

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Проектирование медицинских
микропроцессорных устройств и
интеллектуальных приборов**

**Методическое пособие по курсовому
проектированию**

Казань 2025

ВВЕДЕНИЕ

Данное методическое пособие подготовлено для выполнения курсовых проектов на основе микроконтроллеров Arduino. В данном пособии приведены основные этапы разработки медицинских микропроцессорных устройств и интеллектуальных приборов

В качестве примера разобрана информационно-управляющая система на основе полупроводникового датчика MQ-2, которая выполняет измерение концентрации углекислого газа в воздухе, и осуществляет управление вентиляцией.

Основные этапы разработки медицинских микропроцессорных систем на основе микроконтроллеров Arduino:

- Определение функций разрабатываемой системы
- Функциональная структура разрабатываемой системы
- Определение перечня используемых элементов
- Принципиальная структура разрабатываемого системы
- Программное обеспечение разрабатываемой системы
- Конструкция и внешний вид системы

В данном пособии подробно описывается процесс создания системы, которую студенты могут использовать в качестве примера, при разработке своих собственных медицинских микропроцессорных систем.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

Перед началом разработки микропроцессорной системы необходимо определить какие функции она должна будет выполнять в процессе своего функционирования. Также важно разделить функции на основные и дополнительные.

Для информационно-управляющей системы на основе микроконтроллера и датчика углекислого газа основными функциями будут:

- определение концентрации углекислого газа в воздухе;
- при наличии повышенной концентрации, включение вентиляции

Дополнительными будут:

- световая и звуковая индикации концентрации;
- вывод показаний на дисплей;
- отключение вышеперечисленных функций.

2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

После определения основных и дополнительных функций разрабатываемой системы, необходимо составить функциональную структуру системы, в которой будут указаны выполняющие данные функции элементы.

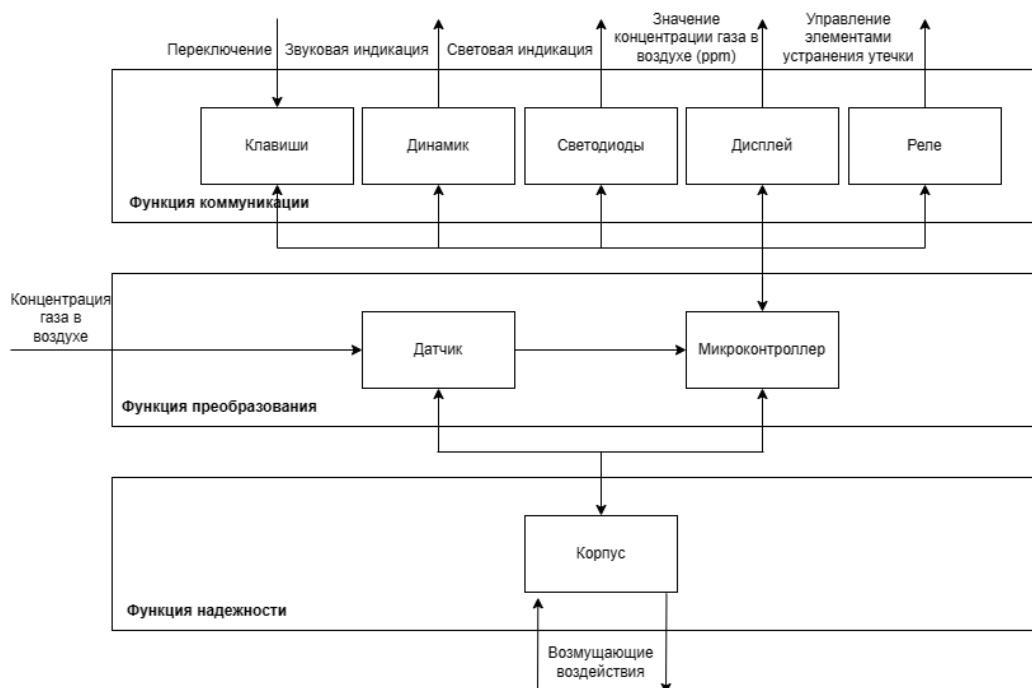


Рис. 3. Функциональная структура разрабатываемой системы.

Определенные выше функции можно условно разделить на:

- функции преобразования (обеспечивают измерение, обработку данных, управление остальными устройствами)
- функции коммуникации (которые обеспечивают коммуникацию с человеком, с остальными устройствами)
- функции надежности (также можно выделить функции надежности, которые в данной системе будет выполнять корпус)

Уже в процессе составления функциональной структуры, можно предварительно определить перечень необходимых для разработки элементов. В данном примере:

- датчик газа;
- микроконтроллер;
- реле;
- дисплей;
- светодиоды;
- динамик;
- клавиши.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

На основании перечня, определенного в предыдущем пункте, необходимо более конкретно определить перечень используемых элементов.

Для проведения сравнительного анализа было отобрано по одному датчику каждого принципа работы: датчик *MQ-2* полупроводникового принципа работы, датчик *MC-101* [4, С.3] каталитического принципа работы и датчик *MH-440D* [5, С.3] инфракрасного принципа работы.

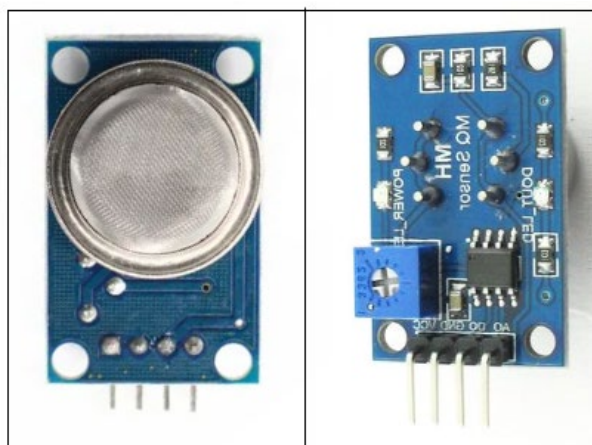


Рис. 4. Датчики бытового газа: *MQ-2*, *MC-101*, *MH-440D*

Параметры	Полупроводниковый датчик <i>MQ-2</i>	Каталитический датчик <i>MC-101</i>	Инфракрасный датчик <i>MH-440D</i>
Пределы измерений	0-10000 ppm	0-44000 ppm	0-50000 ppm
Время на подготовку к работе	30 с	30 с	-
Напряжение питания	5 В±0.1	3 В±0.1	3,6-5 В
Рабочий ток	190 мА±10	110 мА±10	85 мА
Условия эксплуатации. Температура и влажность	-20-50 °С, До 95%	-40-70 °С, До 95%	-20-60 °С, До 95 %
Стоимость	70 р	140 р	10 000 р

Таблица 1 - Сравнение параметров датчиков различных принципов работы.

По информации из технической документации на рассматриваемые датчика была составлена сравнительная таблица технических характеристик. Анализируя параметры, было принято решение использовать для создания системы датчик, полупроводникового принципа работы, *MQ-2*. Основным критерием выбора являлась стоимость. Датчик *MQ-2* является самым дешевым и доступным решением, он имеет наименьший температурный диапазон работы, наибольшее потребление тока. Диапазон измеряемых концентраций позволяет обнаружить утечку газа, т.е. превышение порогового значения 3% НКПР (1320 ppm). Датчики полупроводникового типа, подобные выбранному, применяются в большинстве бытовых приборах контроля концентрации углекислого газа.

Рис. 5. Модуль датчика *MQ-2*, вид спереди и сзади.

Вместо просто датчика, можно приобрести модуль, который упрощает подключение датчика к микроконтроллеру. Модуль представляет собой плату, на которой расположен датчик, и другие элементы необходимые для его подключения: резисторы, конденсаторы, светодиоды. Модуль имеет 4 вывода:

- для подключения питания 5V и GND
- аналоговый, на котором напряжение, снимаемое с датчика
- цифровой, который выдает сигнал, если обнаружена напряжение на аналоговом выводе, превышает пороговое, которое устанавливается переменным резистором.

Описание работы датчика MQ-2

Датчик MQ-2 имеет защитную сетку из нержавеющей стали, которая гарантирует, что нагревательный элемент внутри датчика не вызовет взрыва, когда датчик работает и измеряет концентрацию газа. Данная сетка также обеспечивает защиту от взвешенные частицы и отфильтровывает их, внутрь камеры, где расположен чувствительный элемент могут проходить только частицы газа. Сетка закреплена на остальной части корпуса зажимным кольцом.

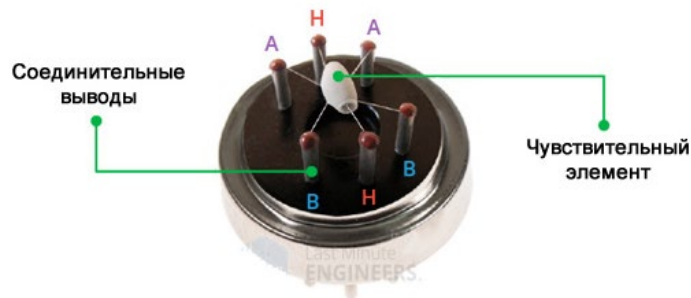


Рис. 6. внутренняя часть датчика MQ-2.

При удалении защитной сетки можно увидеть, как расположены подключен чувствительный элемент. Датчик имеет 6 выводов. 2 вывода, обозначенных буквой H, отвечают за нагрев чувствительного элемента и соединены через катушку из никель-хромовой проволоки. Остальные четыре вывода, обозначенные буквами A и B, отвечают за выходные сигналы, подключены с использованием платиновых проводов. Эти провода соединены с корпусом чувствительного элемента и передают изменения тока, который проходит через чувствительный элемент.

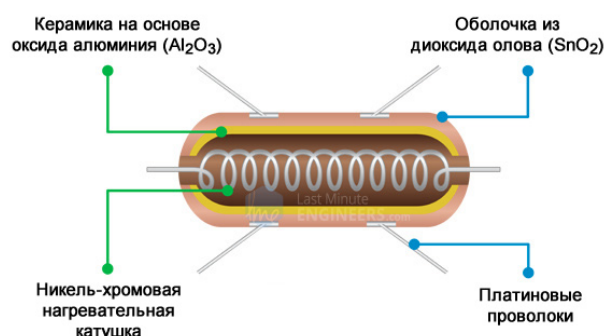


Рис. 7. внутренняя структура чувствительного элемента датчика MQ-2.

Трубчатый чувствительный элемент изготовлен из керамики на основе **оксида алюминия** (Al_2O_3) и покрыт **диоксидом олова** (SnO_2). Керамическая подложка увеличивает эффективность нагрева и обеспечивает постоянное нагревание площади чувствительного материала датчика до рабочей температуры. Никель-хромовая катушка и керамика на основе оксида алюминия образуют **систему подогрева**, а платиновые проволоки и покрытие из диоксида олова образуют **сенсорную систему**.

При нагреве чувствительного элемента из диоксида олова, на его поверхности адсорбируется кислород. В чистом воздухе донорные электроны диоксида олова притягиваются к кислороду, который адсорбируется на поверхности чувствительного материала. Это предотвращает протекание электрического тока. При высокой концентрации газа, поверхностная плотность адсорбированного кислорода уменьшается, так как он реагирует с газом, поэтому электроны высвобождаются в диоксид олова, что позволяет току свободно течь через чувствительный элемент. То есть чем выше концентрация метана в воздухе, тем меньше сопротивление чувствительного элемента, и тем проще электрическому току протекать по нему.

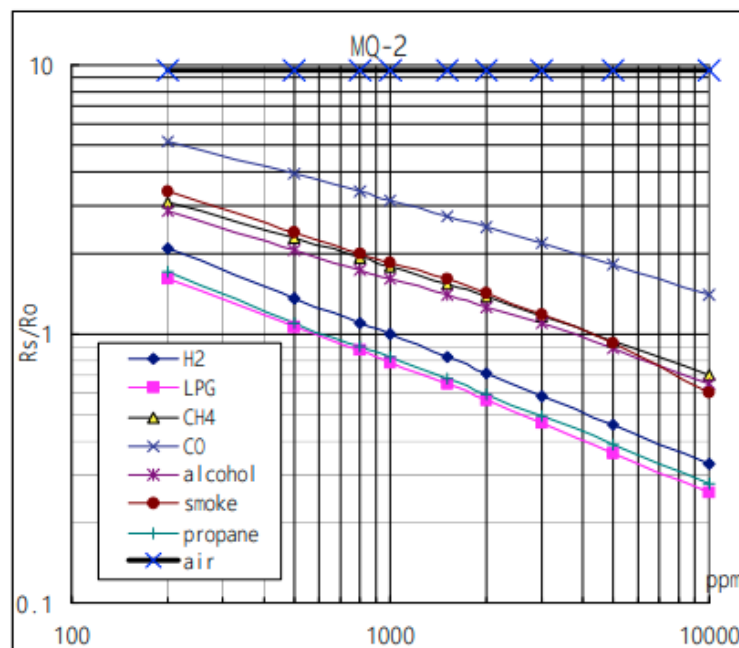


Рис. 8. График чувствительности датчика MQ-2 к различным газам.

По оси X отложены концентрации газа в воздухе в ppm. По оси Y отложено отношение R_s/R_o , где R_s - сопротивление датчика при различной

концентрации других газов, а R_0 – сопротивление датчика при концентрации 1000 ppm водорода. Создатели датчика при составлении технической документации [6, С.5] обозначили значение сопротивления датчика при 1000 ppm водорода как базовое значение, и построили графики для других газов относительно его. Как видно из графика при увеличении концентрации газов в воздухе, сопротивление чувствительного элемента уменьшается, а в чистом воздухе оно максимально. Данные приведены для нормальных условий: температура 20 °С, влажность воздуха 65%, концентрация кислорода в воздухе 21%.

Автоматическая запорная арматура

Для того чтобы устранить обнаруженную утечку бытового газа в составе разрабатываемой системы должна быть запорная арматура, управляемая прибором контроля утечки. На данный момент в качестве автоматической запорной арматуры используются:

- Шаровой кран с электроприводом

В их конструкции присутствует регулирующий элемент сферической формы, по оси которого расположено сквозное отверстие, через которое проходит рабочая среда, в нашем случае бытовой газ. Данный тип запорной арматуры делится на два типа, в зависимости от расположения электропривода: с электроприводом шарового крана и манипулятор шарового крана.

В первом случае электропривод непосредственно соединен с регулирующим элементом, во втором электропривод перемещает ручку шарового крана. Первый представляет собой неразборный элемент, который необходимо будет установить в систему газопровода, а второй можно установить на уже существующий шаровой кран, без проведения операций с газопроводом, обычно он закрепляется на газовой трубе с помощью крепежных хомутов.

В целом оба типа отличаются следующими свойствами: они требуют времени для перекрытия трубы (обычно более 5 секунд), открытие и закрытие трубы регулируется изменением полярности, подаваемого на электропривод, напряжения. Монтаж второго типа гораздо проще первого. Кроме того, арматура

первого типа не всегда имеет возможность ручного открытия/закрытия, тогда как второй тип можно открывать и закрывать в ручном режиме просто перемещая ручку шарового крана.

- Электромагнитные клапаны

Данные приспособления еще именуют соленоидными. В их конструкции находятся электромагнитные катушки, которые управляют элементами, перекрывающими газовую трубу. На электромагнитную катушку подается необходимое напряжение сети. Данные клапаны могут быть нормально открытыми и нормально закрытыми.

Первые останавливают подачу газа только после подачи сигнала от прибора контроля утечки в системе, т.е. позволяют оборудованию работать пока нет напряжения питания на катушке. Обесточенное состояние продлевает срок их службы. Но из-за отсутствия напряжения такой прибор не перекроет газ при отключении электроэнергии, что небезопасно.

Вторые обеспечивают подачу газа по трубе, пока на их электромагнитной катушке есть напряжение, и перекрывают трубу при отключении электроэнергии. Недостаток данного типа – необходимость постоянной подачи напряжения на электромагнитную катушку, из-за чего происходит и ее нагрев.

После того как клапан перекрывает газовую трубу, он остается в таком положении. Вернуть изначальное положение клапана после срабатывания можно как вручную, так и автоматически. Для бытового использования, в квартире или доме, на газовую трубу устанавливаются преимущественно клапаны первого типа, так как они проще и дешевле, автоматических.

Данный тип запорной арматуры отличается более простой конструкцией в отличие от кранов с электроприводом, процесс перекрытия трубы происходит гораздо быстрее (менее 1 секунды). Для осуществления перекрытия нужно подать лишь короткий импульс напряжения. Однако монтаж данного вида запорной арматуры такой же сложный, как и у шарового крана с электроприводом. В зависимости от конкретной модели у данного типа запорной арматуры может быть предусмотрена возможность ручного открытия и закрытия.

Для проведения сравнительного анализа было отобрано по одному виду запорной арматуры каждого вида: шаровой кран с электроприводом *ALFA* [7, С.1], манипулятор шарового крана *Electric Valve Arm* [8, С.1] и электромагнитный клапан *GV-80* [9, С.2].



Рис. 9. Шаровой кран с электроприводом *ALFA*, манипулятор шарового крана *Electric Valve Arm* и электромагнитный клапан *GV-80*.

Параметр	Шаровой кран с электроприводом <i>ALFA</i>	Манипулятор шарового крана <i>Electric Valve Arm</i>	Электромагнитный клапан <i>GV-80</i>
Напряжение питания	9-12 В	6-18 В	9-12 В
Время: закрытия	5-8 с	5-10 с	< 1 с
открытия			-
Возможность ручного: закрытия/открытия	-	+	+
Максимальное давление газа	1000 кПа	106 кПа	10 кПа
Стоимость	1890 р	2380 р	1800 р.

Таблица 2 - Сравнение параметров автоматической запорной арматуры различных принципов работы.

По информации из их технических документаций была составлена таблица их параметров. Проанализировав сравнительную таблицу были сделаны следующие выводы: первый вариант был исключен на основании того, что он не имеет возможность ручного открытия/закрытия, а также то, что значение максимального давления 1000 кПа избыточно для бытового использования, так как значение давления газа в бытовых системах составляет до 3 кПа [10, С.9]. Среди двух оставшихся вариантов предпочтение было отдано электромагнитному клапану *GV-80*, так как он имеет более низкую стоимость, более быстрое время закрытия клапана. Однако стоит отметить, что выбранная модель имеет более сложный монтаж в систему газоснабжения.

Вентиляция

В помещениях с газоиспользующим оборудованием необходимо создать необходимую норму воздухообмена, так для помещения кухни с газовой плитой норма воздухообмена составляет $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ [11, С.34]. Если вентиляция в помещении исправна, вентиляционный канал не закрыт, то при утечке газа, он не будет скапливаться в помещении. При утечке бытового газа, при неисправной или неправильно спроектированной системе вентиляции, газ начнет скапливаться в помещении. Концентрация газа будет увеличиваться и достигнет опасных значений. Чтобы не допустить появления таких ситуаций, а также ускорить процесс вывода из помещения скопившегося газа, в разрабатываемый прибор добавлена функция управления для системы аварийной вентиляции, которая будет включаться при обнаружении утечки. Так как помещения, в которых будет устанавливаться наша система могут быть разными по объему и прочим параметрам, то и системы вентиляции будут отличаться по своим параметрам, т.е. невозможно дать готовое решение по этому вопросу. Питание вентиляции будет отдельным от прибора, но он будет управлять подачей питания к системе вентиляции. Данная функция прибора будет реализована с помощью реле. Выбор данного решения увеличивает универсальность разрабатываемого прибора, позволит использовать его для управления различными системами вентиляции.

Реле

Реле представляет собой автоматический выключатель, который соединяет или разъединяет электрические цепи при достижении установленных значений или под внешним воздействием. В разрабатываемом приборе реле необходимо для управления подачей энергии на автоматическую запорную арматуру и систему вентиляции. Самыми распространенными типами реле являются: электромагнитные и твердотельные.

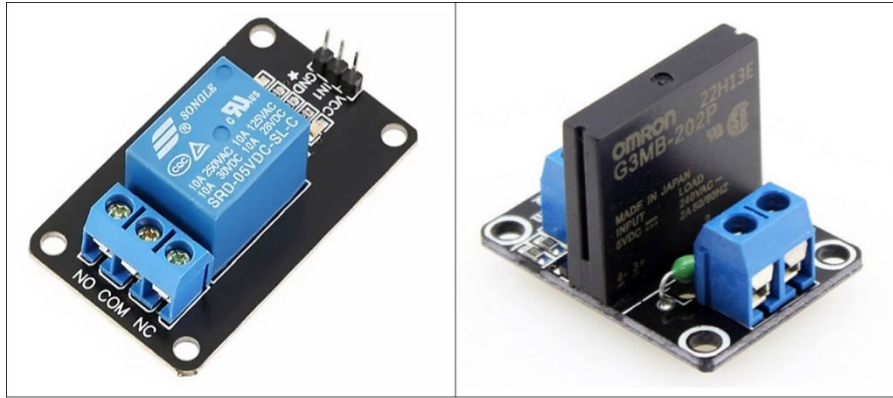


Рис. 10. Модули электромагнитного и твердотельного реле.

Устройство электромагнитного реле представляет собой катушку, которая выполняет функции магнита. Основой выступает материал, который не имеет магнитных свойств. На него наматывают медный провод, имеющий изоляцию. Реле работает следующим образом:

- На катушку подается ток, и она становится электромагнитом
- В сердечнике под воздействием электрического тока создается магнитное поле, притягивающее контактную группу.
- В зависимости от типа реле, контакты замыкают или размыкают электрическую цепь.

В твердотельном реле для управления электрической цепью используются полупроводниковые элементы. В него встроено два главных элемента: - оптическая пара, состоящая из светодиода и фотодиода

- транзистор или симистор

При подаче на оптическую пару сигнала управления, светодиод загорается, этот свет поглощается фотодиодом, который, в свою очередь, открывает электронный ключ, через который течёт основной ток.

Для использования в разрабатываемом устройстве было решено использовать реле электромагнитного типа. Твердотельные реле рассчитаны на большое количество срабатываний, отсутствие механических контактов делает это реле более долговечным. Реле данного типа используется для регулярных срабатываний. Тогда как в разрабатываемом устройстве реле не будет регулярно срабатывать, так как утечки газа - это не частое явление. Реле электромагнитного типа имеет более долгое время срабатывания чем у твердотельного, потребляет больше электрического тока, но не греется в процессе работы, а также имеет

более низкую стоимость. Цены на модули таких реле начинаются от 50 рублей, когда как твердотельных стоят от 100 рублей. Модуль реле представляет собой плату, на которой расположено само реле, выводы для подключения питания и управляющего сигнала, а также клеммы для подключения тех проводов, которыми необходимо управлять. По данным из технической документации была составлена таблица технических параметров выбранного для использования реле [SRD-05VDC-SL-C](#) [12, С.1].

Управляющее напряжение	5 В, постоянное
Управляющий ток	70 мА
Управляемое напряжение/ток максимальное: Постоянное	30 В, 10 А
Переменное	250 В, 10 А
Время срабатывания	8 мс
Подключение управляемых проводов	клеммное
Размеры	47x19x17 мм

Таблица 3 – Параметры используемого реле.

Как видно из параметров данное реле может управлять цепями как постоянного, так и переменного напряжения, различных величин. Автоматическая запорная арматура требует питание 9 В постоянного напряжения, питания системы вентиляции, требования которой могут быть различными, реле также может обеспечить.

Средства индикации

Разрабатываемый прибор должен иметь следующие средства индикации:

- Дисплей. Он необходим для вывода числового значения концентрации бытового газа, в случае если газ не обнаружен, он будет выводить соответствующую надпись. Для использования в разрабатываемом приборе был выбран дисплей *LCD1602* [13, С.1]. Для подключения дисплея к микроконтроллеру будем использовать *I2C* адаптер [14, С.1]. Он позволяет использовать для управления дисплеем протокол *I2C*. Он снижает количество необходимых для подключения проводов с 16 до 4, адаптер припаивается к выводам дисплея. Стоимость готовых сборок дисплея и адаптера начинается от 180 рублей. Максимально потребляемый ток сборки дисплея и адаптера 132,5 мА.

- Светодиоды. Необходимы для световой индикации. Разрабатываемый прибор будет иметь три светодиода. Зеленый будет являться индикатором того, что прибор включен. Желтый будет сигнализировать о том, что идет подготовка прибора к работе, будет гореть 30 секунд, в течении которых датчик разогревается до рабочей температуры. Красный будет включаться в том случае, если концентрация газа превысила пороговое значение. Светодиоды будут питаться от напряжения 5 В, данное напряжение является стандартным напряжением цифровых выводов микроконтроллера.

- Динамик. Необходим для осуществления звуковой сигнализации, когда концентрация газа превысила установленное значение. Для использования в разрабатываемом приборе был выбран пьезоэлектрический динамик, среди его достоинств: малый размер, дешевизна, простота подключения. Выбранный пьезоэлектрический динамик питается от напряжения 5 В. Стоимость пьезоэлектрического динамика 10 рублей.



Рис. 11. Дисплей *LCD1602* и *I2C* адаптер, светодиоды, пьезоэлектрический динамик.

. Органы управления

Они необходимы для управления двумя функциями разрабатываемого прибора: отключения/включения звуковой сигнализации и дисплея. В качестве органов управления будут использоваться двухпозиционные переключатели либо кнопки. В разрабатываемом приборе было решено использовать двухпозиционные переключатели по следующей причине. В случае использования функции отключения звуковой сигнализации, при использовании кнопки, пользователь отключит сигнализацию, забыть про это, и спустя время он не будет знать в каком режиме работает прибор. Тогда как использование двухпозиционного переключателя, в совокупности с соответствующими

отметками вкл/выкл на корпусе прибора, будет всегда предоставлять пользователю информации о том в каком режиме работает прибор. Стоимость выбранного двухпозиционного переключателя составляет 33 рубля.

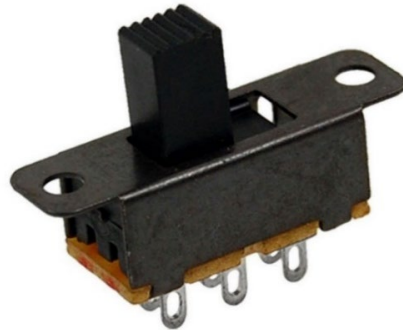


Рис. 12. Двухпозиционный ползунковый переключатель.

Резисторы

Резисторы в разрабатываемом приборе необходимы для следующих функций:

- Токоограничивающие резисторы для подключения светодиодов. При напряжении питания светодиодов 5 В, стандартным значением сопротивления резистора является 220 Ом.

- Для подключения переключателей, для исключения «дребезга контактов». Явление это представляет собой процесс многократного неконтролируемого замыкания и размыкания контактов в моменты переключения любого механического переключателя. Данное явление может привести к неправильной работе устройства. Чтобы устранить данную проблему необходимо совершить “подтяжку” контакта переключателя к земле через резистор. Стандартным значением сопротивления резисторов необходимых для данной цели при напряжении на переключателе 5 В является 10 КОм.

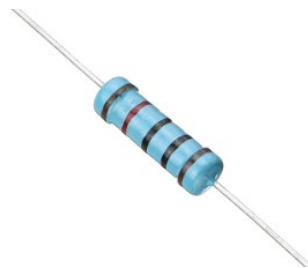


Рис. 13. Резистор.

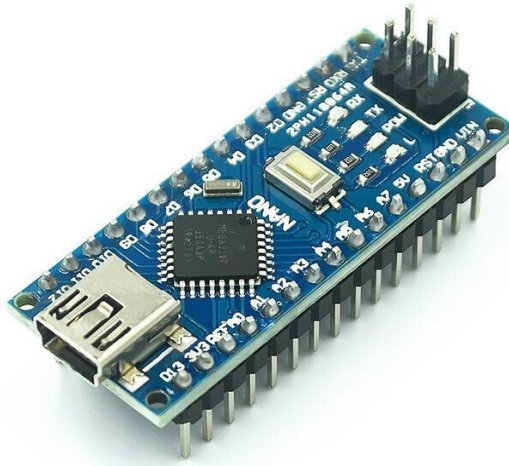
Микроконтроллер

Микроконтроллер необходим для управления другими частями электронной системы. Микроконтроллер состоит из следующих основных узлов:

микропроцессора, блоков памяти, периферийных устройств. Микропроцессор выполняет арифметические операции, управляет потоком данных и генерирует управляющие сигналы в соответствии с алгоритмом, созданным программистом. Энергонезависимая память – это разновидность запоминающих устройств, которые способны хранить данные при отсутствии электрического питания. Энергонезависимая память используется для хранения программы микроконтроллера, то есть списка инструкций, которые точно указывают микропроцессору какие операции производить. Энергозависимая память, требует постоянного использования электропитания для хранения, информации, которая на неё записана. Энергозависимая память используется для временного хранения данных в процессе выполнения программы. Эти данные теряются, когда микроконтроллер теряет питание. Периферийные устройства необходимы для того, чтобы микроконтроллер мог взаимодействовать с внешней средой. Периферийные устройства - это аппаратные узлы микроконтроллера, через которые процессор управляет внешними устройствами, подключенными к микроконтроллеру. К периферийным устройствам относятся: порты ввода-вывода, АЦП, ЦАП, ШИМ-генераторы, различные интерфейсные контроллеры и т.п.

Микроконтроллер, который будет использоваться в разрабатываемом устройстве должен иметь: порт 5 В для питания датчика и остальных элементов прибора, аналоговый порт с АЦП для снятия данных с датчика, цифровые порты для работы с (переключателями, реле, светодиодами, пьезоэлектрическим динамиком), порты для подключения дисплея по шине *I2C*.

Для использования в разрабатываемом устройстве был выбран микроконтроллер *Arduino Nano* [15, С.1].

Рис. 14. Микроконтроллер *Arduino Nano*.

Процессор	<i>ATmega328</i>
Тактовая частота	16 МГц
Оперативная память	2 Кб
Flash-память	32 Кб
EEPROM-память	1 Кб
Количество аналоговых портов	8
Количество цифровых портов	14
Максимальный ток порта	40 мА
Порты <i>I2C</i>	A4 и A5
Напряжение питания	7-12 В (порт V_{IN})
Потребляемый ток	19 мА
Размеры	45x12x18 мм

Таблица – Параметры микроконтроллера *Arduino Nano*.

Выбранный микроконтроллер имеет возможность обеспечивать необходимое напряжение для питания выбранного датчика и остальных элементов. Микроконтроллер имеет необходимое количество цифровых и аналоговых выводов, для подключения остальных элементов системы, аналоговые порты A4 и A5 используются для подключения устройств по шине *I2C*. У микроконтроллерной платы *Arduino Nano*, есть вывод V_{IN} , через который можно подать постоянное напряжение от 7 до 12 В для обеспечения питания разрабатываемого устройства. Микроконтроллер имеет 32 Кб Flash-памяти, в которой хранится программа, алгоритм работы микроконтроллера, 2 Кб оперативной памяти, которая используется для временного хранения данных в процессе выполнения программы. Использование данного микроконтроллера, позволит реализовать все необходимые функции разрабатываемого прибора контроля утечки бытового газа.

Для простой установки микроконтроллера в корпусе и подключения к нему остальных элементов будет использоваться макетная плата, ее стоимость 50 рублей.

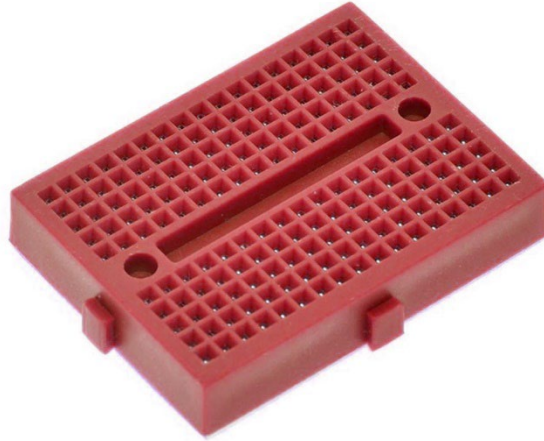


Рис. 15. Макетная плата.

Блок питания

Для обеспечения питания разрабатываемой системы необходим блок питания, который бы преобразовывал напряжения переменного тока сети 220 В, в требуемые для нашей системы 5 В постоянного тока. Напряжение 5 В минимальное значение необходимое для питания используемых элементов: датчика, микроконтроллера, реле и т.д. Решить данную задачу возможно несколькими способами:

- Расположить внутри корпуса прибора блок питания, подключать прибор к сети вилкой с проводом. Подсоединение провода к прибору может быть реализовано как разъемным, так и не разъемным.

- Использовать отдельный блок питания, который будет подключаться к сети, а подключение к прибору будет разъемным.

Из этих вариантов решения данной задачи был выбран второй. Он был выбран по следующим причинам:

- Уменьшение размеров прибора, так как блок питания не находится внутри корпуса.

- В случае повреждений кабеля питания, либо самого блока питания, его будет просто заменить на аналогичный, т.е. данный вариант обеспечивает простоту обслуживания и ремонта прибора.

Комплекующие прибора	Количество	Потребляемый ток, мА	Итого
Датчик	1	190	190
Микроконтроллер	1	19	19
Светодиод	3	20	60
Пьезодинамик	1	5	5
Дисплей с адаптером	1	132,5	132,5
Реле	2	70	140
Итого			546

Таблица – Расчет потребления тока прибора.

Используемый блок питания должен иметь выходное напряжение 5 В и выходной ток, такой же или более чем потребляемый прибором.



Рис. 16. Блок питания.

Для питания прибора был выбрано блок питания с выходным питанием 5 В, с максимальным выходным током 1 А. Данный блок подключается к сети переменного тока 220 В и преобразует их в 5 В постоянного. Блок питания имеет штекер 5,5x2,5 мм и вставляется в закрепленный в корпусе прибора разъем. К выводам разъема подключены другие микроконтроллер и другие элементы прибора, часть из них питается от микроконтроллера.



Рис. 17. Разъем для подключения блока питания.

Стоимость блока питания 300 рублей, разъема – 50 рублей.

Таким образом, видно, что, переходя от предварительного определенного перечня элементов, к более конкретному, будут появляться дополнительные элементы, которые будут необходимы для разработки системы:

Итоговые перечень элементов

Элемент	Количество, шт.
Датчик <i>MQ-2</i>	1
Микроконтроллер <i>Arduino Nano</i>	1
Макетная плата	1
Дисплей <i>LCD 1602</i>	1
<i>I2c</i> адаптер	1
Светодиод	3
Пьезодинамик	1
Переключатель	2
Резистор 220 Ом	3
Резистор 10 кОм	2
Реле	2
Блок питания	1
Разъем БП	1
Соединительные провода	23
Итого	43

4. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

Обобщенная функциональная структура системы и перечень используемых элементов, которые были определены в предыдущем разделе, позволяют построить принципиальную структуру разрабатываемой системы контроля и защиты от утечек бытового газа.

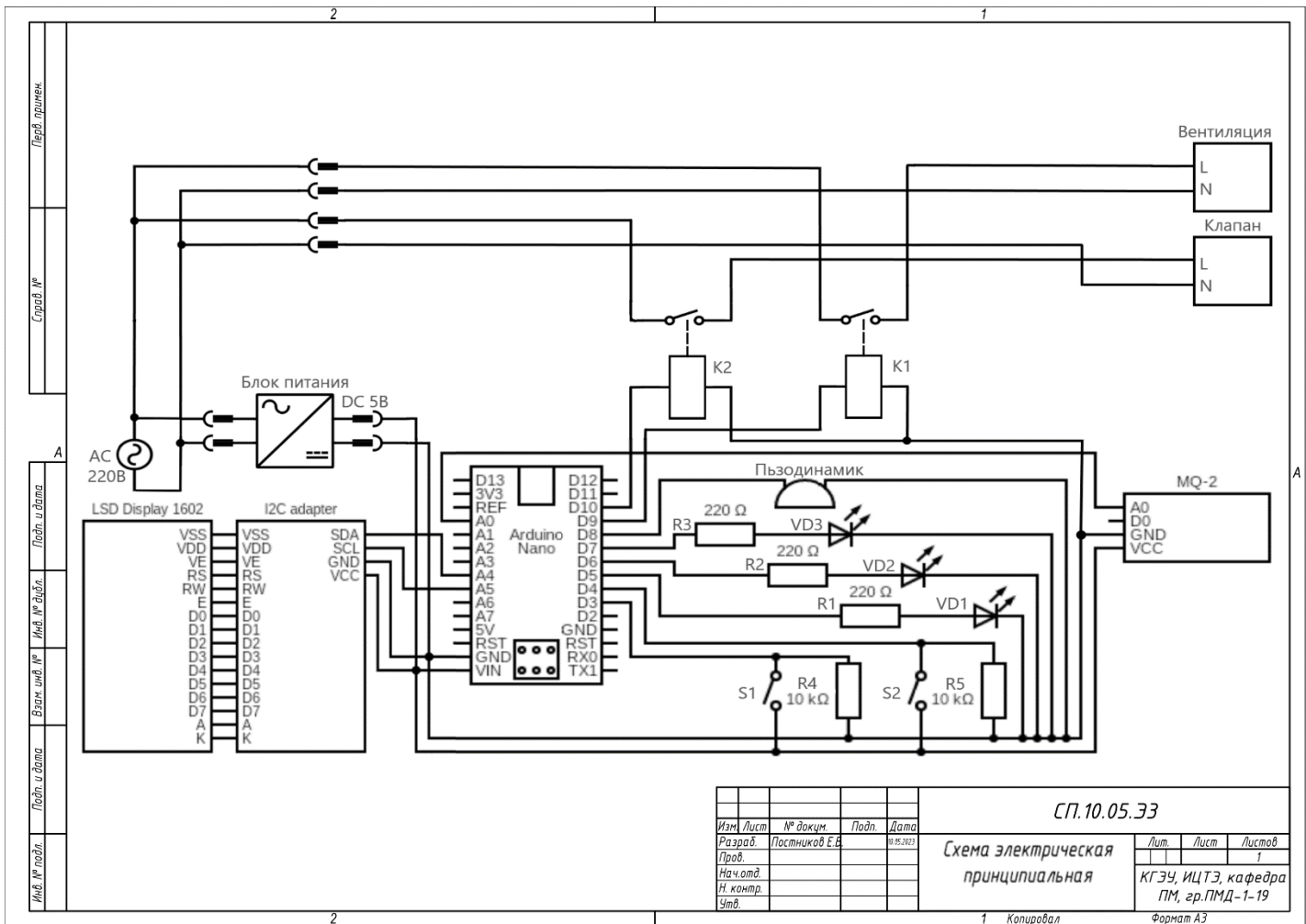


Рис. 18. Принципиальная структура разрабатываемой системы.

Пояснение к принципиальной схеме.

Питание подается от сети 220 В через блок питания, который состоит из понижающего трансформатора, схемы выпрямителя, и фильтров, которые сглаживают пульсации. Блок питания преобразует переменное напряжение сети 220 В в постоянное напряжение 5 В, которое достаточно для обеспечения питания всех элементов нашей системы. Блок питания подключается вилкой в розетку, провод от блока питания подключается в разъем, который установлен в корпусе прибора.

Провод с питанием от разъема подключается к выводам Vin и GND микроконтроллера Arduino Nano, к выводам питания датчика MQ-2, электромагнитным реле и I2C адаптеру дисплея. Остальные элементы прибора питаются от микроконтроллера. Вывод Vin представляет собой вход стабилизатора напряжения, который преобразовывает подаваемое на него напряжение в необходимое для питания платы напряжение 5 В. Подать на вывод

Vin можно постоянное напряжение величиной не более 9 В. Вывод *GND* – земля.

Датчик *MQ-2* подключен к аналоговому выводу микроконтроллера *A0*. Аналоговый вывод получает с датчика напряжение, которое отражает концентрацию бытового газа в воздухе. Аналогово-цифровой преобразователь микроконтроллера преобразует это напряжение в числовое значение концентрации в ppm.

Дисплей *LCD 1602* припаян своими выводами к выводам адаптера *I2C*. Адаптер уменьшает количество необходимых для подключения дисплея проводов, позволяя подключить дисплей по интерфейсу *I2C*. Адаптер *I2C* подключен к аналоговым портам *A4* и *A5*. Данные аналоговые вывод используются для подключения к микроконтроллеру устройств по интерфейсу *I2C*, вывод *A4* – это линия данных (*SDA*), вывод *A5* линия тактирования (*SCL*).

Цифровые выводы *D3* и *D4* подключены к линии питания через переключатели *S1* и *S2*, а также параллельно к земле через резисторы *R4* и *R5*, величиной 10 КОм. Они необходимы для «подтяжки» цифровых выводов к земле, для того чтобы избежать явления дребезга контактов. Если переключатели замкнуты, то на цифровые выводы поступает напряжение 5 В, в противном случае на цифровых выводах напряжение отсутствует. Микроконтроллер считывает наличие или отсутствие напряжения на цифровых выводах и в соответствии с программным кодом осуществляет управление работой прибора. Переключатели отвечают за включение и выключение дисплея, а также выбора режима работы прибора (режима со звуковой сигнализацией или беззвучного режима).

Светодиоды *VD 1*, *VD2*, *VD3* подключены к цифровым портам *D5*, *D6*, *D7*, на которые подается напряжение 5 В, через резисторы *R1*, *R2*, *R3* величиной 220 Ом, которые необходимы для ограничения тока светодиодов, чтобы они не перегорели. Пьезоэлектрический динамик подключен к цифровому порту *D8*, на котором напряжение 5 В.

Цифровые выводы *D9* и *D10* подключены к электромагнитным реле *K1* и

K2, которые будут обеспечивать подачу питания к электромагнитному клапану и системе вентиляции.

Питание электромагнитного клапана и системы вентиляции отдельно от прибора, они подключаются к сети 220 В, фазовые провода подключаются к реле, которое при подаче управляемых сигналов замыкает контакты и подает питание к ним.

5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

Программное обеспечение прибора необходимо для соединения и работы с внешним оборудованием, в том числе с компьютером. ПО позволяет считывать, анализировать и передавать результаты проведенных измерений.

Алгоритм решения задачи производится на языке программирования, для этого используется программа *Arduino IDE*. Далее приведен программный код:

В самом начале программного кода объявляются используемые библиотеки, и выводы микроконтроллера, а также переменные, которые будут задействованы при работе прибора.

```

1 | //Подключение библиотеки для работы с дисплеем
2 | #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3 | #include <Wire.h>
4 | //Объявление портов микроконтроллера
5 | #define MQ2pin (A0) // аналоговый вход, к которому подключен датчик
6 | #define mode_switch (3) // цифровой вход, переключатель режима работы прибора
7 | #define display_switch (4) // выключатель дисплея
8 | #define red_led (5) // красный диод
9 | #define yellow_led (6) // желтый диод
10 | #define green_led (7) // зеленый диод
11 | #define buzzer (8) // пьезоэлектрический динамик
12 | #define valve_relay (9) // пин реле управления клапаном
13 | #define vent_relay (10) // пин реле управления вентиляцией
14 | LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2); // объявляем дисплей
15 | //Объявление переменных
16 | float sensorValue; // код АЦП, соответствующий напряжению датчика
17 | float V; // напряжение снимаемое с датчика
18 | float R; // сопротивление чувствительного элемента
19 | int ppm; // значение концентрации газа
20 | int valve_flag; // переменная, для управления электромагнитным клапаном

```

Рис. 22. Подключение библиотек, объявление портов и переменных.

Далее идет подготовка прибора к работе, в блоке *void setup()* указывается нужный режим работы цифровых выводов (вывода или считывания данных), устанавливаются необходимые значения переменных. В данном блоке

происходит первые действия прибора: включается зеленый светодиод, который является индикатором того, что прибор включен, происходит разогрев датчика до необходимой температуры, который занимает 30 секунд, на протяжении которых горит желтый светодиод, обозначая происходящий процесс разогрева.

```

21         //Подготовка к работе прибора
22 void setup()
23 {
24     pinMode(mode_switch, INPUT);           // кнопка переключения режима работы
25     pinMode(display_switch , INPUT);       // кнопка вкл/выкл дисплея
26     pinMode(red_led, OUTPUT);              // красный светодиод
27     pinMode(yellow_led, OUTPUT);          // желтый
28     pinMode(green_led , OUTPUT);          // зеленый
29     pinMode(buzzer, OUTPUT);               // динамик
30     pinMode(valve_relay , OUTPUT);         // пин управляющий реле электромагнитного клапана
31     pinMode(vent_relay , OUTPUT);         // пин управляющий реле вентиляции
32     digitalWrite(valve_relay, HIGH);       // электромагнитный клапан открыт
33     digitalWrite(vent_relay, HIGH);        // вентиляция не включена
34     valve_flag=0;                          // переменная, для управления электромагнитным клапаном,
35     digitalWrite(green_led, HIGH);        // включаем зеленый диод(индикация того, что прибор включен)
36     digitalWrite(yellow_led, HIGH);
37     delay(5000);                           // дать MQ-2 время для прогрева, желтый диод горит
38     digitalWrite(yellow_led, LOW);
39 }

```

Рис. 23. Подготовка прибора к работе, функция *void setup()*.

После подготовки к работе идет основной алгоритм работы, он описывается в блоке *void loop()*.

```

41 void loop()
42 {
43     lcd.init();                             // инициализация дисплея
44     sensorValue = analogRead(MQ2pin);        // считываем код АЦП, соответствующий напряжению датчика
45     V = sensorValue/1024*5;                  // вычисляем напряжение снимаемое с датчика
46     R = 10000*(5/V-1);                       // вычисляем сопротивление чувствительного элемента
47     ppm = pow((R/232060),(-2.6638));         // вычисляем значение концентрации газа
48     if (ppm>1320)                            // если газ обнаружен
49     {
50         if (valve_flag==0)                    // если клапан не закрыт
51         {
52             digitalWrite(vent_relay, LOW);    // включение вентиляции
53             digitalWrite(valve_relay, LOW);    // подача секундного импульса на клапан, необходимый для закрытия
54             delay (1000);
55             digitalWrite(valve_relay, HIGH);   // клапан закрыт, передача импульса остановлена
56             valve_flag=1;                      // переменная показывает, что клапан закрыт
57         }
58         else{                                  // если клапан закрыт
59             digitalWrite(valve_relay, HIGH);  // не подается импульс для закрытия клапана
60             digitalWrite(vent_relay, LOW);    // вентиляция включена
61         }
62         if (digitalRead(display_switch)==LOW) // елси выключен дисплей
63         {
64             lcd.noBacklight(); |
65             lcd.noDisplay();                  // выключаем подсветку и не выводим текст
66         }
67         else // если дисплей включен
68         {
69             //lcd.init();
70             lcd.backlight();
71             lcd.setCursor(0,0);
72             lcd.clear();
73             lcd.print("Gas detected!!!");
74             lcd.setCursor(0,1);
75             lcd.print(sensorValue);
76             lcd.print(" ");
77             lcd.print("ppm");                // выводим значение концентрации газа
78         }
79         if (digitalRead(mode_switch)==LOW)    // если включен тихий режим работы
80         {
81             digitalWrite(red_led, HIGH);     // красный диод горит
82         }

```

Рис. 24. Процесс работы прибора, функция *void loop()*, часть 1.

```

83     else // если тихий режим не включен
84     {
85         digitalWrite(red_led, HIGH);
86         tone (buzzer, 600);
87         delay(450);
88         digitalWrite(red_led, LOW);
89         noTone (buzzer);
90         delay(50); // красный диод мигает, а динамик подает прерывистый
91 звуковой сигнал
92     }
93 }
94 else // если газ не обнаружен
95 {
96     valve_flag=0; // переменная обнуляется, при повторной утечку на
97 клапан поступит закрывающий импульс
98 digitalWrite(valve_relay, HIGH); // закрытие газовой трубы
99 digitalWrite(vent_relay, HIGH);
100 if(digitalRead(display_switch)==HIGH) // если дисплей включен
101 {
102     lcd.backlight();
103     lcd.setCursor(0,0);
104     lcd.clear();
105     lcd.print("No gas detected"); // выводим надпись, что газ не обнаружен
106     digitalWrite(red_led, LOW); // красный светодиод выключен
107 }
108 else // если дисплей выключен
109 {
110     lcd.noBacklight();
111     lcd.noDisplay();
112     digitalWrite(red_led, LOW); // дисплей и красный светодиод выключены
113 }
114 }
115 delay(500); //задержка до следующего считывания данных с датчика
116 }

```

Рис. 25. Процесс работы прибора, функция *void loop()*, часть 2.

В начале вычисляется значение концентрации бытового газа в воздухе, по алгоритму, который был разработан в предыдущем разделе, далее идет проверка превышает ли концентрация порогового значения 1320 ppm.

Если концентрация превышает данное значение, то подаются управляющие сигналы на реле, которые управляют электромагнитным клапаном и вентиляцией. Чтобы система вентиляции работала до тех пор, пока концентрация газа в помещении не придет в норму, необходимо подавать напряжение на реле управляющее ей такое же количество времени. В случае электромагнитного клапана, для его срабатывания достаточно подать лишь импульс напряжения длительностью не более 1 секунды, поэтому в коде программы управляющий сигнал на реле подается требуемую 1 секунду. В код программы была добавлена переменная *valve_flag*, она необходима для отображения состояния клапана, при старте работы прибора она имеет значение

0. Если переменная имеет значение 0 - значит клапан еще не закрывался, и нужно подать на него импульс и присвоить переменной значение 1. Так концентрация газа будет в помещении уменьшаться постепенно и этот процесс будет занимать некоторое время, чтобы все это время микроконтроллер не подавал на электромагнитный клапан импульсы, проверяется значение переменной, если переменная имеет значение 1, то далее в ходе работы прибора импульсы на клапан подаваться не будут. После закрытия клапана, открыть его может лишь человек. После того как концентрация газа в помещении придет в норму, утечка будет устранена, переменная снова примет значение 0. Далее следует проверка включен ли дисплей, если включен, то на нем отображается значение концентрации газа. После этого идет проверка какой выбран режим работы прибора: со звуком или беззвучный. В первом случае динамик подает прерывистый звуковой сигнал, а красный светодиод мигает. Во втором случае динамик не подает звукового сигнала, а красный светодиод постоянно горит.

Если концентрация газа не превышает порогового значения, то не подается управляющие сигналы на реле управляющие электромагнитным клапаном и вентиляцией. Далее идет проверка включен ли дисплей, при включенном дисплее на нем отображается надпись, что газ не обнаружен.

После проведения всех описанных операций идет полусекундная задержка и алгоритм запускается снова.

Если коротко описать все вышеописанное процесс работы выглядит так:

- после включения прибора включается зеленый диод, являющийся индикатором работы прибора, одновременно с этим идет процесс разогрева датчика до рабочей температуры – 200 °С, который длится 30 секунд, в течении которых желтый диод горит, показывая происходящий процесс подготовки прибора к измерениям.
- после осуществленной подготовки прибора, он начинает осуществлять измерение концентрации газа в воздухе, если включен дисплей на нем либо отображается надпись о отсутствии утечки, либо надпись о том, что утечка есть и значение концентрации газа. В зависимости от выбранного режима работы, если утечка обнаружена осуществляется звуковая и световая сигнализация, либо

только световая. В случае обнаружения утечки подаются управляющие сигналы на реле, которые подают питание на вентиляцию и электромагнитный клапан.

При управлении электромагнитным клапаном достаточно чтобы реле замкнуло провода питания всего на 1 секунду, при этом клапан перекроет газовую трубу и остановит утечку, поэтому при обнаружении повышенной концентрации газа на цифровой вывод D9 будет подаваться короткий импульс.

При управлении системой вентиляции необходимо будет осуществлять подачу питания постоянно, пока вентиляция не удалит из помещения весь газ, который успел там накопиться, после того как он будет удален, подача питания с цифрового вывода микроконтроллера на реле будет остановлена, поэтому на цифровой вывод D10 будет подаваться напряжение до тех пор, пока концентрация газа в помещении не придет в норму.

6. КОНСТРУКЦИЯ И ВНЕШНИЙ ВИД СИСТЕМЫ

Важной составляющей прибора является его корпус, он служит объединяющим элементом, который собирает все остальные элементы воедино и отвечает за их расположение. В данном разделе будет представлен предварительный эскиз корпуса прибора и на его основании создана электронная модель чертеж.

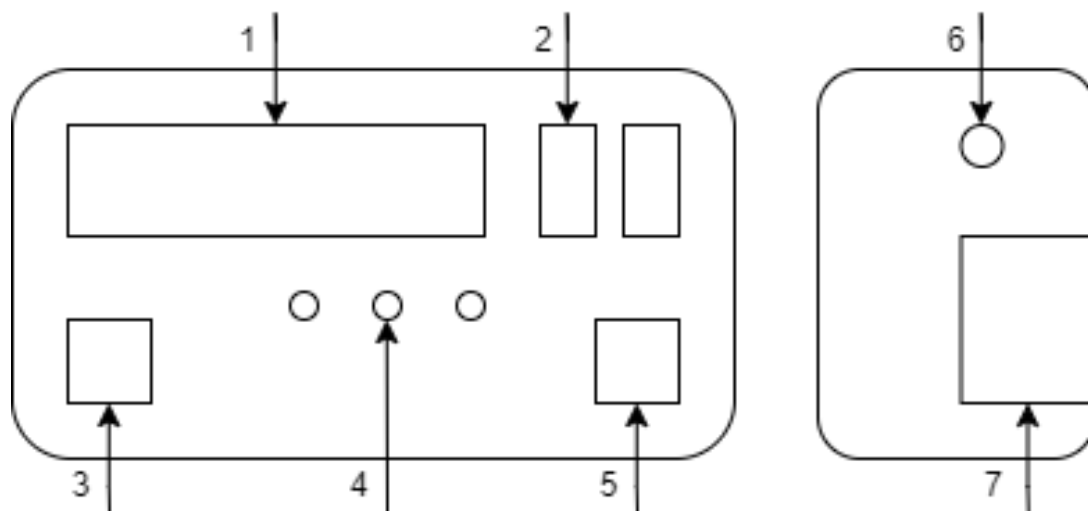


Рис. 26. Предварительный эскиз внешнего вида прибора: вид спереди и с правого бока.

Обозначения на эскизе:

1. Дисплей
2. Переключатели
3. Место расположения датчика
4. Светодиоды
5. Место расположения динамика
6. Разъем для подключения питания
7. Крышка отсека реле

На основании предварительного эскиза разработана электронная модель конструкции прибора в программе *Autodesk Inventor*. Корпус прибора состоит из двух деталей: передней и задней, они скреплены между собой четырьмя крепежными винтами. На передней части корпуса прибора закреплены все используемые элементы, для их закрепления предназначены специальные установочные места. Светодиоды, пьезодинамик, разъем питания и макетная плата, на которой расположен микроконтроллер, присоединены к передней панели при помощи клея. Дисплей, датчик, реле и переключатели прикреплены при помощи крепежных винтов. Также корпус имеет крышку отсека реле, которая нужна для того, чтобы был доступ к реле и можно было бы подключить к прибору электромагнитный клапан и вентиляцию и управлять подачей питания на них. Данная крышка закрывает отсек и крепится к передней и задней частям корпуса.

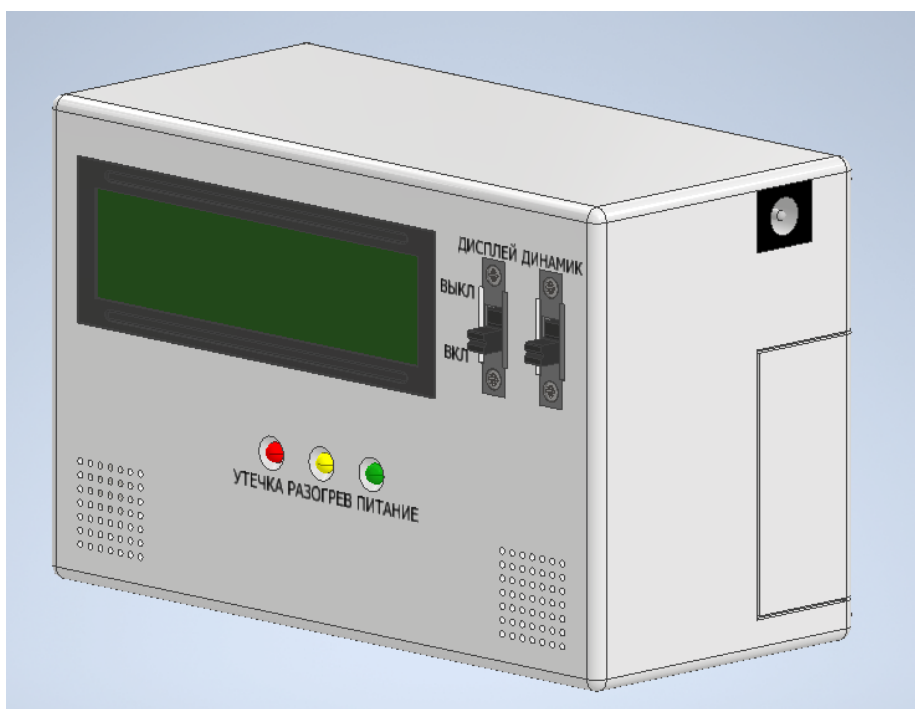


Рис. 27. Общий вид прибора.

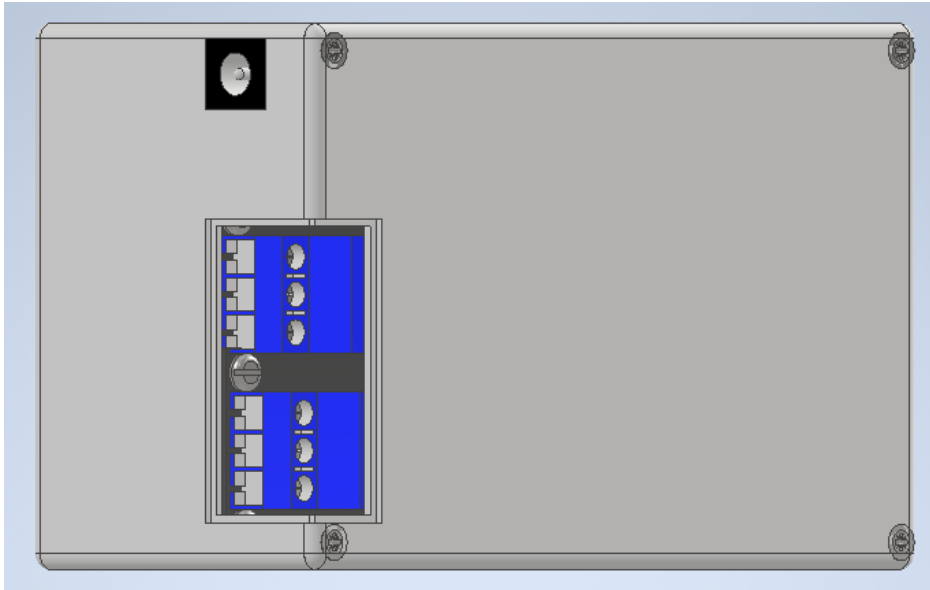


Рис. 28. Вид сзади, открытый отсек реле.

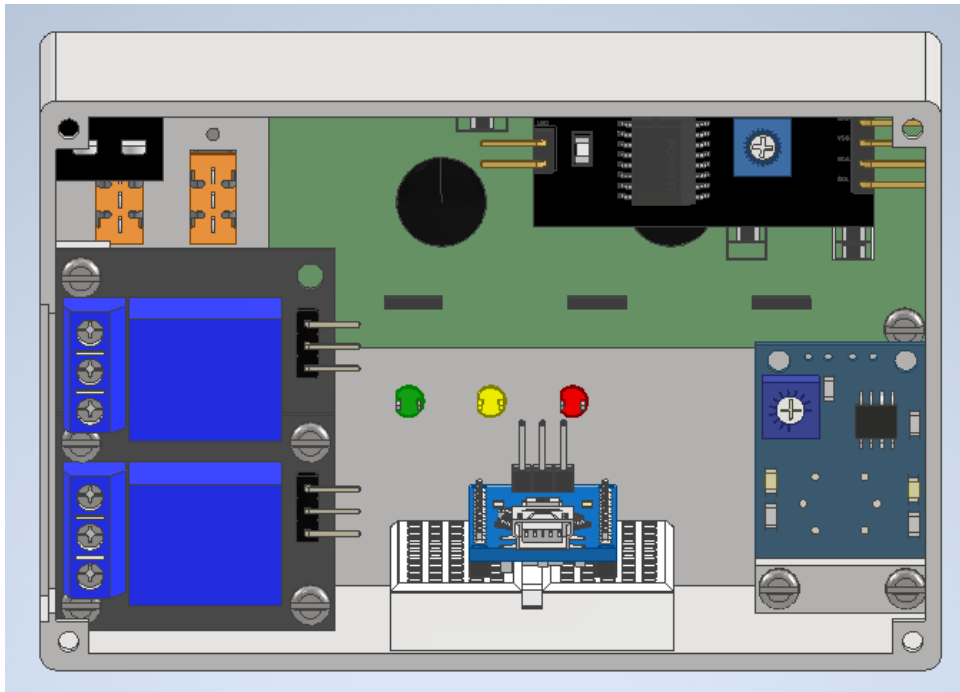


Рис. 29. Расположение элементов внутри корпуса.

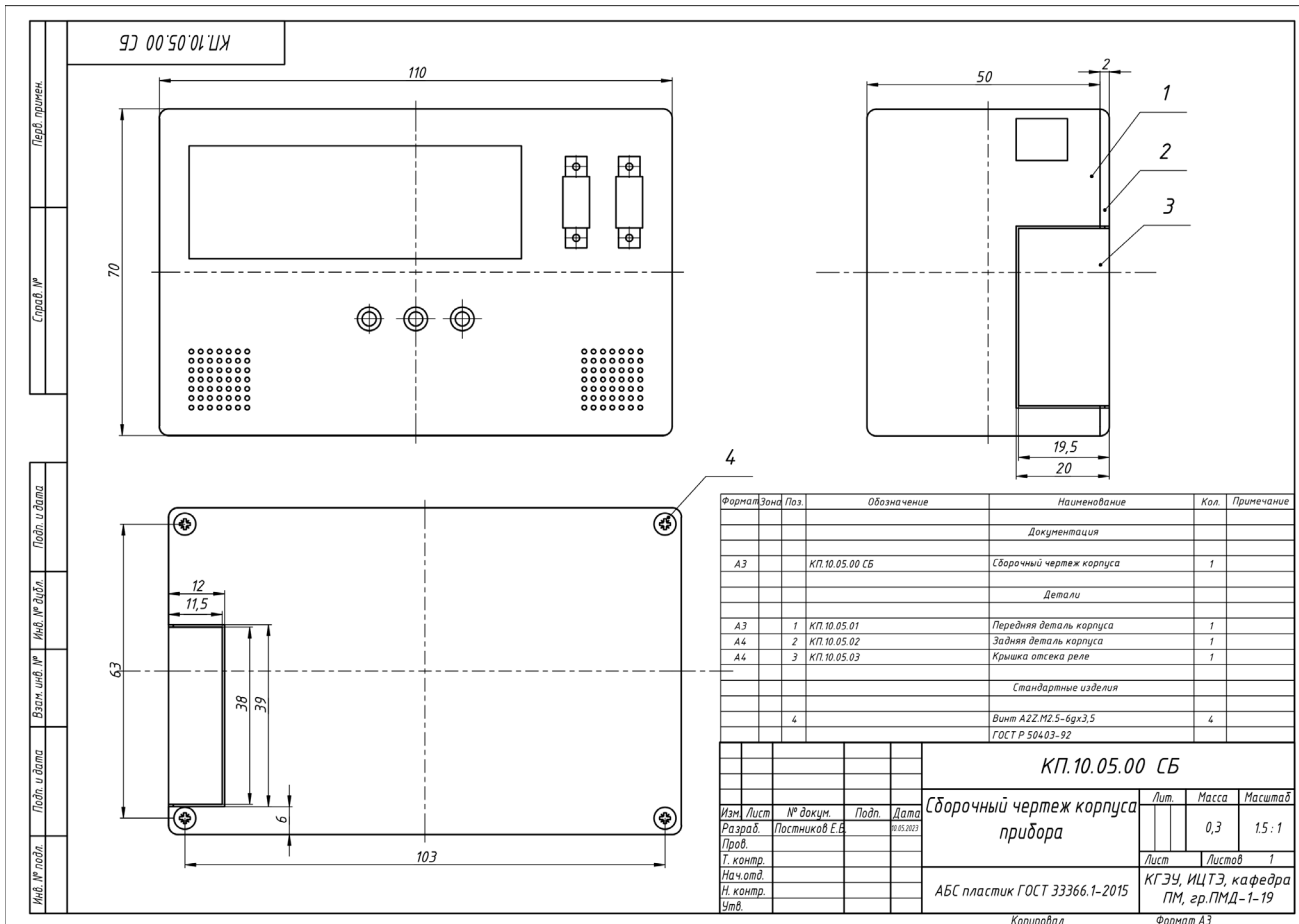


Рис. 30. Сборочный чертеж корпуса прибора.

7. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Отчет студента по выполнению курсового проекта должен содержать:

- определение функций разрабатываемой системы;
- разработка функциональной структуры;
- определение перечня необходимых для разработки элементов;
- разработка принципиальной схемы;
- разработка программного кода микроконтроллера Arduino;
- составление электронной модели конструкции и внешнего вида.

Объем отчета: 15-20 страниц А4.

8. ТЕМЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Предлагаемые темы для курсового проектирования:

1. Разработка портативного мультипараметрического монитора жизненных показателей
2. Разработка системы анализа ЭКГ с визуализацией сигнала
3. Разработка неинвазивного глюкометра
4. Разработка устройства для оценки жизненной емкости легких (Спирометр)
5. Разработка программируемого инфузионного насоса
6. Разработка устройства для электропунктурной диагностики и терапии
7. Разработка небулайзера для ингаляционной терапии
8. Разработка бионической перчатки для реабилитации кисти
9. Разработка навигационного устройств для людей с нарушениями зрения
10. Разработка дозатора лекарств

Студент, может выбрать другую тему, по согласованию с преподавателем. Основные пункты работы должны быть выполнены согласно приведенному примеру.