

Дымовые оптико-электронные точечные пожарные извещатели. Основные схемные решения. Часть 3. ИК излучатели

Владимир Баканов,
главный конструктор ЧП «АРТОН»

Так как в дымовом пожарном извещателе источником ИК излучения обычно является светодиод, то для формирования импульсов тока через него используется узел, представленный на рис. 1. Содержит он три основных компонента:

U/I - преобразователь напряжение-ток;

B – ИК светодиод;

C – конденсатор.

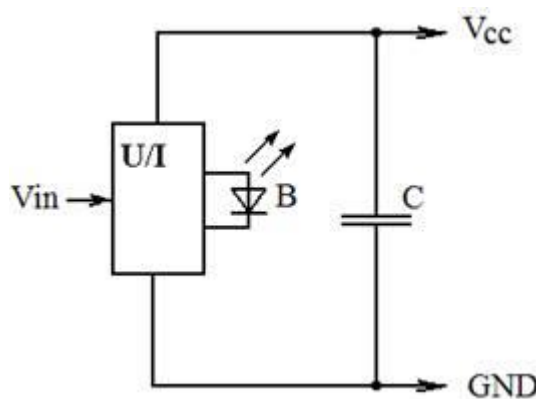


Рис. 1

Особенностью работы этого узла является то, что конденсатор C является виртуальным источником питания преобразователя напряжение-ток. Временные диаграммы работы представлены на рис. 2. Во время активного входного сигнала V_{in} конденсатор C быстро разряжается. Быстрый спад напряжения V_c происходит за счет внутреннего омического сопротивления этого конденсатора. Затем происходит линейное уменьшение напряжения за счет разряда конденсатора C током I_B протекающим через ИК светодиод B. После завершения импульса управления ИК излучением конденсатор начинает медленно заряжаться. Если преобразователь напряжение-ток не имеет функции стабилизации тока I_B , то его амплитуда будет линейно уменьшаться во время активного действия входного сигнала V_{in} в соответствии с падением напряжения на конденсаторе C.

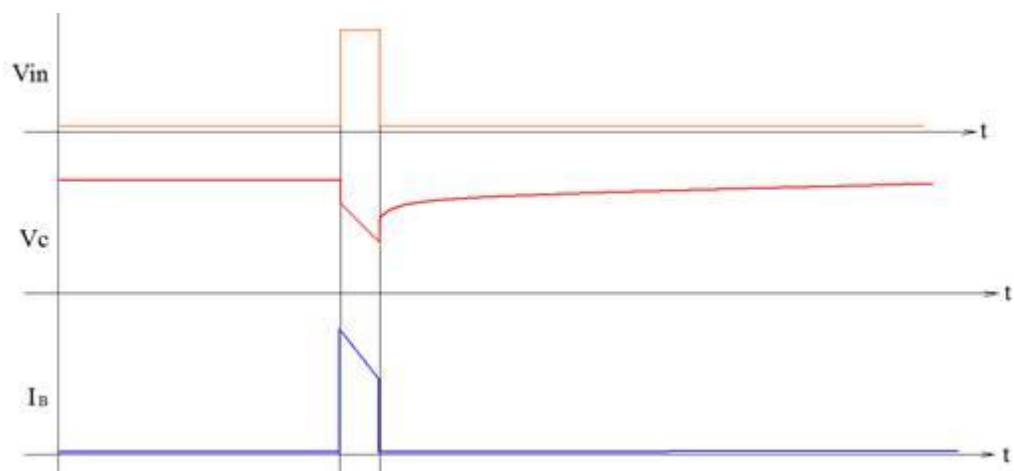


Рис. 2

Конкретная форма выполнения самого блока «преобразователь напряжение-ток» и его взаимосвязи с другими элементами схемы определяют многообразие схемных решений дымовых пожарных извещателей, как отечественного, так и импортного производства. В простейшем случае «преобразователь напряжение-ток», может быть выполнен на основе обычного резистора. Принципиальная электрическая схема такого ИК излучателя приведена на рис. 3. Если генератор импульсов в извещателе имеет мощный выход, а конденсатор шунтирует выводы питания этого генератора, то импульсы тока необходимой амплитуды обеспечиваются резистором R, который подключен последовательно с ИК светодиодом.

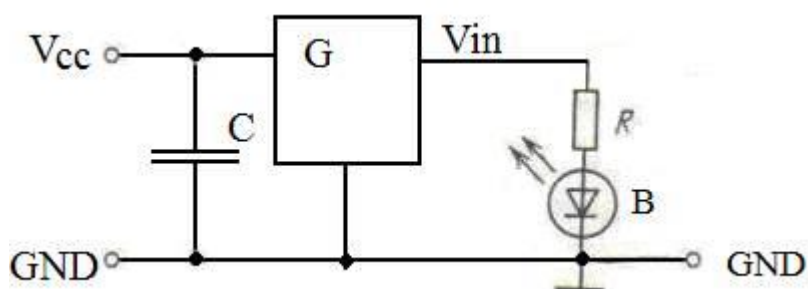


Рис. 3

Такие схемы ИК излучателей применяются в извещателях ДИП-1, ДИП-2, DE 338-2L фирмы DEFENSE, FEON 2000 фирмы ZETA и др. Такие же схемы приведены в патентах CA1242256, US 4506161, US 5670948, US 5872517, о которых было рассказано в части 1.4 настоящей публикации [1].

В извещателе Q01-3 фирмы HORING LIN INDUSTRIAL параллельно ИК светодиоду подключен дополнительный резистор, который выполняет функцию температурной стабилизации мощности ИК излучения. Сущность метода заключается в том, что с повышением температуры, уменьшается падение напряжения на светодиоде B. При оптимальном выборе резисторов и стабильных импульсах напряжения, увеличение температуры приводит к повышению тока через ИК светодиод B. Однако, не смотря на простоту реализации, этот метод требует значительных затрат мощности. Так как при проведении оптимизации такой схемы сопротивление компенсационного резистора, подключенного параллельно светодиоду B, стремится к нулю.

В книге [2] приведено несколько типовых схем включения излучающих диодов с применением биполярных транзисторов. На рис. 4 приведена схема, в которой ИК светодиод В подключен в цепи коллектора n-p-n транзистора VT. Управляющий импульс напряжения V_{in} должен создать достаточный импульс базового тока транзистора VT, чтобы он вошел в насыщение и обеспечил прохождение через ИК светодиод В импульса тока за счет разряда конденсатора С. Конденсатор С заряжается между импульсами ИК излучения малым током, который во много раз меньше тока через ИК светодиод.

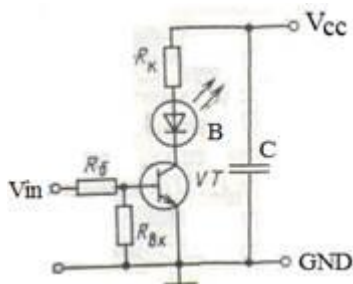


Рис. 4

Однотранзисторный преобразователь напряжение-ток по схеме, приведенной на рис. 4, применяется в извещателе ИП 212-91. Такая же схема используется в комбинированном извещателе ИПК-3, который производится в Украине. Подобная схема, но без резисторов R_b и R_{bk} используется в извещателях ИП 212-88М и ИП 212-141. Видимо, эта цепь выполнена внутри специализированных микросхем (ASIC), на которых выполнены эти изделия.

Обычно ток потребления оптическим дымовым пожарным извещателем составляет 50-100 мкА, а амплитуда импульса через ИК светодиод на три порядка больше. Этот диапазон возможных значений тока может находиться в более широких пределах: от 100 до 800 мА. Конкретное значение величины этого тока во многом зависит от модели извещателя, в первую очередь от конструкции камеры дымового сенсора. Длительность импульса обычно находится в пределах от 20 до 200 мкс. А период следования импульсов около одной секунды, хотя в некоторых моделях этот период может быть на порядок меньше, а автономных извещателях наоборот: этот период может быть увеличен до нескольких сот секунд.

На рис. 5 приведена схема, у которой ИК светодиод В включен в цепи эмиттера транзистора VT. Такая схема редко используется в пожарных извещателях, так как для управления таким каскадом необходимо использовать импульс управления V_{in} значительной амплитуды: (6 – 8) В. Это означает, что от такого же напряжения должна быть запитана и схема управления (генератор импульсов или микроконтроллер).

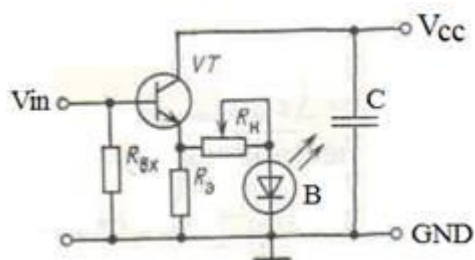


Рис. 5

Именно такая схема предлагалась для реализации в канадском патенте СА 1129034 [3].

Следующая схема, представленная на рис. 6, выполнена на р-п-р транзисторе VT и по существу является симметричным отображением, схемы приведенной на рис. 2. Но такое включение может помочь «сэкономить» в простейших устройствах один инвертор, так как здесь управление осуществляется отрицательным импульсом V_{in} .

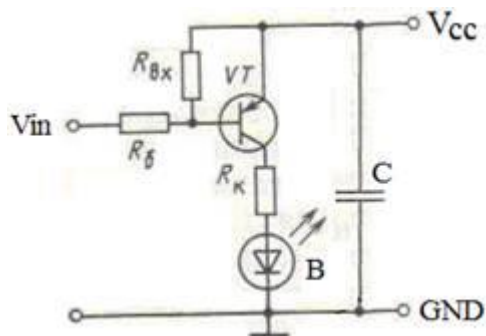


Рис. 6

Данная схема, но с использованием двух транзисторов объединенных по схеме Дарлингтона, применялась в извещателе ДИП-3 (ИП 212-5) [4]. Этот узел, выделенный из принципиальной электрической схемы извещателя, приведен на рис. 7. Необходимость использования транзисторного каскада с большим коэффициентом усиления обусловлена существующим отношением токов: амплитуды тока через ИК светодиод к току управления, который сравним с током потребления извещателя. Как было показано выше, это отношение превышает три порядка. Поэтому приходится использовать или два отдельных транзистора, или транзисторную сборку. Известно, что коэффициент усиления такой сборки равен произведению коэффициентов усиления каждого из транзисторов. При выборе типов транзисторов необходимо обращать внимание, чтобы VT7 обеспечивал коммутацию необходимого тока при малом падении напряжения на самом транзисторе.

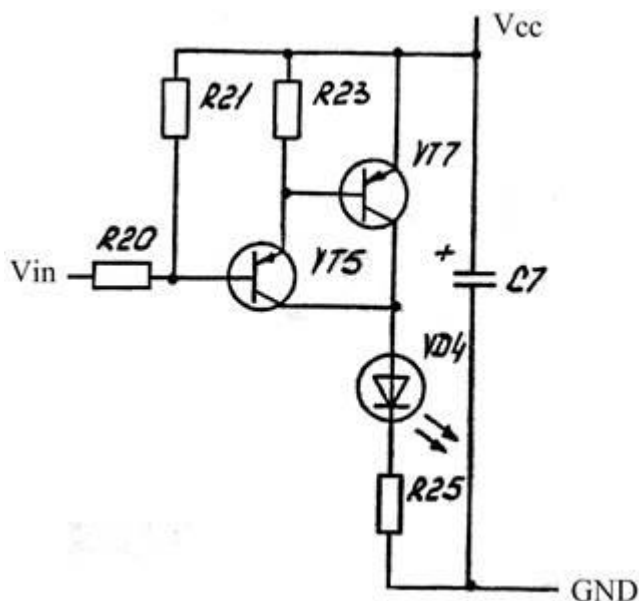


Рис. 7

В широко известном извещателе ИП 212-3СУ применяется аналогичная схема преобразователя напряжение-ток, которая приведена на рис. 8. Необходимо отметить, что резистор R56 имеет нулевое сопротивление и по существу является технологической перемычкой. Ток в цепи ИК светодиода устанавливается с помощью резисторов R42 и R44.

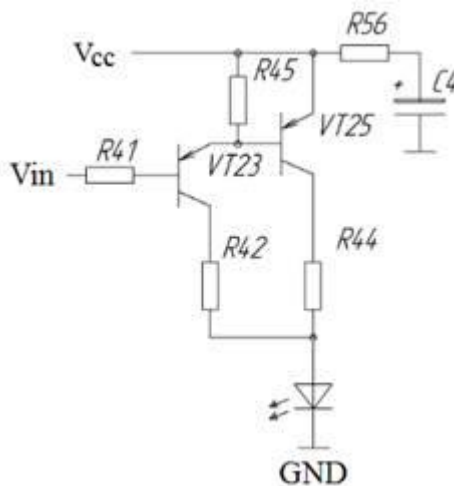


Рис. 8

Аналогичные проблемы согласования токов имеются и в извещателях, ИК излучатель которых выполнен на n-p-n транзисторах. Так в широко известном извещателе ИП 212-41М применялся двухтранзисторный каскад, также выполненный по схеме Дарлингтона. Данный каскад, описанный в изобретении по патенту RU 2221278 [5], представлен на рис. 8.

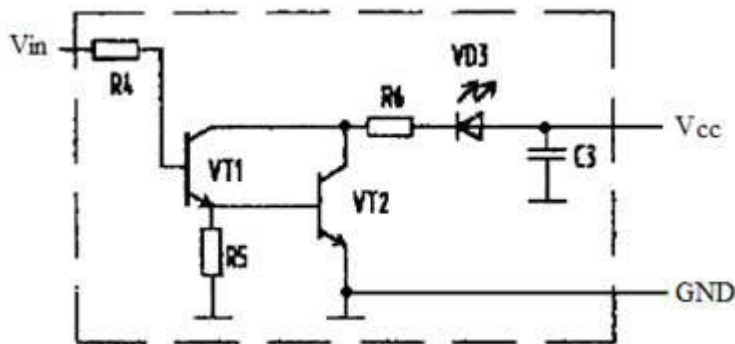


Рис. 9

В этом изделии, по сравнению с предыдущим извещателем уже использовалось два электролитических конденсатора: один для питания ИК излучателя, другой для питания контроллера. Резистор R24 разделял их, тем самым обеспечивал стабильность работы АЦП контроллера PIC 16F688, на котором собран извещатель ИП 212-87.

В этих устройствах нестабильность мощности ИК излучения зависит от двух основных причин: нестабильности напряжения на конденсаторе, емкости и внутреннего омического сопротивления конденсатора, от которого питается излучатель и временной нестабильности самого ИК светодиода.

Уменьшить влияние величины питающего напряжения на мощность ИК излучения может схема, приведенная на рис. 10, которая была заимствована из статьи [6].

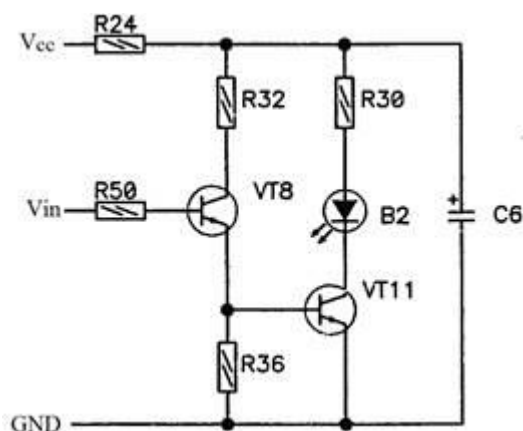


Рис. 10

Резистор R4, установленный в цепи эмиттера транзистора VT2, обеспечивает стабилизацию величины коллекторного тока этого транзистора. Если мощность рассеивания транзистора VT2 позволяет, то можно исключить резистор R3. В импульсном режиме работы ИК излучателя, когда скважность достигает значения 10000, нет никакой необходимости устанавливать этот резистор. Куда важнее обеспечить температурную стабилизацию работы как транзисторного каскада, так и мощности ИК излучения. Решить эту задачу может схема, приведенная на рис. 11.

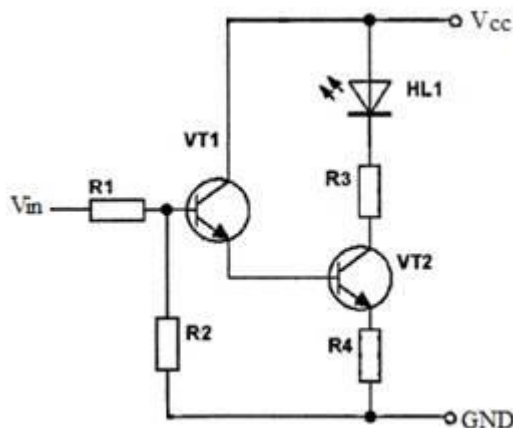


Рис. 11

Это техническое решение соответствует изобретениям по патентам Украины № 81529 [7] и России № 2306613 [8]. Подробное описание работы и расчета этого узла уже приводилось в части 1.3 настоящей публикации [4].

Схема на трех транзисторах (см. рис. 12), которая также обеспечивает температурную стабилизацию мощности ИК излучения используется в двухточечном извещателе ИП-2.4.

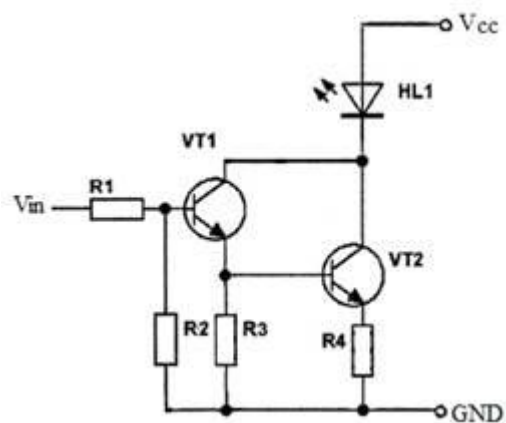


Рис. 12

Благодаря использованию температурной стабилизации мощности ИК излучения существенно расширяется диапазон компенсации дрейфа чувствительности вызванной запыленностью каждой из камер дымовых сенсоров этого извещателя. А это в свою очередь увеличивает период проведения технического обслуживания изделия. Что весьма существенно для помещений с подвесными потолками, так как в запотолочном пространстве никто и никогда не проводит влажной уборки.

Схема преобразователя напряжение-ток, использованная в изобретении по патенту RU2134907 [9], также обеспечивала стабилизацию тока через ИК светодиод, но компенсации мощности излучения эта схема, приведенная на рис. 13, не обеспечивала. Так как база транзистора VT5 подключалась непосредственно к выходу логической микросхемы и в активном режиме работы на резисторе R19 падение напряжения было около 4 В, а это на порядок выше расчетного значения.

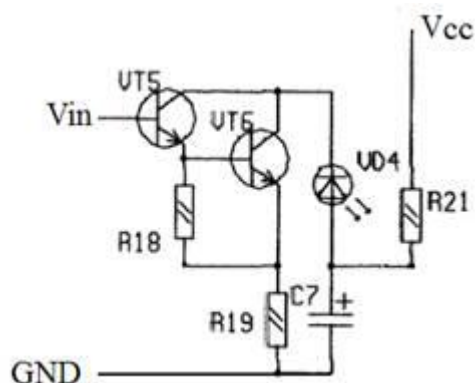


Рис. 13

Схема стабилизации импульсов тока (см. рис 14), приведенная в статье [10], вообще увеличивала температурную нестабильность мощности ИК излучения. Так как с повышением температуры ток через ИК светодиод уменьшался, а не увеличивался.

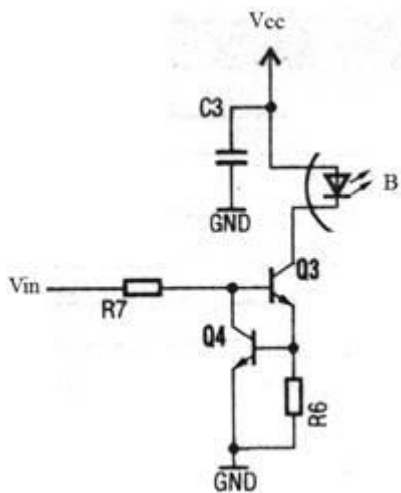


Рис. 14

Преобразователь напряжение-ток на одном транзисторе применялся в извещателе ИП212-67 (ДИП-И). Управлялся этот преобразователь от двух выходов микроконтроллера по схеме, приведенной на рис. 15.

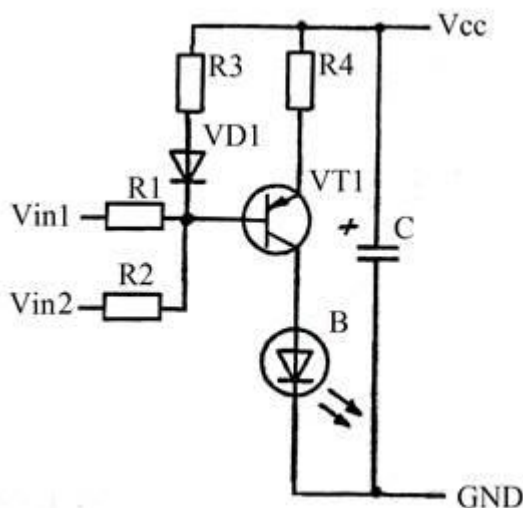


Рис. 15

Диод VD1 использовался для температурной стабилизации тока через ИК светодиод В. В этом изделии при увеличении температуры ток через светодиод В практически не менялся. При активизации одного входа Vin 1 амплитуда тока достигала значения 70 мА, а при активации входа Vin 2 ток в цепи ИК светодиода возрастал до 100 мА. Но так как интенсивность ИК излучения светодиодов уменьшается с повышением температуры с коэффициентов 0,5 – 1 %/°С, то мощность излучения может уменьшиться на 30% при повышении температуры до 55 °С, что составляет 50% допустимого нормативными требованиями отклонения.

В американском патенте US5581241 [11] предлагается использовать преобразователь напряжение-ток выполненный на операционном усилителе с импульсным питанием от одного и того же импульса управления. Схема этого технического решения приведена на рис. 16.

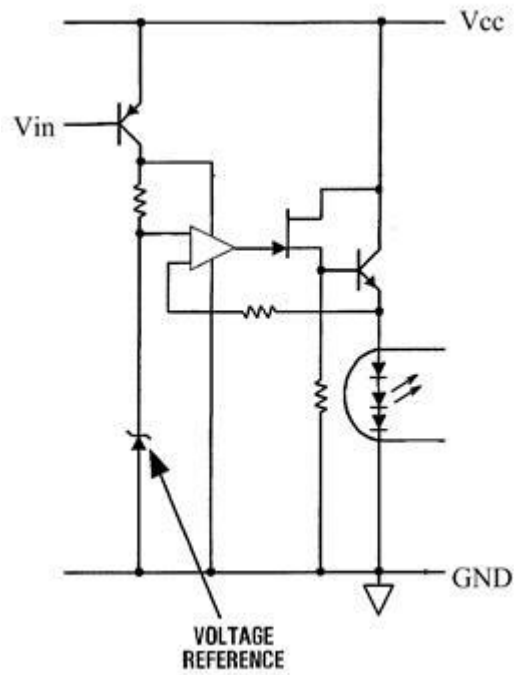


Рис. 16

Особенностью данного технического решения является использование нескольких источников ИК излучения. Предложенный регулятор обеспечивает поддержание на последовательно соединенных светодиодах такого же напряжения, как и на стабилитроне. Но ведь светодиоды токовые приборы и управлять надо было током. Схема, представленная на рис. 17, обеспечила бы более стабильные параметры излучения по каждому ИК светодиоду.

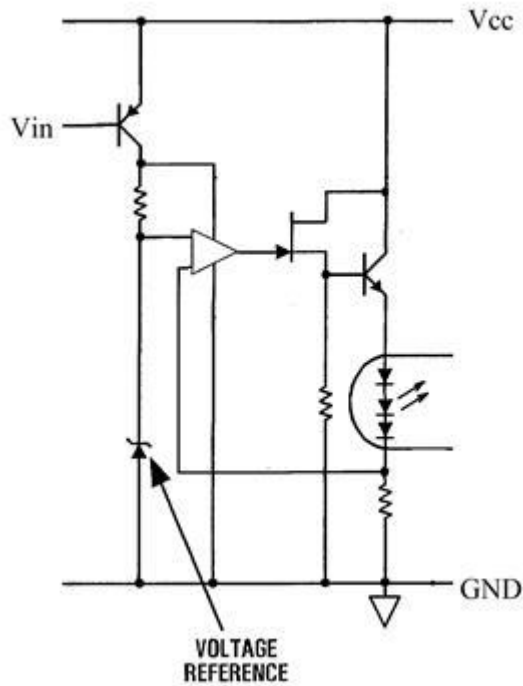


Рис. 17

Интересным представляется решение, приведенное в канадском патенте CA1208335 [12]. Стабильность мощности ИК излучения обеспечивается регулятором с обратной оптической связью. Сам регулятор, он же и преобразователь напряжение-ток, выполнен на двух транзисторах по схеме, представленной на рис. 18. При увеличении интенсивности ИК излучения фотодиод 4 увеличивает свою проводимость. Транзистор T21 открывается, при этом уменьшается базовый ток транзистора T22. А это приводит к уменьшению мощности излучения ИК светодиодом 3. Здесь все понятно, куда сложнее выполнить конструкцию такого оптического регулятора. Так как фотодиод 4 не должен находиться в камере дымового сенсора и изменение удельной оптической плотности воздуха не должно влиять на передаточную характеристику этой оптопары 3-4. Контроль интенсивности рассеянного ИК излучения выполняет другой фотодиод, который на этой схеме не показан.

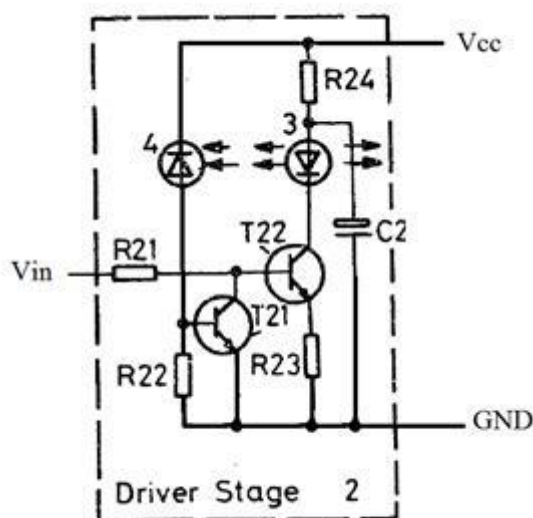


Рис. 18

Существуют и более сложные, но метрологически более точные схемы стабилизации мощности излучения светодиодов, выполненные с применением операционных усилителей. Основы построения таких схем можно найти в книге [2]. Как видно из изложенного, простейший узел, предназначенный для кратковременного включения светодиода, требует к себе пристального внимания и постоянного совершенствования. Особенно это важно, если дело касается качества продукции, повышения метрологических параметров такого компонента систем пожарной сигнализации, как оптический дымовой извещатель.

Литература:

1. Баканов В. «Дымовые оптико-электронные точечные пожарные извещатели. Основные схемные решения. Часть 1.4. Блок-схемы», <http://daily.sec.ru/2014/06/24/Dimovie-optiko-elektronnie-tochechnie-posharnie-izveshateli-Osnovnie-shemnie-resheniya-CHast-14-Blok-shemi.html>
2. Мухитдинов М., Мусаев Э. С. «Светоизлучающие диоды и их применение» М. Радио и связь 1988, с.11.
3. <https://www.google.com/patents/CA1129034A1?cl=en>

4. Бабуров В.П., Бабурин В.В., Фомин В.И. "Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации Часть 2. Технические средства пожарной сигнализации". Учебно-справочное пособие/Под общ. ред. В.И. Фомина, М., Изд. «Пожнаука», 2009, 48 с.
5. «Устройство регистрации дыма», патент Российской Федерации на изобретение № 2221278 бюл. №1 2004 г.
6. Савченко А. «ИК подсветка своими руками», <http://eschemo.ru/ik-podsvetka-svoimi-rukami/>
7. Абушкевич В. А., Баканов В. В., Мисевич И. З. «Димовий пожежний сповіщувач», патент України на винахід № 81529, бюл. №1, 2008 р.
8. Абушкевич В. А., Баканов В. В., Мисевич И. З. «Дымовой пожарный извещатель», патент Российской Федерации на изобретение № 2306613, бюл. № 26, 2007 г.
9. http://www.findpatent.ru/img_show/192232.html
10. Староверов К. «Датчик дыма на микроконтроллере MSP430F2012», ж. «Новости электроники» № 2, 2010 г., с. 16
11. <http://www.google.com/patents/US5581241>
12. http://brevets-patents.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/1208335/images.html?section=drawings&modificationDate=19930923&page=1&scale=25&rotation=0&type=number_search