

Схемотехника точечных тепловых пожарных извещателей

Часть 5.2

Максимально-дифференциальные и специальные извещатели

Одним из первых российских пожарных извещателей на микроконтроллере был максимально-дифференциальный тепловой извещатель ИП101-3А-А3Р1 [62]. Выполнен он был на микроконтроллере с ограниченными возможностями без встроенного аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) и с внешней энергонезависимой памятью. Схема этого изделия представлена на рис. 91, а фотография – на рис. 92.

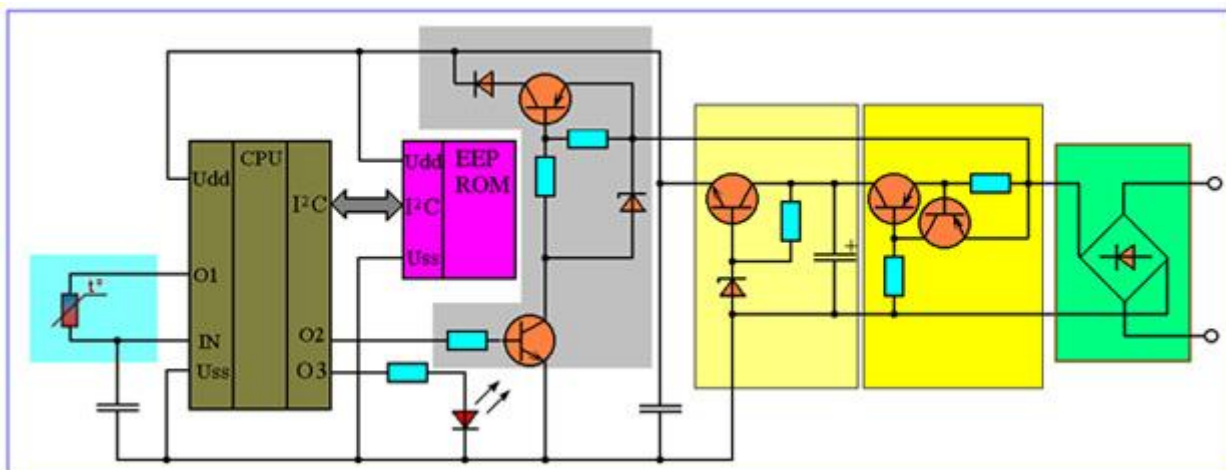


Рис. 91

Извещатель содержал: мостовой выпрямитель; ограничитель (стабилизатор) тока; стабилизатор напряжения; транзисторный ключ; микроконтроллер; микросхему EEPROM; светодиодный индикатор и терморезистор.



Рис. 92

Транзисторный ключ выполнен на двух транзисторах и в режиме пожарной тревоги он обеспечивал изменение внутреннего сопротивления извещателя, а также закорачивал стабилизатор тока и стабилизатор напряжения, обеспечивая увеличение тока потребления микроконтроллером для нормального свечения в этом режиме светодиодного индикатора.

В качестве теплового сенсора применялся терморезистор прямого подогрева ТРП 68–01, который имеет Z-образную зависимость сопротивления от температуры. Так как сопротивление ТРП 68–01 при температуре 25 °С имеет значительный разброс, достигающий $\pm 50\%$, то применение энергонезависимой памяти было необходимо для калибровки изделия в процессе производства извещателя. При отсутствии АЦП использовался принцип преобразования сопротивления в длительность импульса. С выхода O1 на интегрирующую цепь,

состоящую из терморезистора и конденсатора подавался импульс, а на входе IN контролировалось время задержки с момента перепада сигнала на выходе O1. По относительному изменению сопротивления терморезистора оценивалась скорость роста температуры на протяжении определенного временного промежутка. Для такого анализа также требовалась энергонезависимая память.

Температура внешней среды измеряется извещателем дискретно и обрабатывается микроконтроллером, с периодом в восемь секунд. В каждом измерительном интервале происходит короткая вспышка светодиода. При достижении порогового значения температуры окружающего воздуха, либо при определении скорости роста температуры более 4 °C/мин микроконтроллер переводит транзисторный ключ в устойчивое замкнутое состояние. При сработке транзисторного ключа, скачкообразно увеличивается ток шлейфе пожарной сигнализации, который также протекает через стабилитрон и диодный мост.

По мере совершенствования микроконтроллеров и появления в их составе АЦП изменилась и схема подключения к ним тепловых сенсоров. Именно такое решение было предложено в японской заявке на изобретение JP19930096715 [63], блок-схема которого представлена на рис. 93. В этом устройстве использовался внешний тепловой сенсор на термисторе (TH), который последовательно с точным резистором R1 подключался между общим проводом и шиной питания. А точка объединения термистора с резистором (To) соединялась с аналоговым входом микроконтроллера (A/D). При использовании:

- резистора с допуском $\pm 1\%$;
- термистора с допуском $\pm 2\%$;
- АЦП с дискретностью 8-10 разрядов

обеспечивается необходимая для максимально-дифференциального извещателя погрешность измерений. Внутренний сенсор (40) выполнен на транзисторном каскаде из SMD-компонентов. Коллектор транзистора TR подключен к другому аналоговому входу микроконтроллера. В этом изобретении предлагается и другой вариант исполнения внутреннего теплового сенсора – на двух диодах, как это приведено на рис. 94.

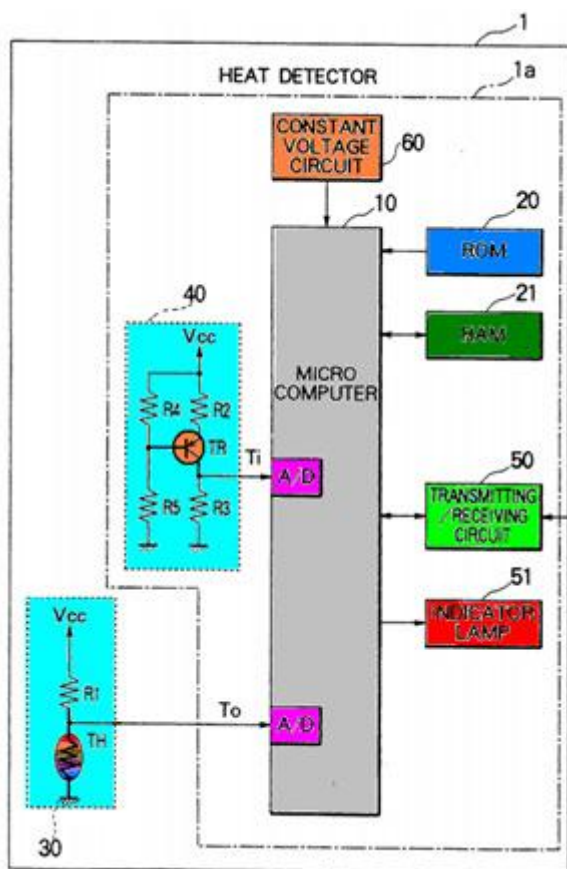


Рис. 93

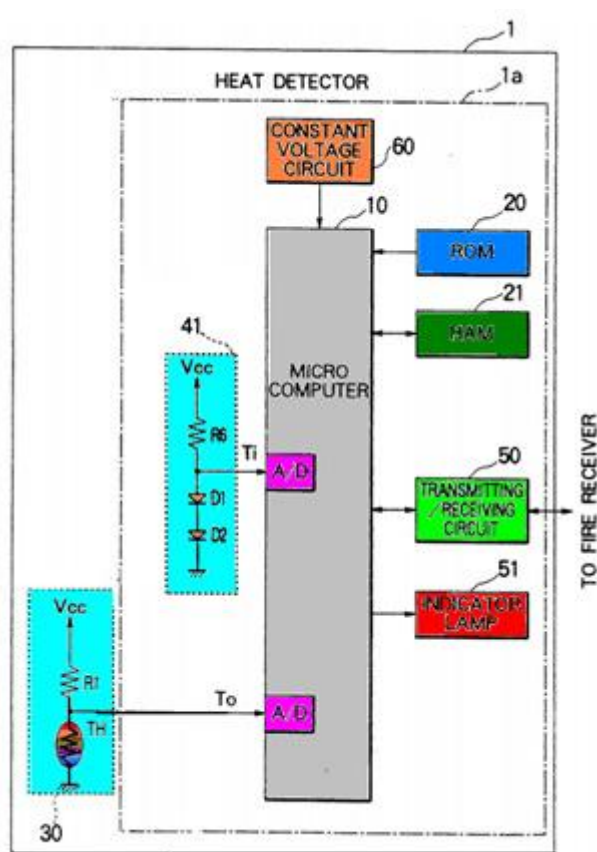


Рис.94

На коллекторе транзистора TR напряжение T_i изменяется пропорционально температуре, так как падение напряжение на база-эмиттерном переходе кремниевого транзистора уменьшается на 2,3 мВ при увеличении

температуры на каждый градус Цельсия. Однако начальное напряжение, поступающее на аналоговый вход микроконтроллера будет зависеть от множества факторов. Так как в составе микроконтроллерной обработки данных отсутствует энергонезависимая память, то в процессе производства необходимо проводить регулировку этого транзисторного каскада при фиксированной температуре в помещении.

Внутренний тепловой сенсор по второму варианту исполнения, при стабильном токе через диоды, имеет лучшую воспроизводимость параметров от изделия к изделию. А применение двух идентичных р-п переходов позволяет увеличить температурный коэффициент до 4,6 мВ/°С. Повышенные требования, как в первом, так и во втором вариантах выполнения внутреннего теплового сенсора предъявляются к стабилизатору напряжения (60) извещателя. При использовании микроконтроллерных решений тяжесть технического решения задачи построения устройства с заданными параметрами переносится со схемотехники на программирование. Принципиальные моменты, необходимые для получения необходимого результата в этом случае уже описываются блок-схемами алгоритма. Примерами реализации алгоритмов для максимально-дифференциального извещателя, приведенного на рис. 93 или 94 могут служить блок-схемы алгоритмов, приведенные на рис. 95 и 96. На рис. 95 приведен алгоритм для чисто дифференциального теплового извещателя, а на рис. 96 – для максимально-дифференциального. Аналогичным образом можно было бы разработать алгоритм реализации и просто максимального теплового извещателя, но тут на первый план выходят экономические аспекты такого решения задачи. Словесное описание алгоритма представленного на рис. 95 выглядит следующим образом. После старта запускается программа обнуления и запуска программного счетчика секунд. Затем проверяется условие: закончилась ли минута с момента старта программного счетчика секунд. Если НЕТ, то осуществляется возврат к началу этой проверки, если ДА, то проходит переход к следующему шагу: чтению состояния внешнего теплового сенсора T_0 . Затем сразу же считывается информация с АЦП по внутреннему теплового сенсору T_i . После этого запускается программа расчета T_d – динамической разницы между значениями T_0 и T_i . Проверка полученного результата осуществляется на следующем этапе, если T_d меньше или равен выбранному критерию T_k , то осуществляется возврат в начало данной программы. Если же $T_d > T_k$, то переходим к программе увеличения содержимого программного счетчика на единицу: $c = c + 1$. После чего осуществляется проверка состояния программного счетчика секунд. Если $c < 60$. То осуществляется возврат в точку проверки завершения минуты. В противном случае осуществляется запуск программы активации выходов, отвечающих за пожарную тревогу.

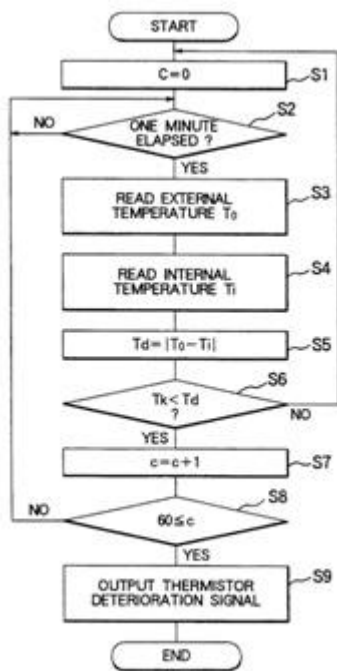


Рис. 95

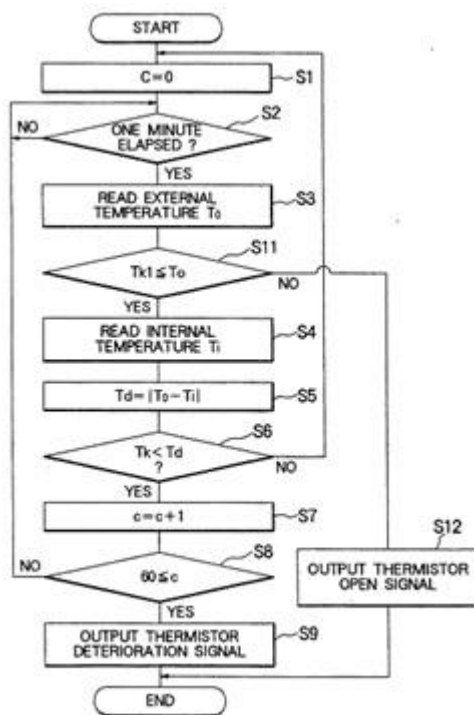


Рис. 96

Следующий алгоритм отличается только наличием одной дополнительной проверки внешнего сенсора на соответствие критерию достижения максимальной температуры: $T_{k1} > T_0$. Если температура окружающего воздуха становится выше допустимого значения, то сразу же становится активным сигнал пожарной тревоги, и выполнение программы завершается. Хочется отметить, что приведенные в описании изобретения алгоритмы, скорее всего, являются демонстрационными, чем рабочими. Например, при расчете динамической разницы T_d нельзя проводить расчет модуля этой величины, ведь нас интересует именно выявление пожара, а значит только рост температуры, выявленный внешним сенсором относительно температуры определенной внутренним сенсором. При противоположном результате должен быть осуществлен возврат в точку проверки завершения минуты. Кроме того, алгоритм должен предусматривать модульность построения и эффективность работы по прерываниям, при этом не должна нарушаться работа программы счетчика секунд, т.е. погрешность в определении временных интервалов должна быть минимальной и практически не влиять на принятие решения микроконтроллером о пожарной тревоге.

Возникает закономерный вопрос: нужен ли внутренний сенсор микроконтроллерному устройству, чтобы реализовать максимально-дифференциальный тепловой извещатель, если для работы самого микроконтроллера используется термостабилизированный тактовый генератор и микроконтроллер с высокой точностью определяет длительности временных промежутков?

В адресном тепловом пожарном извещателе, выполненном на основе технического решения, опубликованного в международной РСТ заявке WO 02/054366 [64], использовался уже только один тепловой сенсор на термисторе. Блок-схема этого технического решения представлена на рис. 97. С помощью лазерного тестера прямо на объекте, не снимая извещатель с базы можно было изменить температурный класс извещателя и проверить его работоспособность, формируя в адресный шлейф пожарной сигнализации сигналы о неисправности или пожарной тревоге. Естественно, что до совершения подобных действий ППКП должен быть переведен в режим тестирования, чтобы с него сигналы не поступали на пульт пожарного наблюдения. Приемником лазерного излучения в извещателе является красный светодиодный индикатор. Зеленый же индикатор используется для индикации дежурного режима работы изделия. Прием информации, поступающей по шлейфу, извещатель осуществляет по изменению напряжения в этом шлейфе. Передает же информацию извещатель для ППКП по шлейфу изменением тока.

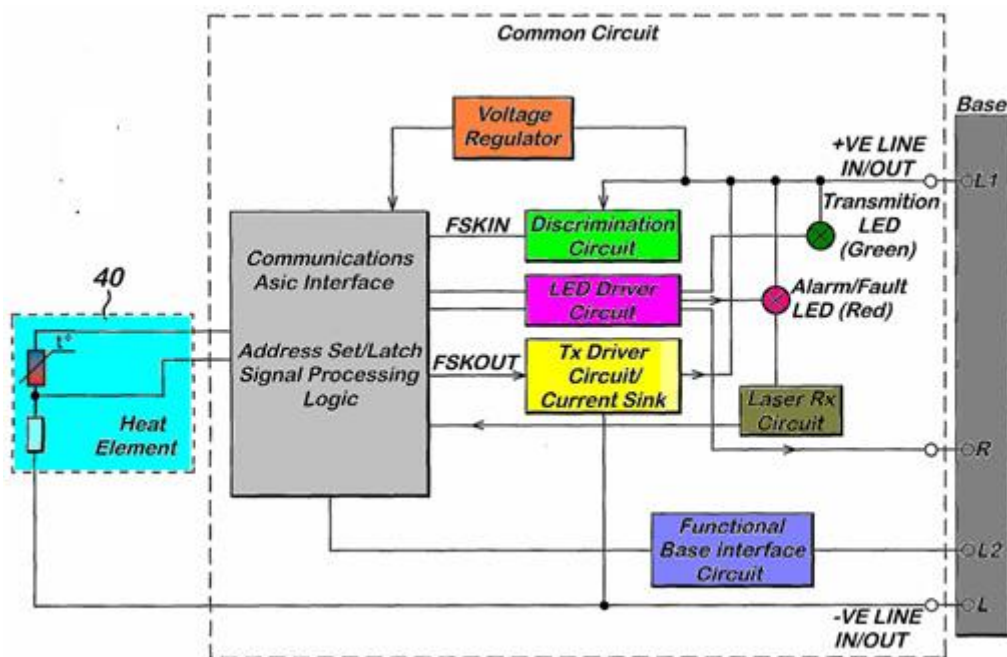


Рис. 97

Еще в конце прошлого века автор принимал участие в разработке микроконтроллерных пожарных извещателей серии ИПК. Кроме чисто дымовых и комбинированных, в этой серии присутствовал и тепловой извещатель ИПК 7 класса A2R [65]. Принципиальная электрическая схема этого изделия представлена на рис. 98, а фотография на рис. 99.

В качестве теплового сенсора в этом извещателе использовался интегральный сенсор с малым напряжением питания TMP36 в корпусе TO92 [66]. Для согласования сигнала, поступающего с его выхода с аналоговым входом микроконтроллера, использовался масштабирующий усилитель. Микроконтроллер с однократным программированием PIC12C671-04I фирмы Microchip в 8-выводном корпусе обеспечивал работу не только теплового, но и дымового канала в комбинированном извещателе. Особенностью этого изделия является отсутствие стабилизатора напряжения. Функцию стабилизации напряжения на своих выводах питания осуществлял сам микроконтроллер управляя длительностью разряда конденсатора C2 на светодиодный индикатор VD4 в дежурном режиме работы.

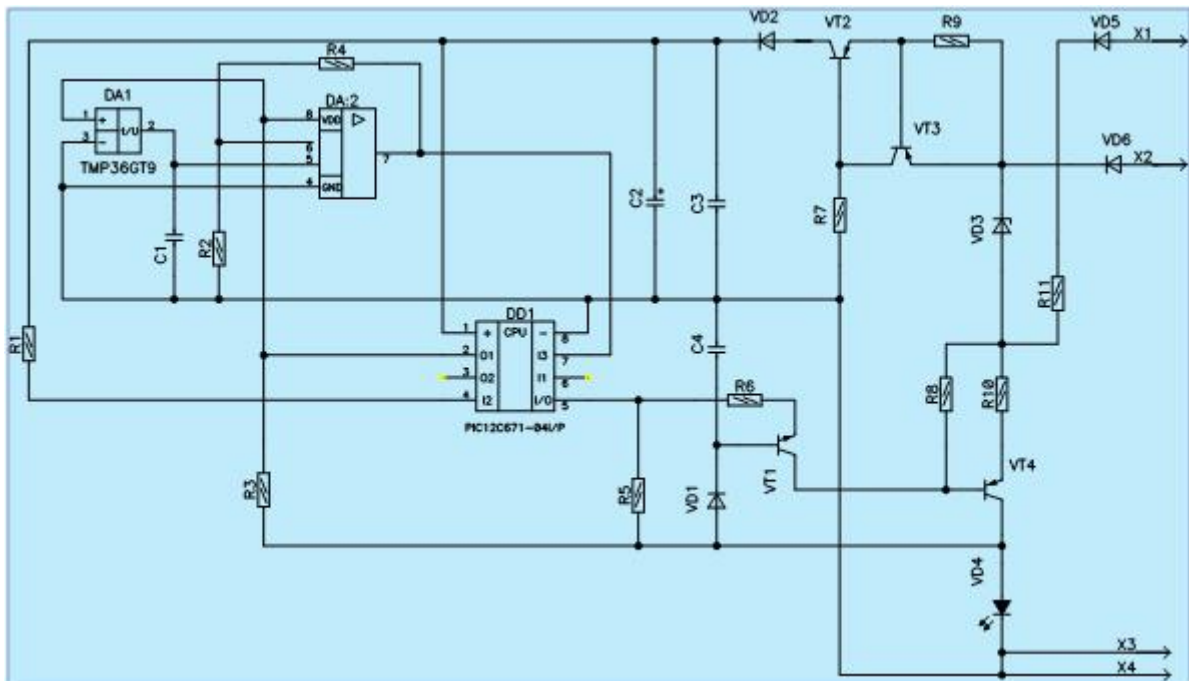


Рис.98



Рис. 99

Пятый вывод микроконтроллера использовался не только как выход, управляющий работой транзисторного ключа, но и как вход для приема импульсов поступающих с фотоусилителя дымового канала в комбинированном извещателе. Включение транзисторного ключа осуществляется сигналом низкого потенциального уровня на этом входе-выходе микроконтроллера. При включении транзистор VT1 обеспечивает протекание в его коллекторной цепи стабильного тока. Тем самым обеспечивается ограничение максимально возможного тока потребления извещателем в режиме пожарной тревоги. Напряжение на базе этого транзистора появится в результате выпрямления импульсов напряжения на светодиодном индикаторе VD4 в дежурном режиме работы. При переключении в режим пожарной тревоги потенциал на базе

транзистора VT1 еще больше увеличится, обеспечивая устойчивое удержание транзисторного ключа в этом режиме. При подключении извещателя к знакопеременному шлейфу пожарной сигнализации данная схема включения транзистора VT1 обеспечивает удержание транзистора во включенном состоянии, при этом микроконтроллер потребляет ток во много раз меньший, чем ток, который коммутирует его пятый вывод.

Главным недостатком этого технического решения является высокая стоимость теплового сенсора TMP36, необходимость применения масштабирующего усилителя, а также высокая инерционность пластмассового корпуса типа TO92 этого сенсора.

Куда проще выглядела бы схема максимально-дифференциального теплового извещателя (см. рис.100) с применением термистора и современного многократно перепрограммируемого микроконтроллера, например, PIC12F675. И что более существенно: суммарная стоимость комплектующих изделий значительно меньше, чем у предыдущей схемы.

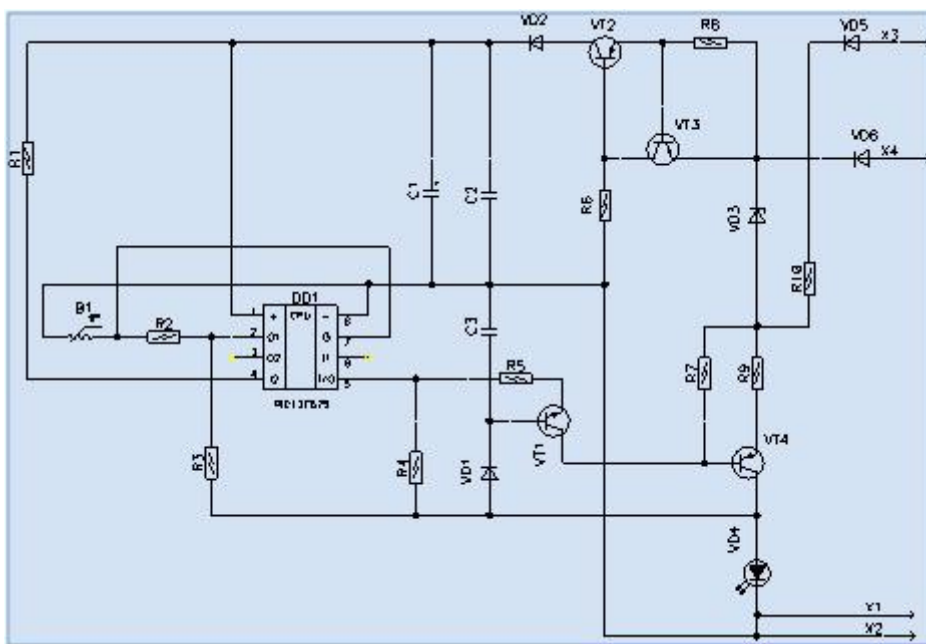


Рис. 100

Естественно, что реализовать тепловой максимально-дифференциальный извещатель можно с использованием схемы, приведенной на рис. 81 в части 4.3. Именно эта схема, соответствующая патентам Украины и России, соответственно №№ 90314 [55] и 2390850 [56], совместно с техническим решением по патенту Украины № 87558 [68] реализована в тепловых максимально-дифференциальных извещателях FTL-A1 R, FTL-A2R, FTL-BR и RTL-A1R, RTL-A2R, RTL-A3R, RTL-BR, которые сертифицированы соответственно в Украине и в России.

Фотография этих изделий приведена на рис. 78.

Хотелось бы остановиться еще на одном классе пожарных тепловых извещателей – это автономные тепловые пожарные извещатели или иначе – пожарные сигнализаторы тепла. Как и пожарные сигнализаторы дыма, такие изделия могли бы найти применение в жилых помещениях. Особенно эффективно было бы их использование на кухнях и во встроенных гаражах. Такие рекомендации по применению пожарных сигнализаторов тепла дает британский стандарт BS 5839 [69]. Предусматривает возможность производства и проверки параметров тепловых автономных извещателей и российский стандарт ГОСТ Р 53325. Но в своде правил СП 5.13130.2009 [70] нет указаний, где необходимо устанавливать такие автономные извещатели. В Украине вообще нет никаких нормативных требований по такой продукции. Но в мире такие изделия не только производятся, но и совершенствуются. Примером такого совершенствования пожарного сигнализатора тепла является изобретение по американскому патенту US6288638 [71]. Принципиальная электрическая схема этого изделия приведена на рис. 101. Тепловой автономный извещатель, выполнен на основе специализированной микросхемы, которая аналогична известной микросхеме MC145010DW, широко

применяемой в пожарных сигнализаторах дыма. Извещатель предназначен для работы от сети переменного тока AC 120 В через стабилизатор напряжения, имеет: сетевой индикатор зеленого цвета, вход-выход INTERCOM для объединения извещателей в локальную сеть, встроенный резервный источник электропитания, звуковой оповещатель, индикатор пожарной тревоги красного цвета и схему контроля работоспособности.

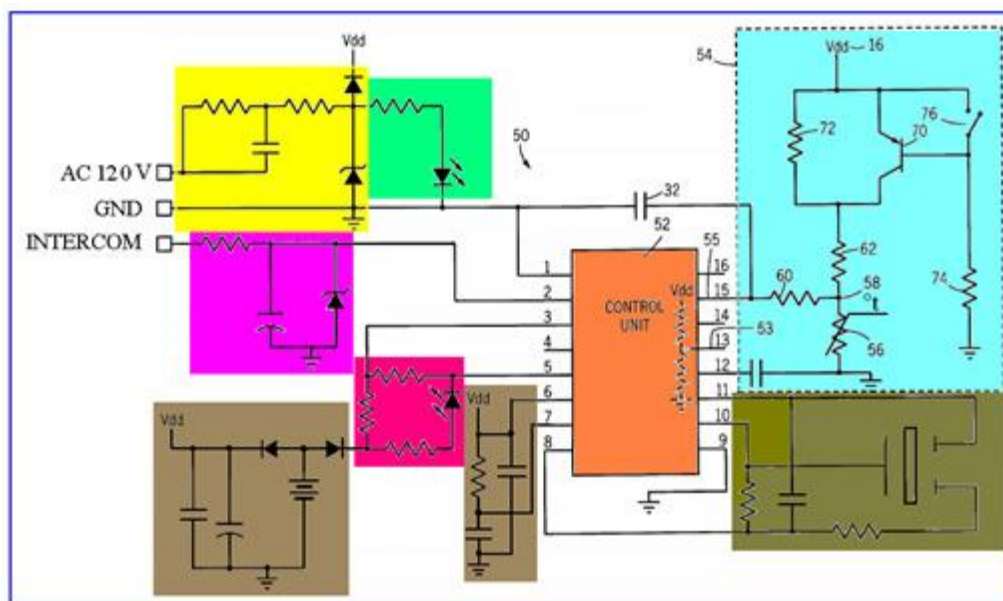


Рис. 101

Особенностью примененной схемы контроля работоспособности является то, что она обеспечивает достоверную проверку изделия даже при низких температурах окружающей среды. Термистор подключается напрямую между входом контроля напряжения блока управления и землей. Схема контроля работоспособности включает в себя параллельное соединение тестового резистора и транзистора, которые уже последовательно с резистором питания подключаются между входом контроля напряжения блока управления и шиной питания Vdd. При нормальных рабочих условиях, базовый ток транзистора обеспечивает его насыщение, при этом он закорачивает тестовый резистор. После нажатия кнопки, база транзистора соединяется с его эмиттером, и транзистор переходит в режим отсечки. Таким образом, когда кнопка нажата, тестовый резистор включается последовательно с резистором питания, этим самым имитируется увеличение температуры окружающей среды для проверки автономного теплового извещателя.

На рис. 102 приведена еще одна схема контроля температуры, которая не имеет прямого отношения к пожарным тепловым извещателям. Скорее ее можно применить как контрольное устройство в технологическом процессе производства самих тепловых извещателей или как сенсор с индикацией в устройствах предупреждения техногенной опасности. В этой схеме используется широко распространенный счетверенный операционный усилитель LM2902 [72]. И это техническое решение также защищено действующим патентом на изобретение US4994792 [73].

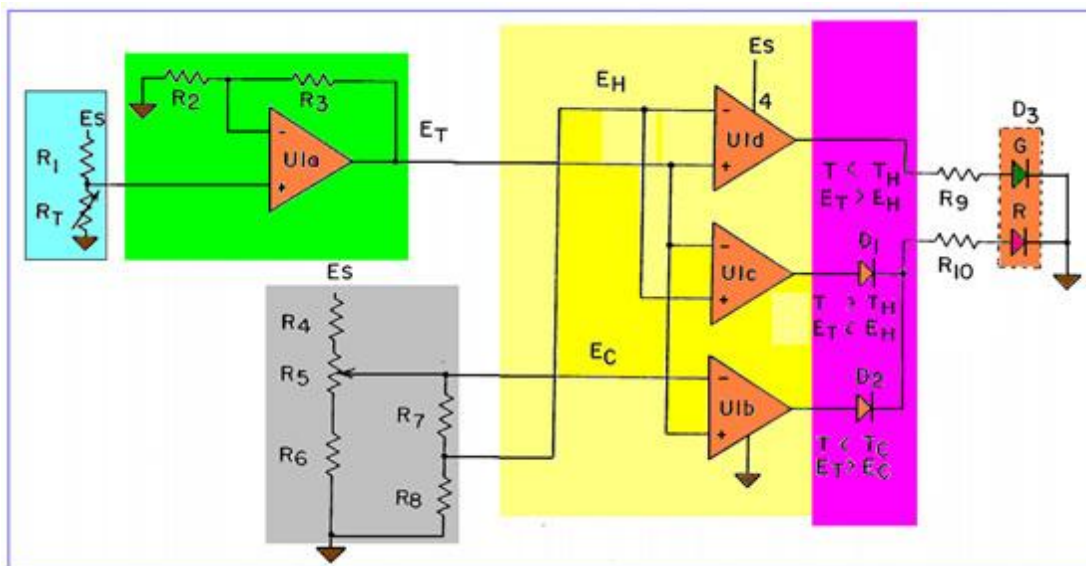


Рис. 102

В описании к патенту говорится, что он может использоваться для контроля температуры потока жидкости или воздуха. В нем используется регулируемый переменный делитель напряжения для выбора желаемого для контроля диапазона температур. С теплового сенсора на термисторе информация через масштабирующий усилитель поступает на многоуровневый компаратор. А далее через дешифратор на индикатор для определения, является ли контролируемая температура выше, ниже или в желаемом диапазоне.

Последние технические решения приведены здесь для того, чтобы показать, что в области разработки компонентов СПС и в частности тепловых пожарных извещателей имеется достаточно места для творчества, творчества выполненного на уровне изобретений!

Владимир Баканов
главный конструктор ЧП "Артон"

Литература:

62. Извещатель пожарный тепловой максимально-дифференциальный ИП101-3А-А3R1, Паспорт. http://www.aktivsb.ru/images/IZV_POJ/doc/ip-101-3a-a3r1_.pdf
63. MOCHIZUKI MIKIO (JP) JP19930096715 "Heat detector", 1993-03-31
64. PENNEY STEVE J [GB]; TAYLOR PAUL J [GB] WO 02/054366 "Fire detector", 2004-06-17
65. Извещатель пожарный тепловой ИПК-7 ТУ У 22847240.003-99, Паспорт АКПИ.425238.002ПС2
66. Low Voltage Temperature Sensors TMP35/TMP36/TMP37 <http://pdf1.alldatasheet.net/datasheet-pdf/view/49119/AD/TMP36GRT.html>
67. CMOS Microcontroller with A/D Converter and EEPROM Data Memory PIC12C671-04I <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30561C.pdf>
68. Капітанов М. В. патент України на винахід № 87558 "Пожежний сповіщувач", бюл.14, 2009
69. BS 5839-1:2013 "Fire detection and fire alarm systems for buildings. Code of practice for design, installation, commissioning and maintenance of systems in non-domestic premises", <http://shop.bsigroup.com/en/ProductDetail/?pid=00000000030260279>
70. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. УСТАНОВКИ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИЕ. Нормы и правила проектирования

71. TANGUAY WILLIAM P [US]; CORSELLO KEITH [US] US6288638 "Heat detector having an increased accuracy alarm temperature threshold and improved low temperature testing capabilities", 2001-09-11
72. Low Power Quad Operational Amplifiers LM124-N/LM224-N/LM324-N/LM2902-N
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm124-n.pdf>
73. ZIEGLER JR ELDON W [US] US4994792 "Fluid temperature monitoring system", 1991-02-19