 2013г. с. 58