

*Н.П. Борисенко, инженер,
Севастопольский национальный технический университет*

РАЗРАБОТКА ПЕРИФЕРИЙНОГО МОДУЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С АВТОНОМНЫМ РАДИОКАНАЛОМ УПРАВЛЕНИЯ

(представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

Разработаны принципиальная электросхема и принцип работы периферийного модуля автоматической системы пожарной сигнализации с автономным радиоканалом управления. Определены пути повышения помехоустойчивости радиоканала. Разработан метод размещения периферийных модулей на объектах, обеспечивающий их электромагнитную совместимость.

Ключевые слова: пожарная безопасность, сигнализация, периферийный модуль, трансивер, микроконтроллер, частота, помехи, фильтр.

Постановка проблемы. В настоящее время на охраняемых объектах используются автоматические системы пожарной сигнализации (СПС) с управлением по неавтономному радиоканалу, в которых радиосигналы о пожаре и исправности шлейфов сигнализации на охраняемом объекте передаются на центральный пульт подразделения пожарной охраны через сетевые ретрансляторы действующей сотовой связи, и комбинированные СПС с объектовой микросотовой связью, в которых аналогичные радиосигналы передаются через внутриобъектовые сетевые радиорасширители от автономных пожарных радиоизвещателей. Имеющиеся в месте нахождения охраняемого объекта общедоступные системы сотовой связи также используются для передачи сообщений о пожаре на мобильные телефоны руководства охраняемого объекта. На сетевых ретрансляторах мобильной связи отсутствует система аварийного электропитания. Действующими системами сигнализации возникший пожар был бы выявлен, а оповещение о нём не могло быть осуществлено. При обесточивании районов местонахождения объектов с повышенной опасностью имеющиеся автоматические системы пожарной сигнализации с неавтономным радиоканалом, использующие мобильную связь, не обеспечивают оповещения о пожаре. Руководство объектов и персонал подразделений пожарной охраны не извещаются о неисправностях в сетях мобильной связи, не имеют возможности контролировать исправность этого оборудования и осуществлять его ремонт. Автономные пожарные радиоизвещатели неавтономных объектовых радиоканалов управления имеют малую мощность сигнала, небольшую дальность связи, а использование в объектовых

микросотовых СПС двух каналов связи – от радиоизвещателя к радиорасширителю и от него на центральный пульт подразделения пожарной охраны – ведут к невысокой технической надёжности и низкой помехоустойчивости этих систем с высокой вероятностью искажения радиосигналов управления из – за воздействия непреднамеренных, межсимвольных и межканальных помех, переполнению используемого диапазона частот, сложностям в обеспечении электромагнитной совместимости (ЭМС) таких систем. Такое положение неприемлемо, особенно для объектов с повышенной опасностью.

Анализ последних исследований и публикаций. В доступных источниках с 2008г. по настоящее время имеется множество публикаций о работе и совершенствовании действующих автоматических систем пожарной сигнализации различных типов. Публикаций об исследованиях и разработке автоматических систем пожарной сигнализации с автономным радиоканалом управления (АСПСР) не выявлено. Необходима разработка более надёжной системы обеспечения пожарной безопасности.

Постановка задачи и её решение. Информационная оптимизация систем осуществляется различными способами. Для этого необходимо найти такие параметры информационной системы, которые для дискретных сообщений заданного вида обеспечивают наилучшее качество её работы при заданных ограничениях. Критерии качества и ограничения различны в зависимости от задач, решаемых различными системами. В результате ранее проведённых исследований разработана информационная система обеспечения пожарной безопасности (ИСОПБ), которая в общем включает автоматическую систему пожарной сигнализации с автономным радиоканалом управления (с двухсторонней связью), комплект пожарных извещателей любого типа (кроме автономных радиоизвещателей) в шлейфах сигнализации (ШС), и специальное программное обеспечение. Осуществлена информационная оптимизация ИСОПБ на основе разработанного метода пространственной частотной оптимизации. На основе анализа задач, решаемых АСПСР, получена обобщённая структурная схема такой системы.

Большинство современных систем пожарной сигнализации контролирует состояние безадресных или адресных датчиков (извещателей), подключаемых с помощью двухпроводных или четырёхпроводных ШС. Безадресные СПС регистрируют только номер сработавшего ШС, адресные СПС регистрируют место возгорания по номеру сработавшего извещателя.

И те, и другие системы обладают существенным недостатком. Целостность таких шлейфов может быть легко нарушена, поэтому постоянно приходится контролировать не только состояние самого датчика, но и работоспособность шлейфа – отсутствие его обрыва или короткого замыкания. При нарушении работоспособности шлейфа обычно вырабатывается предупреждающий сигнал, на осно-

вании которого проводится поиск места неисправности и восстановление работоспособности системы. На время ремонта шлейфа контроль пожарных извещателей не проводится, кроме того, само нарушение целостности шлейфа могло возникнуть в результате пожара. При этом, в лучшем случае, при наличии автоматической системы локального пожаротушения (АСЛП), возгорание с некоторой вероятностью может быть ликвидировано, но информация о пожаре получена не будет. Для устранения указанных недостатков предлагается информацию к центральному пульту от удалённых датчиков передавать по автономному радиоканалу.

Исходя из этих условий, обобщенная структурная схема автоматической системы пожарной сигнализации с автономным радиоканалом управления будет содержать один центральный прибор (модуль) ЦП и несколько периферийных модулей ПМ, обменивающихся информацией по радиоканалу.

Целью данного исследования является разработка периферийного модуля АСПСР. Для модели АСПСР, включающей до 255 периферийных модулей, до 10 – 14 пожарных извещателей в каждом шлейфе сигнализации, аналогичным применяемым в проводных СПС, выбраны: скорость передачи информации 9600 бит/с, девиация частоты 60 кГц, полоса пропускания приемника 135 кГц, шаг перестройки частоты – 5 кГц, рабочий диапазон частот - 433,486...434,354 МГц. Схемотехнические решения, использованные в приёмопередатчике, обеспечивают достаточно высокую помехоустойчивость ПМ. Например, применение частотной манипуляции в приёмопередатчике более эффективно, чем применение фазовой манипуляции, особенно при больших значениях отношения сигнал/шум.

Исходя из задач и обобщенной структурной схемы АСПСР, периферийный модуль должен выполнять следующие функции:

- осуществлять контроль состояния пожарных извещателей;
- генерировать управляющий сигнал на включение АСЛП;
- генерировать управляющий сигнал на включение пожарных оповещателей;
- осуществлять обмен информацией с центральным модулем по радиоканалу;
- при пропадании напряжения питания в сети переменного тока 220 В автоматически переходить на автономное питание;
- контролировать напряжение автономной батареи питания и передавать центральному модулю информационный сигнал о разряде батареи автономного питания.

Исходя из выполняемых функций, периферийный модуль должен иметь в своем составе следующие функциональные узлы:

- микроконтроллер (МК) с оперативным и постоянными (программируемым и перепрограммируемым) запоминающими устройствами;
- приёмопередатчик (ПП) для обмена информацией с централь-

ным модулем;

ключи (УК), для управления исполнительными устройствами;
один или несколько интерфейсов шлейфа (ИШ) для подключения одного или нескольких пожарных извещателей к каждому шлейфу по двух- или четырехпроводной схеме;

пожарные извещатели (ПИ);

блок питания от сети (БП);

источник автономного электропитания (АБ).

Приёмопередатчик должен осуществлять двусторонний обмен цифровыми данными с центральным прибором по радиоканалу и с микроконтроллером периферийного модуля через один из стандартных интерфейсов. При этом нужно обеспечить дальность связи в пределах одного здания или группы зданий на расстояние до 3000м. Выходная мощность передатчика не должна превышать 10 мВт, чувствительность приемника должна обеспечивать указанную дальность работы при использовании простых малогабаритных антенн. Современные системы пожарной сигнализации в работают в диапазонах частот 40,66...40,70 МГц, 433,486...434,354 МГц и 868...870 МГц. На территории Украины разрешена работа только в двух первых диапазонах частот. Для повышения энергетики линии радиосвязи нужно использовать антенны с высоким коэффициентом усиления. В простейшем случае это может быть штыревая антенна с длиной, равной четверти длины волны. В диапазоне 40,66...40,70 МГц длина штыря должна быть примерно 1,8 м. Очевидно, что применение в периферийном модуле антенны такого размера нецелесообразно. В диапазоне частот 433,486...434,354 МГц длина штыря должна быть примерно 0,17 м. Такой размер антенны не является слишком большим. Следовательно, более целесообразным является использование для работы системы диапазона частот 433,486...434,354 МГц.

Работа нескольких систем на одной фиксированной частоте требует решения задач арбитража, существенно усложняет алгоритм работы, но, самое главное – существенно увеличивает время опроса датчиков системы, что снижает быстродействие. Для систем пожарной сигнализации такая ситуация неприемлема. Дополнительное требование к приёмопередатчику – высокая стабильность несущей частоты. И еще одно важное требование – низкая стоимость. Поставленным требованиям вполне соответствует интегральная микросхема TRC102 производства фирмы RF Monolithics (TRC102, 400-1000 MHz Transceiver). TRC102 [1] – многоканальный трансивер с нулевой промежуточной частотой и очень низким энергопотреблением, и невысокой стоимостью, обеспечивает достаточную помехоустойчивость ПМ за счёт имеющихся технических характеристик. Охватывая частотный диапазон от 400МГц до 1000МГц, трансивер требует минимум внешних компонентов, что обеспечивается высокой степенью интеграции всех необходимых узлов в одном кристалле. Один недорогой кварцевый резонатор на 10 МГц и управляющий микроконтроллер уже могут

образовывать полностью законченную систему передачи данных. Благодаря наличию режима экономии энергии удаётся значительно снизить потребление и продлить срок службы батарей. Эта микросхема имеет следующие основные характеристики:

диапазоны рабочих частот:

1) 430,24...439,75 МГц;

2) 860,48...879,51 МГц;

3) 900,72...929,27 МГц;

шаг перестройки по частоте для заданного диапазона – 5 кГц;

вид модуляции – частотная манипуляция (FSK) с девиацией частоты от 15 кГц до 240 кГц;

выходная мощность – до 5 дБм;

скорость передачи данных – до 256 кб/с;

напряжение питания – 2,2...3,8 В (целесообразно выбрать стандартное значение 3,3 В);

потребляемый ток в режимах передачи / приема / покоя – 22 мА / 12 мА / 0,6 мА ;

чувствительность – до –110 дБм;

полоса пропускания приемника – 67 кГц ...400 кГц;

наличие встроенных систем ФАПЧ для передатчика и приёмника;

совместимость по уровням с микросхемами ТТЛ и КМОП;

программируемый уровень выходной мощности от максимального, до ослабленного на – 21 дБ;

программируемая чувствительность входного малошумящего усилителя от максимального, до ослабленного на – 20 дБ;

наличие встроенной схемы контроля уровня напряжения питания;

наличие встроенного таймера с программируемым интервалом включения от 0 до 6338 суток с шагом 1 мс;

наличие интерфейса для связи с внешним микроконтроллером – SPI;

шестнадцатывыводный корпус для поверхностного монтажа TSSOP.

Микросхема содержит 17 шестнадцатиразрядных регистров, управляющих ее режимами работы или содержащих информацию о текущем состоянии. Единственный параметр, значение которого можно задать сразу, это диапазон частот. Согласно проведённому ранее анализу, трансивер должен работать в первом диапазоне частот – 430,24...439,75 МГц. Остальные параметры не могут быть определены однозначно. Рабочая частота должна лежать в пределах от 433,05 МГц до 434,79 МГц, то есть второй диапазон частот трансивера используется не полностью. А точное её значение может задаваться из различных соображений:

1) Центральные приборы различных АСПСР могут работать на одной общей частоте, и для устранения взаимных помех в этом случае можно применять традиционные методы устранения коллизий в

беспроводных сетях передачи информации.

2) Центральные приборы различных АСПСР могут работать каждый на своей частоте. В этом случае необходимо централизованное планирование сетки частот соседних систем.

Для устранения ложных срабатываний системы от удаленных датчиков, входящих в состав АСПСР, расположенных на объектах, расположенных по соседству, необходимо предусмотреть возможность работы радиоканала системы на различных несущих частотах. В простейшем случае достаточно трех различных частот F_1 , F_2 , F_3 . Однако количество этих частот ограничено, во-первых, шагом перестройки частоты – 5 кГц, а во-вторых, шириной спектра передаваемого сигнала, которая зависит от скорости передачи данных и девиации частоты. Скорость передачи информации напрямую влияет на ширину спектра передаваемого сигнала. Косвенным образом скорость передачи влияет на очень многие параметры системы – полосу пропускания приемника, чувствительность приемника и дальность связи и количество периферийных модулей. При этом, чем ниже скорость передачи информации, тем больше дальность действия системы, больше времени требуется для передачи информации от периферийного модуля к центральному и обратно, и больше времени требуется для опроса всех периферийных модулей. Если время опроса ограничено, то уменьшение скорости передачи влечет за собой ограничение количества периферийных модулей. Исследования, проведенные специалистами фирмы Silicon Labs (Antenna Selection Guide for ISM Band FSK/OOK Transmitter/Receiver Chipset), показали, что при правильном выборе антенн, при использовании выбранных трансиверов, можно получить дальность связи на открытом пространстве до 3640 м, при скорости передачи информации 57470 бит/с, и до 5830 м, при скорости передачи информации 9600 бит/с. Вероятность ошибки в экспериментах составляла 10^{-3} , девиация частоты была 60 кГц для скорости передачи 9600 бит/с, и 90 кГц для скорости передачи 57470 бит/с, полоса пропускания приемника составляла 135 кГц. Следовательно, для обеспечения дальности связи в помещении порядка 3000м., скорость передачи не должна превышать 9600 бит/с. При обмене информацией между центральным и периферийными блоками нужно передавать, во-первых, один байт синхронизации; во-вторых, номер периферийного модуля; и в-третьих, несколько битов, определяющих состояние датчиков периферийного модуля - («всё нормально», «неисправность шлейфа», «срабатывание датчика», «разряд батареи»), или бит запроса состояния периферийного модуля. Если ограничить количество периферийных модулей числом 255, то общее количество информации, передаваемой центральным блоком периферийному, и периферийным блоком центральному, составит 6 байт. При скорости передачи 9600 бит/с на один цикл обмена информацией потребуется 5 мс, а для опроса всех 255 периферийных модулей потребуется 1,275 с. Поскольку в третьем байте информацию несут только два бита (четыре разных состояния), то можно оставшиеся шесть битов также использовать для передачи номера периферийного блока. В

этом случае возможна адресация 16384 периферийных модулей, при том же количестве передаваемой информации 6 байт. Но общее время опроса при этом увеличится до 81,92 с, то есть меньше 2 минут. Это время в некоторых случаях может оказаться слишком большим, но и количество периферийных модулей в этом случае очень большое. Исходя из приведенных расчётов, выбираем скорость передачи информации 9600 бит/с, девиацию частоты 60 кГц, полосу пропускания приемника 135 кГц. Максимальная дальность обеспечивалась при использовании дифференциальных антенн типа «обращенное F» (Antenna Development Guide for the ISM Band FSK/OOK Transmitter/Receiver Chipset). Остальные параметры настройки трансивера оставлялись теми, что приняты по умолчанию при начальной инициализации микросхемы. Для расчета шестнадцатеричных значений управляющих кодов, которые необходимо записать в трансивер, использовалась специальная программа RFM RF Design Assistant [2].

Для управления трансивером достаточно простейшего микроконтроллера. Производитель рекомендует применять микроконтроллеры фирмы Silicon Labs C8051F330 (C8051F330/1 8k ISP FLASH MCU Family) [3]. Этот контроллер основан на ядре MCS-51, но дополнительно имеет 768 байт оперативной памяти, 8 кбайт электрически перепрограммируемой памяти, шестнадцатиканальный десятиразрядный аналого-цифровой преобразователь, десятиразрядный цифро-аналоговый преобразователь, работает при напряжении питания 3,3 В и при тактовой частоте 10 МГц потребляет от источника питания ток 3,4 мА. Микроконтроллер выпускается в двадцативыводном корпусе для поверхностного монтажа QFN. Ограничение числа выводов по сравнению с обычным контроллером MCS-51 привело к тому, что микроконтроллер C8051F330 имеет только 17 линий ввода-вывода (два вывода заняты под питание, один – вывод сброса). Эти линии могут независимо друг от друга настраиваться на ввод или на вывод, а 16 из них могут подключаться к АЦП. Для полного использования всех возможностей трансивера он должен подключаться к микроконтроллеру с помощью 10 линий связи. Одна линия ввода-вывода нужна для включения исполнительного механизма АСЛП. Одна линия ввода-вывода нужна для включения светового и (или) звукового оповещателя. И еще к одной линии подключается светодиод, который в нормальном режиме работы горит непрерывно, при переходе на работу от независимого источника питания мигает с малой частотой, а при срабатывании датчика или при неисправности шлейфа, к которому подключен датчик, светодиод мигает с высокой частотой. Остается четыре линии ввода-вывода. Для работы с пассивными извещателями, расположенными в непосредственной близости от периферийного модуля, было бы достаточно контролировать только состояние контактов извещателей. В этом случае линии ввода-вывода могут быть цифровыми, и нет необходимости использования дополнительного источника питания для извещателей. Подключение датчиков может проводиться

двухпроводным шлейфом. Если извещатели активные, то уже необходим дополнительный источник питания, который должен обеспечивать напряжение 12...24 В при токе нагрузки не менее 20...50 мА (типовой ток, протекающий через один сработавший датчик; ток одного шлейфа в дежурном режиме не более 5 мА). Подключение датчиков может проводиться шлейфом, а линии ввода-вывода также могут быть цифровыми. Если размер контролируемого помещения большой, то к каждому шлейфу нужно подключать несколько датчиков. Датчики могут быть как активными, так и пассивными. В этом случае длина шлейфов может быть достаточно большой, шлейфы могут быть как двухпроводными, так и четырехпроводными, и их состояние нужно контролировать. Для этого линии ввода-вывода должны быть аналоговыми, чтобы контролировать четыре состояния: обрыв шлейфа, замыкание шлейфа, замкнутые контакты извещателя, разомкнутые контакты извещателя. Для обеспечения максимальной универсальности периферийного модуля четыре оставшиеся линии ввода-вывода должны быть подключены к внутреннему АЦП и контролировать ток через шлейф.

Принципиальная схема основной платы периферийного модуля показана на рисунке 1.

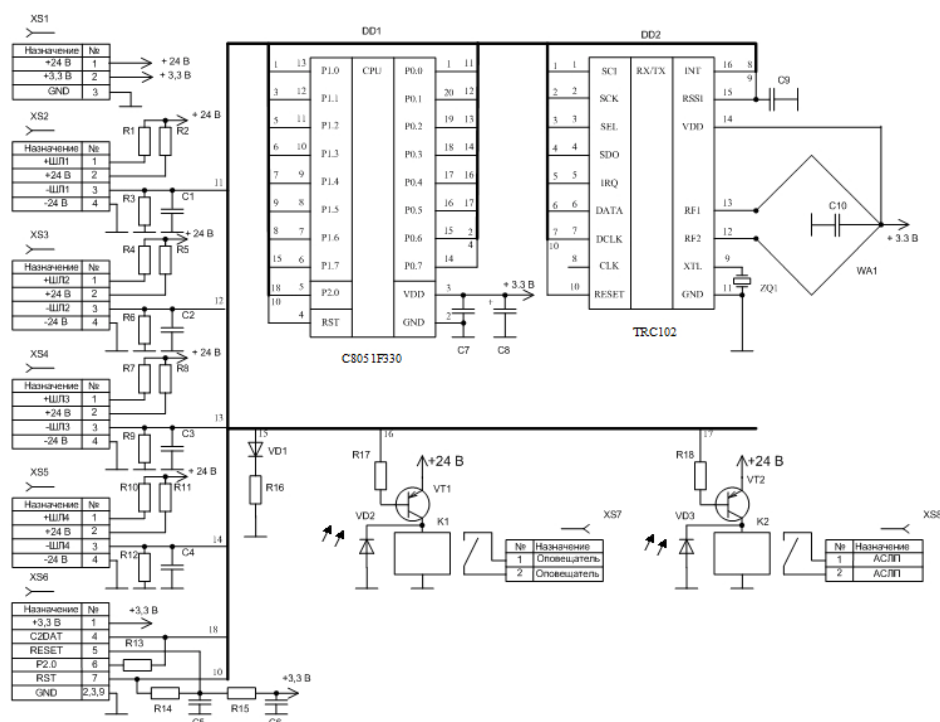


Рис. 1 - Принципиальная схема основной платы периферийного модуля

На схеме основной платы к разъёмам XS2...XS5 подключаются двухпроводные или четырёхпроводные шлейфы для присоединения извещателей. Резисторы R1, R2 ограничивают ток в линиях шлейфа при его коротком замыкании. С резистора R3 снимается напряжение, пропорциональное току через шлейф. Это напряжение далее подается на вход АЦП, встроенного в микроконтроллер. Конденсатор C1 служит для фильтрации высокочастотных наводок на линии шлейфа. Разъём

XS6 предназначен для подключения программатора. К разъёмам XS7...XS8 подключены контакты реле K1 и K2 для включения светозвукового оповещателя и системы автономного пожаротушения. Через разъём XS1 на основную плату подаются питающие напряжения от платы источника питания. В шлейфах сигнализации ПМ могут применяться средства охранной сигнализации.

Источник питания должен обеспечивать следующие напряжения: 3,3 В при токе до 40 мА (до 23 мА потребляет трансивер, до 6 мА потребляет микроконтроллер и 10 мА потребляет светодиод); и 24 В при токе до 200 мА (срабатывание извещателей всех четырех шлейфов). Общая потребляемая мощность при срабатывании четырех извещателей не превышает 5 Вт, а в дежурном режиме – 0,6 Вт. Кроме того, необходимо обеспечить работоспособность периферийного модуля от автономного источника питания в дежурном режиме – не менее 8 часов, а при срабатывании извещателей – не менее 20 минут. Традиционные решения предусматривают в такой ситуации использование достаточно высоковольтного аккумулятора, питание от источника с большим напряжением и понижение его величины до меньшего напряжения с помощью линейных стабилизаторов. При таком подходе габариты и вес аккумуляторной батареи очень большие, а КПД источника питания очень мал, что либо сокращает время автономной работы, либо требует увеличения емкости аккумуляторов и еще большего увеличения их габаритов. Кроме того, увеличиваются габариты и вес зарядного устройства для такого аккумулятора. В данной разработке принято решение о питании периферийного модуля от современных литий-ионных аккумуляторов. Эти аккумуляторы имеют наилучшее отношение вес/емкость (100 Вт ч/кг), у них отсутствует эффект памяти, очень малый саморазряд (менее 10% в месяц). Единственный существенный недостаток состоит в том, что в процессе заряда такого аккумулятора нужно очень тщательно соблюдать режим заряда, чтобы аккумулятор не вышел из строя. Проще всего это осуществить с помощью специализированных микросхем. Напряжение от одного аккумулятора равно 3,6 В. Однако в процессе заряда оно может достигать 4,2 В, поэтому это напряжение не может быть использовано для питания трансивера и микроконтроллера напрямую и нуждается в дополнительной стабилизации. Для повышения КПД источника питания решено использовать импульсные схемы стабилизаторов напряжения с помощью линейных стабилизаторов. Один из них должен обеспечивать на нагрузке напряжение 3,3 В а второй – 24 В при изменении напряжения источника питания от 2,2 В (полностью разряженный аккумулятор) до 5 В (питание от сетевого адаптера). Такие стабилизаторы обеспечивают КПД не хуже 80%. В этом случае емкость аккумулятора должна быть около 7 Ач. Выбираем литий-ионный аккумулятор фирмы Tadiran типа TL5950 с емкостью 8,5 Ач, длиной 50 мм и диаметром 26 мм (MODEL TL-5920 TECHNICAL DATA). Для управления зарядом применим микросхему фирмы MAXIM MAX1758

(MAX1758 Stand-Alone, Switch-Mode Li+ Battery Charger with Internal 28V Switch.) Кроме цепей, осуществляющих контроль и управление процессом заряда, эта микросхема содержит автоматический переключатель, подключающий к нагрузке аккумулятор при исчезновении напряжения питания от сетевого адаптера, в качестве которого можно использовать любой сетевой адаптер обеспечивающий напряжение от 6 В до 12 В при токе до 3 А. Для стабилизации напряжения 3,3 В применим микросхему комбинированного повышающе – понижающего стабилизатора MAX8625 (MAX8625A High-Efficiency, Seamless Transition, Step-Up/Down DC-DC Converter). Эта микросхема обеспечивает напряжение на нагрузке 3,3 В при токе до 0,8 А при изменении напряжения питания от 2,7 В до 5,5 В. Для стабилизации напряжения 24 В применим микросхему комбинированного повышающего стабилизатора MAX629 (MAX629 28V, Low-Power, High-Voltage, Boost or Inverting DC-DC Converter). Эта микросхема обеспечивает напряжение на нагрузке 24 В при токе до 0,5 А при изменении напряжения питания от 2,7В до 5,5В.

Принципиальная схема блока питания периферийного модуля показана на рисунке 2. Все микросхемы используются в типовом включении.

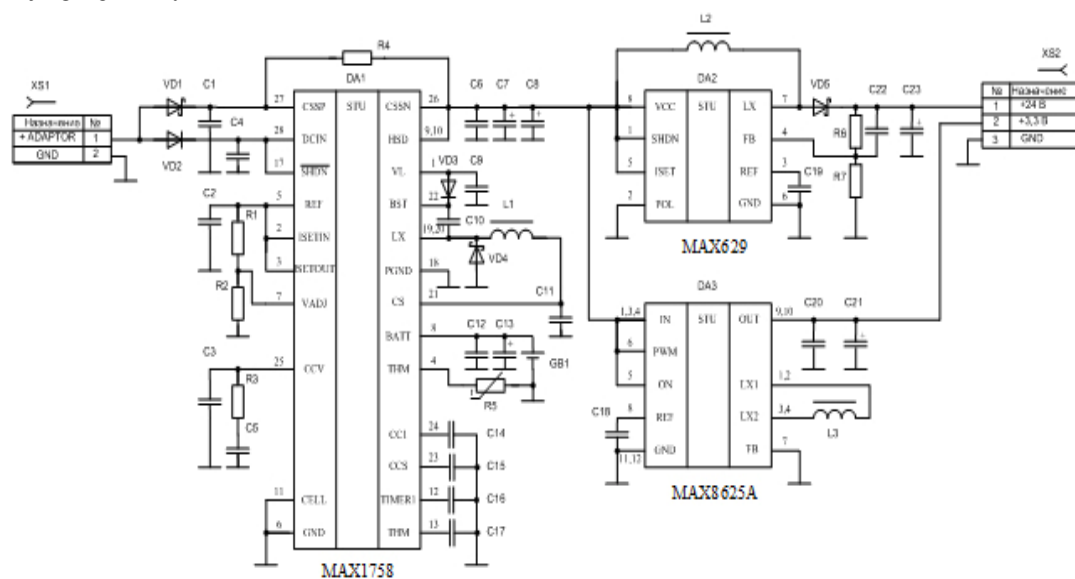


Рис. 2 - Принципиальная схема блока питания периферийного модуля

Через разъем XS1 на источник питания подается напряжение от внешнего сетевого адаптера. Микросхема DA1 обеспечивает заряд аккумулятора GB1, а также автоматическое переключение на питание от аккумулятора или сетевого адаптера. Подключение вывода ISETOUT к выводу REF обеспечивает максимально допустимый зарядный ток 1,5 А. При таком токе аккумулятор заряжается из полностью разряженного состояния за 5,5 часов, но меньше нагревается и меньше вероятность его повреждения при заряде. Резистор R4 является датчиком тока через нагрузку. Поскольку максимальная потребляемая мощность не превышает 5 Вт, то при минимально допустимом напряжении от аккумулятора 2,7 В ток, потребляемый периферийным мо-

дулем будет 1,9 А. Исходя из этого ток срабатывания системы защиты принят 2 А. Поскольку для срабатывания системы защиты на резисторе R4 должно быть напряжение 0,1 В, то сопротивление резистора R4 должно быть 0,05 Ом. На вывод VADJ подается напряжение U_{VADJ} , определяющее, при каком напряжении U_{BAT} на аккумуляторе будет прекращен цикл заряда. Это напряжение определяется по формуле

$$U_{VADJ} = (9,5U_{BAT}/N) - 9U_{REF}, \quad (1)$$

где N – количество аккумуляторов в батарее (в нашем случае N = 1); $U_{REF} = 4,2 \text{ В} = U_{BAT}$. Тогда $U_{VADJ} = 0,5U_{REF}$. По техническим условиям суммарное сопротивление резисторов делителя R1, R2 не должно превышать 100 кОм. Принимаем сопротивление этих резисторов равным 47 кОм. В качестве резистора R5 фирма MAXIM рекомендует использовать терморезистор фирмы Cornerstone Sensors типа T101D103–CA, который имеет при температуре + 25° С сопротивление 10 кОм. Минимально допустимое значение суммарной емкости конденсаторов C7 и C8, определяется по формуле

$$C_{OUTMIN} = \frac{U_{REF} \left(1 + \frac{U_{BAT}}{U_{INMIN}} \right)}{U_{BAT} \cdot f_{OSC} \cdot R_{CS}}, \quad (2)$$

где $U_{INMIN} = 6 \text{ В}$ – минимальное напряжение внешнего источника питания (сетевого адаптера); $f_{OSC} = 300 \text{ кГц}$ – частота внутреннего ШИМ генератора; $R_{CS} = R4 = 0,05 \text{ Ом}$ – сопротивление резистора датчика тока. С учетом этого минимальная емкость равна 113 мкФ. Эквивалентное последовательное сопротивление этого конденсатора не должно превышать сопротивление резистора датчика тока. Для обеспечения этого условия в качестве выходного конденсатора применим два параллельно включенных танталовых электролитических конденсатора емкостью по 68 мкФ каждый. Значения остальных элементов принципиальной схемы источника питания соответствуют рекомендациям фирмы - изготовителя.

Различные радиоэлектронные средства (РЭС) при работе на одной территории могут создавать помехи друг другу. Для обеспечения ЭМС АСПСР и других РЭС, уменьшения искажений сигналов управления, обеспечения высокой помехоустойчивости систем, к иным РЭС могут применяться практически все известные методы ЭМС РЭС. Однако вследствие произвольного расположения охраняемых объектов между близко расположенными АСПСР могут происходить ложные срабатывания, когда могут совпадать, например, номера периферийных модулей и пожарных извещателей, и поэтому передаваться одинаковые сигналы управления. Для исключения ложных срабатываний, повышения помехозащищенности АСПСР, необ-

ходимо использовать ранее разработанный метод пространственной частотной оптимизации. Данный метод включает работу используемых АСПСР на одной из любых трёх выбранных производителем систем разных рабочих частот F_1 , F_2 , F_3 каждой АСПСР при серийном производстве в разрешённом диапазоне 433,486 (433,5) – 434,354 МГц, с учётом и исходя из размеров зон обслуживания АСПСР, в объединении с пространственным размещением ЦП систем в центре их зон обслуживания в вершинах треугольника частот (узлах треугольной сетки частот), как показано на рисунке 3, с чередованием и смещением точек размещения ЦП АСПСР по указанной схеме, осуществляемом государственными органами регулирования частот. ПМ размещаются на объекте в поле зоны обслуживания.

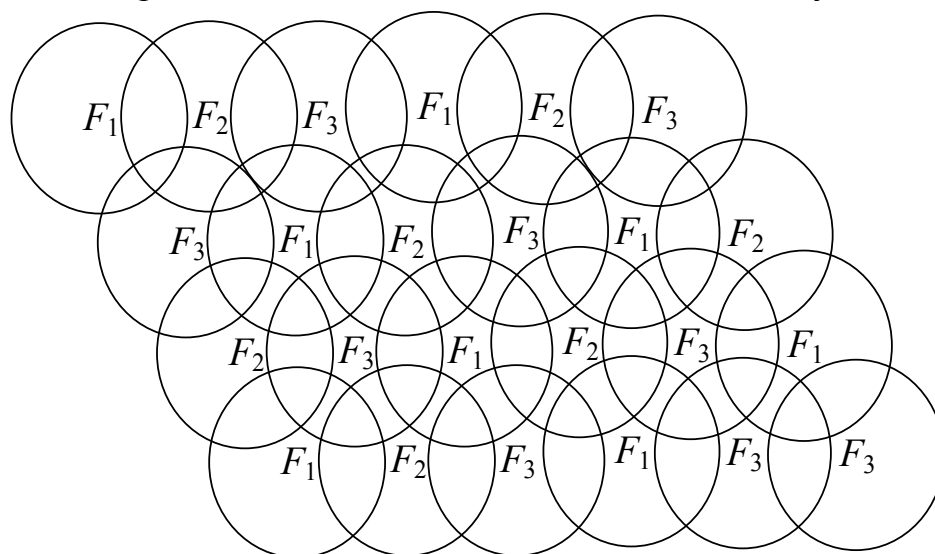


Рис. 3 – Размещение зон обслуживания соседних АСПСР

С вышеуказанным шагом перестройки частоты 5 кГц в разрешённом диапазоне может быть выбрано множество значений рабочей частоты таких систем для их серийного производства. В то же время представляется более целесообразным использование заводами – изготовителями одной общей серии (группы F_1 , F_2 , F_3) рабочих частот АСПСР. Это облегчит пространственное планирование государственными органами регулирования частот при размещении АСПСР в местах нахождения охраняемых объектов. Данный метод применяется при приоритете АСПСР относительно иных РЭС, известный метод частотно - территориального разнеса (ЧТР) между АСПСР не может применяться: вследствие произвольного размещения охраняемых объектов такие системы не могут быть разнесены на установленные табличные величины дальности друг от друга. Радиус зоны обслуживания АСПСР соответствует дальности связи (порядка 3000м.)

Выводы. Таким образом, выбранный вариант построения позволяет эффективно реализовать ПМ и ЦП системы. Разработке подлежит только специфическое программное обеспечение АСПСР. В целом разработанная дискретная асинхронная автоматическая система по-

жарной сигнализации с автономным радиоканалом управления (с ЦП с двухсторонней связью и аналогичной разработкой периферийного модуля) полностью удовлетворяет поставленным перед ней требованиям. По своим основным функциональным возможностям находится на уровне мировых аналогов, а по количеству каналов возможной передачи информации существенно их превосходит. В результате проведенного исследования с учётом работы [4] определены основные элементы и принцип работы ПМ, осуществлена информационная оптимизация системы, определены пути повышения помехозащищённости. Задачами дальнейшего исследования являются: совершенствование методики оценки надёжности систем и сравнительная оценка надёжности эксплуатируемых проводных систем автоматической пожарной сигнализации и разработанной модели АСПСР без получения специального программного обеспечения ИСОПБ, лабораторные испытания экспериментальной модели АСПСР.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.rfm.com/products/data/trc102.pdf>.
2. http://www.rfm.com/products/data/RFICDA_Setup.exe.
3. <https://www.silabs.com/Support%20Documents>
4. TechnicalDocs/C8051F33x.pdf.
5. Скляр, Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2 – е, испр.: Пер. с англ./Б. Скляр. – М.: Издательский дом “ Вильямс ”, 2003. – 1104с.

М.П. Борисенко

Розробка периферійного модуля автоматичної системи пожежної сигналізації з автономним радіоканалом управління.

Розроблені принципова електросхема та принцип роботи периферійного модуля автоматичної системи пожежної сигналізації з автономним радіоканалом управління. Визначено шляхи підвищення завадостійкості радіоканалу. Розроблений метод розміщення периферійних модулів на об'єктах, що забезпечує їх електромагнітну сумісність.

Ключові слова: пожежна безпека, сигналізація, периферійний модуль, мікроконтролер, частота, перешкоди, фільтр.

N.P. Borisenko

Development of the peripheral module automatic fire alarm system with an independent radiochannel management

Developed a fundamental principle of the wiring and peripheral module automatic fire alarm system with autonomous radio channel management. Identify ways to improve noise immunity radio. Developed a method for placing the peripherals on the objects, providing their elektromagnetic compatibility.

Key words: fire safety, alarm system, peripheral, transceiver, microcontroller, the frequency, interference, filter.