

Практические аспекты по реализации подсистемы обнаружения угарного газа в структуре «умного дома»

Веснин Алексей Владимирович

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Студент

Аннотация

Актуальность исследования – острые отравления окисью углерода занимает ведущее место среди ингаляционных видов отравлений, а также, высокий процент осложнений в пост интоксикационный период, высокая летальность от этого вида отравлений. Цель исследования – разработать автоматизированную систему, который может обнаруживать появление угарного газа на ранней стадии, а при высоких концентрациях, предупреждать об опасности и предотвращать смертельные случаи. В результате исследования была разработана подсистема обнаружения угарного газа, которая может быть интегрирована в систему «умного дома».

Ключевые слова: угарный газ, датчик газа, автоматизация, СО, автоматизированная система управления

Practical aspects of the implementation of a carbon monoxide detection subsystem in the structure of a "smart home"

Vesnina Aleksey

Far Eastern State Transport University

Student

Abstract

The relevance of the study - acute poisoning with carbon monoxide occupies a leading place among inhaled types of poisoning, as well as a high percentage of complications in the post-intoxication period, high mortality from this type of poisoning. The aim of the study is to develop an automated system that can detect the appearance of carbon monoxide at an early stage, and at high concentrations, warn of danger and prevent fatalities. As a result of the research, a carbon monoxide detection subsystem was developed, which can be integrated into a smart home system.

Keywords: carbon monoxide, gas sensor, automation, CO, automated control system

1. Постановка задачи (введение)

В последние годы все более широкое использование в эксплуатации жилых помещений находят системы управления типа «умный дом», основной целью которых является, упрощение управления большим

количеством бытовых приборов, повышение комфорта и безопасности проживания [5, 6].

Однако большинство известных систем ориентировано на применение их в помещениях многоэтажного строительства, в которых основными функциями (подсистемами) являются управление бытовыми приборами, освещением, системой вентиляции и кондиционирования.

В последние годы в РФ уделяется внимание одноэтажному или коттеджному строительству, неотъемлемой особенностью в эксплуатации которых является наличие автономной системы отопления, как правило содержащей котельное оборудование, кроме того, такие постройки содержат и различные источники угарных газов (закрытые гаражные помещения, мангалы, камины и т.п.). Отсюда возникает необходимость в дооснащении системы «умный дом» интеллектуальной подсистемой фиксации угарного газа.

В качестве основных требований к разрабатываемой подсистеме следует считать: хорошая чувствительность к угарному газу, надежность, простота реализации, доступность для среднего класса потребителей.

2. Выбор архитектуры и аппаратных средств

Поскольку структура системы «умного дома» реализуется как правило по иерархической структуре, то структуру подсистемы контроля угарного газа целесообразно выполнять в виде вложенной автономной подсистемы на базе собственного микроконтроллера. Это позволит повысить быстродействие системы, использовать единый подход к документированию, настройке и придаст универсальность системе.

В качестве микроконтроллера остановимся на MegaD-2561, в качестве исполнительного модуля MegaD-8170-R, так как они имеют АЦП порты для подключения датчиков и релейные выходы [2] для светозвуковой сигнализации, системы вентиляции, а также позволяют расширить возможности системы до «умного дома», без необходимости покупки дополнительного оборудования.

При выборе датчиков необходимо отметить, что для повышения надежности и эффективности подсистемы необходимо использовать распределённое размещение датчиков [4] в качестве которых предлагается использовать MQ-7, так как они имеют высокую чувствительность к определяемому газу, определяют концентрацию газа в диапазоне 10~500ppm [1] и могут работать от питания 1.5В.

3. Преобразование значений АЦП в ppm

Для правильной работы сигнализации необходимо, правильно выбрать значение срабатывания в ppm и перевести его в единицы АЦП, при котором будет запускаться система оповещения. «ppm» - это parts per million, то есть количество частиц СО на миллион частиц воздуха.

Аналоговый датчик(MQ-7) на вход порта АЦП, контроллера MegaD-2561, подает напряжение, которое зависит от сопротивления чувствительного элемента, которое изменяется при повышении и уменьшении угарного газа. Микроконтроллер, сравнивает это напряжение с опорным напряжением порта ($3.3\text{В} = 1024\text{ед}$) и выдает значение АЦП от 0 до 1024.

Согласно паспорта датчика [1] MQ-7, при концентрации CO (углекислого газа) в 150ppm : сопротивление нагрузки составляет - ($RL=4.7\text{k}$), а выходное напряжение $2.5\text{В} \sim 4.3\text{В}$, в среднем 3.3В , см. рисунок 1.1.

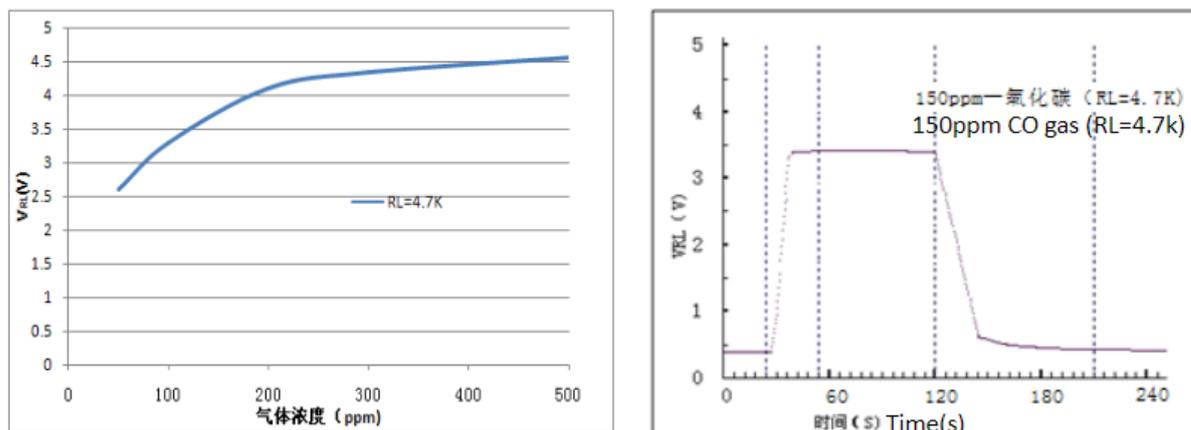


Рисунок 1.1 – Кривая чувствительности (зависимость выходного напряжения(VRL)

от концентрации CO), выраженная в сопротивлении нагрузки – RL (рисунок слева), на рисунке справа показано изменение выходного напряжения VRL в процессе помещения датчика в целевой газ и его удаления.

Следовательно, 1ppm в среднем составляет $\sim 3.3\text{В} / 150\text{ppm} = 0,022\text{Вольт/ ppm}$.

1 единица АЦП составляет $\sim 3.3\text{В} / 1024 = 0,00322265625\text{В/1АЦП}$

Предельно допустимая концентрация (ПДК) содержания оксида углерода (CO) в воздухе рабочей зоны контролируется 2-мя порогами сигнализации: первый порог ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЙ - 20 мг/м^3 (17.16932ppm) и второй порог АВАРИЙНЫЙ 100 мг/м^3 (85.84658ppm).

Подавать сигнал будем при превышении границы - $20\text{ мг/м}^3 = 17.16932\text{ppm} * 0,022\text{Вольт/ ppm} \sim 0,3777\text{В}$

Сигнал АЦП = $0,3777\text{В} / 0,00322265625\text{В/ед.} \sim 117\text{ед.}$

4. Особенности подключения и настройки

Контроллер MegaD-2561, подключается к исполнительному модулю MegaD-8170-R шлейфом 34PIN. Одноплатный компьютер Raspberry Pi подключается к контроллеру сетевым кабелем, затем Raspberry Pi подключается к роутеру с доступом в Интернет. Также к контроллеру подключается блок питания 12 вольт. Опорное напряжение АЦП портов $3,3\text{В}$.

Интерфейсы на датчике MQ-7:

- Цифровой выход (DOUT) — Выходной сигнал сенсора
- Аналоговый выход (AOUT) — Выходной сигнал сенсора. Подключаем к аналоговому входу контроллера MegaD-2561. Порт P36
- Земля (GND) — Соединяем с пином GND контроллера.
- Питание (VCC) — Источник питания датчика (2,5-5,0В). Соединяем с пином +3.3В контроллера.

Датчик MQ-7 подключаем к АЦП порту P36. Общая схема подключения представлена на рисунке 1.2.

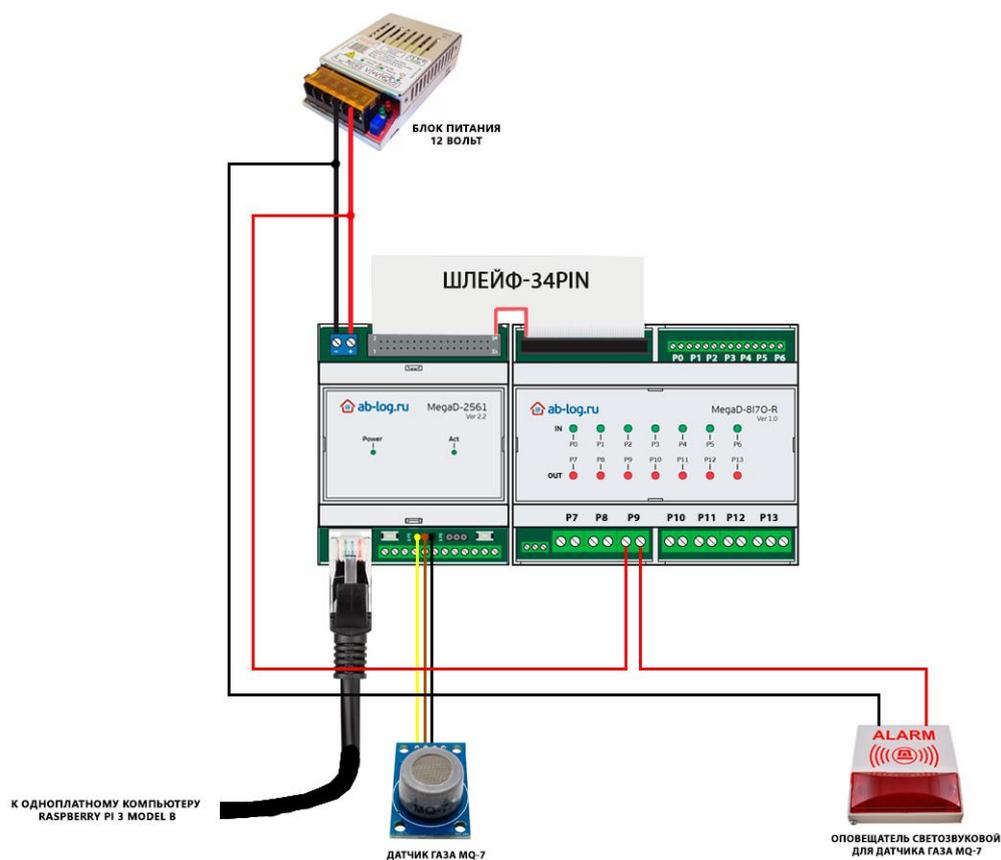


Рисунок 1.2 – Общая схема подключения датчика газа MQ-7 и светозвукового оповещателя к контроллеру

Порт P36, сконфигурированный как аналого-цифровой преобразователь предназначен для работы с аналоговыми датчиками, выходное напряжение которых не должно превышать опорное напряжение порта 3,3В, иначе потребуются дополнительное согласование.

Рисунок 1.3 – Настройка АЦП порта P36 контроллера

В веб-интерфейсе настройки контроллера отображается текущее значение, формируемое микроконтроллером в диапазоне от 0 до 1023 АЦП.

Контроллер MegaD-2561 может не только передавать АЦП значение по запросу сервера, но и отслеживать значение самостоятельно и сообщать серверу о достижении установленного в настройках порога [2], а также самостоятельно управлять выходами реле в зависимости от значений подключенных аналоговых датчиков. Эти возможности настраиваются параметрами Mode, Val, Action и NetAction, показанными на рисунке 1.3.

Mode - режим работы АЦП порта:

N (Norm) в этом режиме значения АЦП контроллером самостоятельно не проверяются, никакие действия устройство не предпринимает

> Порт считается активным, если значение больше заданного порога. Активностью считается момент перехода через пороговое значение

< Порт считается активным, если значение меньше заданного порога. Активностью считается момент перехода через пороговое значение

<> Порт считается активным, если значение проходит порог как в меньшую, так и в большую сторону.

Val - Пороговое значение

Hst - Гистерезис (допустимое отклонение от порогового значения в обе стороны)

Action - сценарий по умолчанию, который выполняется устройством.

Net – URL адрес, который вызывается устройством, при достижении значения АЦП, установленного в настройках порта и на сервер отправляется запрос следующего вида: /co-alarm.php?pt=36&v=117&dir=1

Где:

co-alarm.php - название скрипта, который необходимо вызвать

pt=36 - номер АЦП-порта

v=117 - текущее значение порта в АЦП

dir=1 – направление, если значение увеличивается, то - 1, если уменьшается, то - 0.

Установим следующие настройки для порта АЦП(P36):

Mode: > – срабатывание при увеличении значения,

Val: 117 – уставка срабатывания порта,

Hst: 10 – допустимое отклонение,

Action: 9:1 – включить порт P9

Net: <http://192.168.0.250/co-alarm.php?token=ZEf0ybrOiLwkOJNrEMFsIW7C9b5ye1BM>

5. Настройка релейного выхода - порт P9

P9 порт, к которому подключен светозвуковой оповещатель для датчика газа MQ-7. Сконфигурируем порт P9 как выход (Out), а в поле «Mode» установим значение SW - простое переключение. Далее, нажмем кнопку «Save» для сохранения настроек, см. рисунок 1.4.

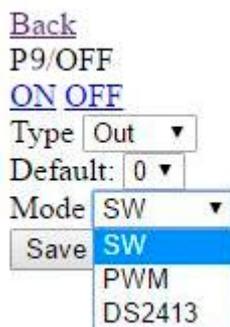


Рисунок 1.4 – Настройка конфигурации релейного выхода P9, исполнительного модуля MegaD-8170-R

6. Скрипт определения концентрации угарного газа и сигнализации

Напишем скрипт для определения уровня угарного газа, и включения светозвукового оповещения при превышении нормы, а также, уведомления об опасности. Создаем php файл с названием co-alarm.php, исходный код скрипта co-alarm.php приведен на рисунке 1.5:

```

117 <?php
118 // документация по отправке SMS: https://sms.ru/api/send
119 /** Система мониторинга угарного газа */
120 function alarmSMS($msg = null) {
121     return file_get_contents('https://sms.ru/sms/send?api_id=XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX&to=79255070602,74993221627&msg=' . $msg);
122 }
123 function portOn($port = null) {
124     return file_get_contents('http://192.168.0.14/sec/?cmd='.$port.':1');
125 }
126 function portOff($port = null) {
127     return file_get_contents('http://192.168.0.14/sec/?cmd='.$port.':0');
128 }
129
130 /** Если пришел запрос от контроллера на сервер, значит показания с датчика MQ-7 превысили установленное значение АЦП порта, включаем сигнализацию CO
131 * по спон эта проверка не обрабатывает */
132 if (!empty($_GET['pt']) && $_GET['pt'] === '36' && !empty($_GET['v']) && $_GET['token'] === 'ZEf0ybr0iLw0JNrEMFsIW7C9b5ye18M') {
133     if ($_GET['v'] >= 117 && $_GET['dir'] === '1') { //Если значение АЦП больше установленного значения
134         alarmSMS('Обнаружен высокий уровень CO > 17.17ppm'); /** отправляем SMS хозяину */
135         portOn('9'); /** отдаем команду на включение релейного выхода P9 - светозвуковой сигнализации CO */
136     }
137 }
138
139 /** данный код выполняется через планировщик Cron и по расписанию запускает скрипт co-alarm.php для мониторинга уровня CO */
140 $read_count = 20; // Количество раз, для считывания показаний
141 for($i = 0; $i < $read_count; $i++) // опрашиваем состояние АЦП порта 36, указанное кол-во раз 20
142 {
143     $data[] = file_get_contents('http://192.168.0.14/sec/?pt=36&cmd=get');
144     usleep(20000); // Задержка выполнения в микросекундах (0.02 секунды)
145 }
146 /** Вычисляем среднее значение АЦП */
147 $avg = array_sum($data) / count($data);
148 $state_out = file_get_contents('http://192.168.0.14/sec/?pt=9&cmd=get'); // проверяем состояние исходящего порта P9 (светозвуковое оповещение CO)
149 if ($avg >= 117) { // Угарный газ превысил установленную норму
150     alarmSMS('Обнаружен высокий уровень CO > 17.17ppm'); /** отправляем SMS хозяину */
151     if ($state_out == "OFF") { // Если светозвуковой оповещатель не включен, то включаем его
152         portOn('9'); /** отдаем команду на включение релейного выхода P9 - светозвуковой сигнализации CO */
153     }
154 } elseif($state_out == "ON") { // Если уровень угарного газа меньше установленной нормы и порт P9 включен, то отключаем его
155     portOff('9');
156 }
157
158 >

```

Рисунок 1.5 – Исходный код скрипта co-alarm.php

Для дополнительной защиты и проверки состояния уровня угарного газа запускаем выполнение скрипта co-alarm.php на сервере по расписанию в Cron с интервалом запуска 1 минута:

Команда: `00 */1 * * * wget http://192.168.0.250/co-alarm.php`

Для большего обеспечения безопасности можно подключить вытяжку и систему приточной вентиляции через электромагнитный пускатель к релейному выходу P9.

7. Подготовка датчика к работе

Для получения более точных показаний, при первом запуске сенсор датчика необходимо один раз прогреть - оставить включённым на 48 часов [1], при напряжении питания 5 вольт. После этого стабилизация после включения будет занимать не больше одной минуты.

8. Алгоритмы работы системы

В работе автоматизированной системы определения концентрации угарного газа предусмотрено 2 сценария работы, рассмотрим алгоритм работы каждого сценария подробно:

Сценарий 1. Самостоятельная работа контроллера

На рисунке 1.6 показан алгоритм работы системы определения концентрации угарного газа(CO) без опроса контроллера по Cron (самостоятельная работа контроллера).



Рисунок 1.6 – Самостоятельная работа контроллера MegaD-2561 по определению концентрации угарного газа(CO)

Контроллер самостоятельно опрашивает датчик угарного газа MQ-7 на предмет превышения установленного в настройках значения **Val=117** (выполняет запрос 1 и получает ответ 2). Затем запускает проверку (3) и проверяет, CO превысил норму или нет. Если норма не превышена, то продолжает опрашивать датчик MQ-7 по своему алгоритму.

Если уровень угарного газа(CO) превысил установленную норму **Val=117**, то контроллер MegaD-2561, сообщает серверу о превышении установленной нормы угарного газа (отправляет запрос 3) и ждет от него команды (ответ 4) для дальнейших действий.

Если сервер прислал команду (ответ 4 получен), то на указанном в настройках порту(P9), контроллер MegaD-2561 включает светозвуковой извещатель угарного газа и отправляет SMS хозяину, с помощью скрипта `so-alarm.php` (см. рисунок 1.5), т. е выполняет указания сервера.

Если сервер не ответил на запрос (ответ 4 не получен), то контроллер MegaD-2561 самостоятельно включит светозвуковой извещатель на указанном в настройках по умолчанию порту (P9), которые задал пользователь при настройке контроллера. СМС сообщение в данном случае не отправляется.

Сценарий 2. Опрос датчика угарного газа MQ-7 по заданному расписанию (работа по Cron)

На рисунке 1.7 показан алгоритм работы подсистемы определения концентрации угарного газа(CO) по расписанию (опрос датчика MQ-7 по Cron с заданным интервалом).

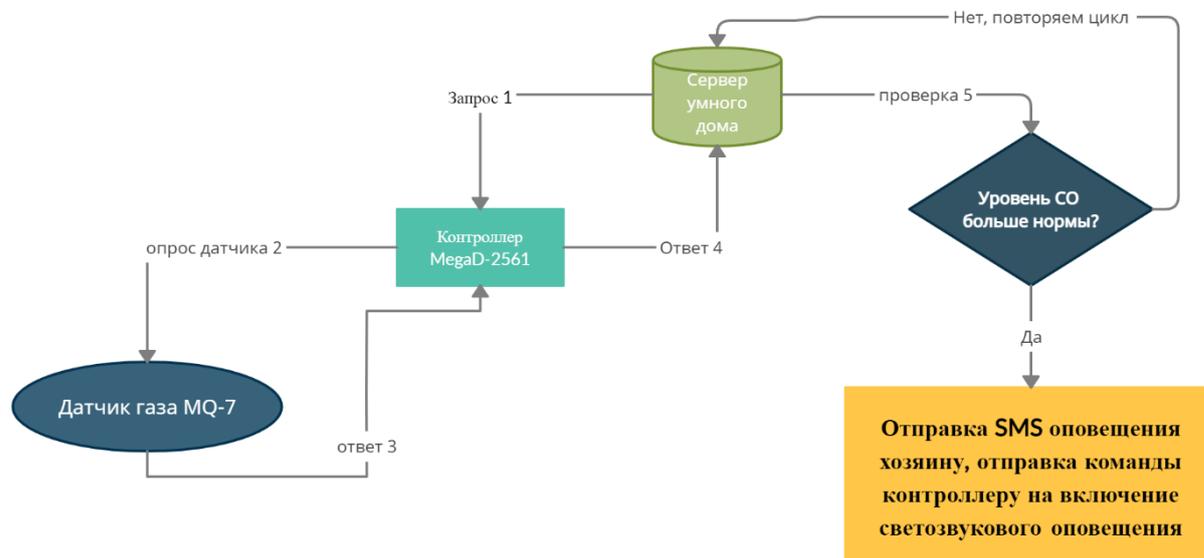


Рисунок 1.7 – Опрос датчика угарного газа MQ-7 сервером по расписанию (работа по Cron)

На сервере умного дома установлен планировщик задач – Cron, который по указанному расписанию (интервал 1 минута), запускает скрипт проверки уровня концентрации угарного газа `co-alarm.php`. Исходный код скрипта приведен на рисунке 1.5.

Скрипт `co-alarm.php` выполняет GET-запрос к контроллеру MegaD-2561(запрос 1) для опроса датчика угарного газа MQ-7. Пример запроса приведен на рисунке 1.5, строка 143.

Контроллер в свою очередь проверяет уровень концентрации угарного газа (опрос датчика 2 и ответ 3), а затем возвращает состояние серверу умного дома (ответ 4). Считывания показаний происходят 20 раз, для того, чтобы получить максимально точное значение.

Затем, скрипт `co-alarm.php` сравнивает полученное значение с допустимым уровнем угарного газа (117ед АЦП), см. рисунок 1.5, строка 149. Если уровень угарного газа превысил или равен максимально допустимому значению, то выполняется отправка СМС хозяину об опасности и включается светозвуковой извещатель угарного газа на порту(P9), если он еще не включен, см. рисунок 1.5, строка 148. При работе системы по расписанию, мониторинг концентрации угарного газа(CO) производится постоянно, без остановки, с заданным интервалом.

9. Заключение

В данной статье была предложена и разработана система автоматического обнаружения угарного газа с системой оповещения и контроля, которая имеет простую реализацию, а также адаптируемость к известным системам «умный дом», благодаря поддержке протокола HTTP.

Расчеты выходного напряжения датчика проводились в идеальных условиях. Основная цель статьи – поднять проблему утечки угарного газа, ее опасности для жизни человека, а также предложить, одно из решений данной проблемы. При реальном использовании системы, необходимо произвести расчеты с соответствующими поправками выходного тока при первом подключении, если показания не будут совпадать с расчетными. Также необходимо учитывать множество факторов, помех и применить соответствующие корректировки.

Библиографический список

1. Компания Winsen URL: <https://www.winsen-sensor.com/>
2. Компания ООО "АБ-ЛОГ" URL: <https://ab-log.ru/>
3. Сайт Raspberry Pi URL: <https://www.raspberrypi.org/>
4. ТУ-ГАЗ-86 "Требования к установке датчиков сигнализаторов и газоанализаторов"
5. Кадырова Л. Ш. Умный дом: идеология или технология // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. №. 5 (12). С. 86-87.
6. Герасимова А. И. Проектирование системы «Умный Дом» //Проблемы современной науки и образования. 2015. №. 2 (32). С. 35-37.