

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



Работа выполнена в СКБ

"Космические технологии и ракетостроение"

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЭУ

\_\_\_\_\_ А.С. Гудим

*(подпись)*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНиПКРС

\_\_\_\_\_ Д.А. Киба

*(подпись)*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой ПЭ

\_\_\_\_\_ Н.Н. Любушкина

*(подпись)*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Разработка электронной системы защиты от протечек воды

Комплект конструкторской документации

Руководитель проекта \_\_\_\_\_

*(подпись, дата)*

С.Г. Марущенко

Ответственный исполнитель \_\_\_\_\_

*(подпись, дата)*

Н.А. Овсянников

Комсомольск-на-Амуре 2022

## Карточка проекта

<b>Название</b>	Разработка электронной системы защиты от протечек воды
<b>Тип проекта</b>	Учебная работа
<b>Исполнители</b>	Н.А. Овсянников-7ПЭба-1
<b>Срок реализации</b>	Декабрь 2021 – Июнь 2022

### Использованные материалы и компоненты

<b>Наименование</b>	<b>Количество, шт</b>
<i>Материалы и компоненты не использовались</i>	

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



## **ЗАДАНИЕ**

### **на разработку**

Выдано студентам: Н.А. Овсянников-7ПЭба-1

---

Название проекта: Разработка электронной системы защиты от протечек воды

---

Назначение: это устройство предназначено для предохранения от затопления в случае аварийной утечки воды.

Область использования: для гидротехнических промышленных сооружений (насосные станции, водоочистные сооружения и т.д.)

Функциональное описание устройства:

Схема построена по радиальному принципу. Центральная управляющая ценным является микроконтроллер. Для подключения питающего напряжения к исполнительным устройствам в схему введены полупроводниковые реле, которые управляются соответствующими портами напрямую. Функция приема сигнала с радиодатчиков возложена на радиоприемное устройства. Управление радиоприемным устройствам происходит благодаря вариациям настройки, которые управляются при помощи внутреннего цифро-аналогового преобразователя микроконтроллера. Поскольку в системе могут отсутствовать радиодатчики, то существует возможность отключить радиоприемное устройство от энергопитания при помощи геркона.

Контактные датчики обслуживаются напрямую микроконтроллеров через соответствующие порты. Для отображения информации на светодиодах

присутствует драйвер индикации, который обменивается с микроконтроллером информацией по интерфейсу SPI. Данный интерфейс формируется на портах микроконтроллера как альтернативная функция. Также формируется USB-интерфейс для связи системы с персональным компьютером. Обслуживание GSM - модуля происходит по интерфейсу RS-232. Для преобразования UART в RS-232 в схему введен преобразователь интерфейсов.

Клавиши опрашиваются микроконтроллером напрямую. По интерфейсу I<sup>2</sup>C происходит обмен информации микроконтроллера с драйвером звука задача которого формировать напряжение звуковой частоты для динамической головки. Данное устройство может отключаться от цепи питания в неактивное время при помощи соответствующего геркона.

Техническое описание устройства: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

Требования: Требуется спроектировать систему контроля от протечек воды для гидротехнических промышленных сооружений (насосные станции, водоочистные сооружения и т.д.). Система может обслуживать проводные датчики и беспроводные радиодатчики. Количество проводных датчиков до 10, количество радиодатчиков до 10. Максимальное расстояние расположение проводного датчика от пульта управления системой до 50 метров. Максимальное расстояние расположения радиодатчиков от пульта управления до 100 метров. Программирование системы производится через USB-интерфейс. Для экономии электроэнергии система управляет подачей электропитания только на необходимые модули.

План работ:

Наименование работ	Срок
Теоретические основы для разработки системы защиты от протечки воды	01.02.2022 28.02.2022
Датчики наличия воды	01.03.2022 13.03.2022
GSM– модуль	15.03.2022 14.04.2022
Микроконтроллеры Atmel	16.04.2022 25.04.2022
Постановка задачи	27.04.2022 30.04.2022
Структурная схема устройства	10.05.2022 25.05.2022
Функциональная схема устройства	27.05.2022 15.06.2022

Перечень графического материала:

1. Структурная схема
2. Функциональная схема

Руководитель проекта

\_\_\_\_\_

С.Г. Марущенко

*(подпись, дата)*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ПАСПОРТ

Аппаратно-программный комплекс

«Название»

Руководитель проекта \_\_\_\_\_

*(подпись, дата)*

С.Г. Марущенко

Ответственный исполнитель \_\_\_\_\_

*(подпись, дата)*

Н.А. Овсянников

Комсомольск-на-Амуре 20\_\_

## Введение

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) — наука о комфортном и травмобезопасном взаимодействии человека со средой обитания. Является составной частью системы государственных, социальных и оборонных мероприятий, проводимых в целях защиты населения и хозяйства страны от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий, средств поражения противника. Целью БЖД также является снижение риска возникновения чрезвычайной ситуации по вине человеческого фактора.

Система защиты от протечек воды — устройство необходимое для решения трудностей при прорыве трубопровода. Принцип работы данных устройств достаточно обычный – они закрывают воду при появлении протечки и извещают собственника о данной проблеме. Предложенные устройства защиты изготовлены российскими и зарубежными изготовителями. Для того, чтоб понять достоинства и недочеты данных систем, необходимо внимательно ознакомиться с характеристиками данного приспособления. Система защиты от протечек воды, как правило, оснащена таким комплектом; блок управления, детекторы и исполнительные приборы. Приспособление автоматически предотвращает проблему, не требуя постороннего вмешательства. В случае неполадки детекторы подают знак на контроллер, какой передает команду исправным приборам, и протечка фактически мгновенно устраняется: вода перекрывается прекращается. Некоторые модели оснащаются световыми и звуковыми извещениями. При включении к конструкции дополнительного GSM-модуля, устройство извещает о протечки средством отправки смс-известий.



## 1 Датчики наличия воды

Датчик - средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем<sup>11</sup>. Датчики, выполненные на основе электронной техники, называются электронными датчиками. Отдельно взятый датчик может быть предназначен для измерения (контроля) и преобразования одной физической величины или одновременно нескольких физических величин.

В состав датчика входят чувствительные и преобразовательные элементы. Основными характеристиками электронных датчиков являются чувствительность и погрешность.

Рассмотрим датчики протечки воды на примере датчиков фирмы GIDROLOCK. Датчик протечки воды предназначен для обнаружения аварийной ситуации при попадании воды на его электроды. Датчики воды устанавливаются в местах вероятного появления воды.

Модификации датчика протечки воды:

- WSS, WSP – аналоговые датчики протечки воды. Применяются в системах GIDROLOCK PREMIUM, GIDROLOCK CONTROL, GIDROLOCK UNIVERSAL.
- WSU – для систем диспетчеризации зданий, систем типа «умный дом».
- WSR – для системы GIDROLOCK RADIO.

Применение оборудования GIDROLOCK RADIO позволяет осуществлять удаленный контроль над состоянием инженерных систем водоснабжения и отопления в тех случаях, когда установка стандартных (проводных) датчиков протечки затруднительно или невозможно.

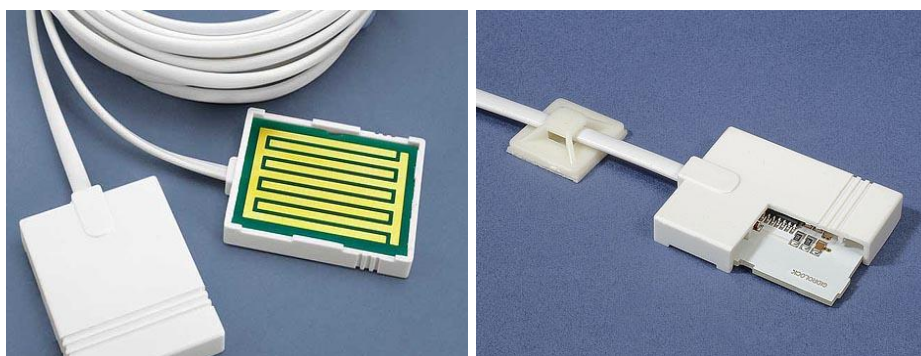


Рисунок 1 - Датчики наличия воды

Проводной датчик протечки WSP (water sensor passive). Датчик предназначен для обнаружения протечек воды в системах водоснабжения, отопления, канализации и кондиционирования. Датчики протечки воды устанавливаются в местах вероятного появления воды.

Таблица 1 - Параметры датчиков WSP

Габаритные размеры датчика протечки воды (без учета кабеля)	35x47x8 мм.
Длина соединительного кабеля	3 метра.
Ток потребления датчика WSP	$I < 1,5 \text{ мА}$
Герметичный корпус со степенью защиты	IP67
Температурный диапазон эксплуатации	от -30 до +60 градусов.
Максимальная длина соединительного кабеля	100 метров.

Проводной датчик протечки WSS(water sensor standart). Датчик предназначен для обнаружения протечек воды в системах водоснабжения, отопления, канализации и кондиционирования. Датчики протечки воды устанавливаются в местах вероятного появления воды.

Таблица 2 - Параметры датчиков WSS

Габаритные размеры датчика протечки воды (без учета кабеля)	35x47x8 мм.
Длина соединительного кабеля	3 метра.
Напряжение питания	от +5 до +30 вольт.
Максимальный ток потребления	$I < 1,5 \text{ mA}$ ( $V_{cc}=5 \text{ B}$ ), $I < 6 \text{ mA}$ ( $V_{cc}=30 \text{ B}$ ).
Тип выходного сигнала (OUT) датчика	«открытый коллектор».
Максимальный ток нагрузки выходного каскада ( $I_k$ )	100 мА.
Максимальное напряжение выходного каскада ( $U_{кэ}$ )	30 вольт.
Герметичный корпус со степенью защиты IP67.	
Температурный диапазон эксплуатации (WSS исполнение А)	от 0 до +60 градусов.
Температурный диапазон эксплуатации (WSS исполнение В)	от -30 до +60 градусов.
Максимальная длина соединительного кабеля	100 метров.

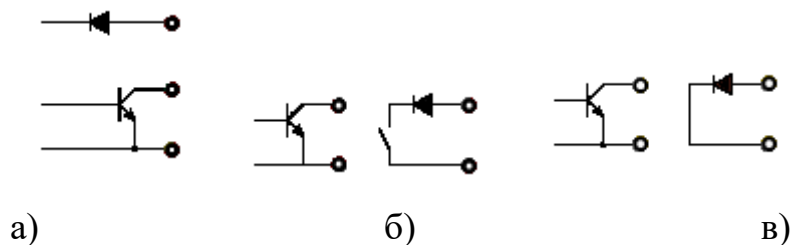


Рисунок 2 - Выходной каскад датчика

а) Нормальное состояние выходного каскада датчика б) Аварийное состояние выходного каскада датчика при обнаружении протечки воды

Красный (коричневый) провод (Vcc) питание от +5 до +30 в. , зеленый провод (OUT), желтый провод (GND).

Проводной датчик протечки WSU (water sensor universal). Датчик предназначен для обнаружения протечек воды в системах водоснабжения, отопления, канализации и кондиционирования. Датчики протечки воды устанавливаются в местах вероятного появления воды.

Таблица 3 - Параметры датчика WSU

Габаритные размеры датчика протечки воды (без учета кабеля)	35x47x8 мм.
Длина соединительного кабеля	3 метра.
Напряжение питания	от +5 до +30 вольт.
Максимальный ток потребления	6 мА
Два выходных сигнала (OUT1, OUT2).	
Тип выходного сигнала (OUT) датчика	«открытый коллектор».
Максимальный ток нагрузки выходного каскада (Ik)	100 мА.
Максимальное напряжение выходного каскада (Uкэ)	30 вольт.
Герметичный корпус со степенью защиты IP67.	
Температура эксплуатации:	от -30 до +60 градусов.
Максимальная длина соединительного кабеля	100 метров.

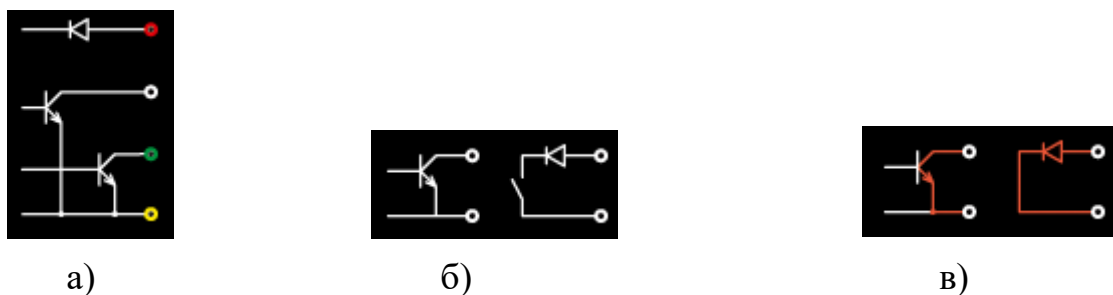


Рисунок 3 - Выходной каскад датчика

а), Нормальное состояние выходного каскада датчика б), аварийное состояние выходного каскада датчика при обнаружении протечки воды

После обнаружения протечки воды выход OUT1 (зеленый провод) остается в аварийном состоянии до отключения питания ( $V_{cc}$ ), выход OUT2 (черный провод) остается в аварийном состоянии до пропадания воды с электродов датчика WSU.

Конструктивные особенности проводных датчиков протечки воды системы GIDROLOCK:

- Микропроцессорное управление.
- Герметичный корпус датчика.
- Защита от брызг. Электроды расположены на внутренней стороне датчика на расстоянии 1 мм от поверхности.
- Специальное антикоррозийное покрытие электродов датчика протечки воды. Для увеличения срока службы датчика его электроды покрыты золотом.
- Нет регулировки чувствительности датчика. Внутри датчика находится электронная схема определения наличия воды на электродах. Измерение происходит непосредственно в самом месте протечки. Это дает несомненные преимущества при удалении датчика от блока управления на большое расстояние. Благодаря этому нет влияния на работоспособность системы со стороны силовых электромагнитных полей.
- Специальное крепление датчика протечки воды к полу.

- Благодаря небольшим размерам (высота датчика всего 8 мм) датчики протечки воды можно разместить в любых труднодоступных местах.
- Датчик имеет три электрода (WSU). Датчик сработает в том случае, если вода попала на все три электрода сразу.
- Встроенная функция защиты электродов датчика от разрушения при возникновении «гальванической пары» и, как следствие, большой срок эксплуатации.
- Функция защиты входного каскада от электростатического напряжения.
- Для увеличения длины кабеля датчика протечки воды, можете использовать следующие марки кабелей:  
FTP 2x2x0,35; ШТЛП 4.

Радиодатчики WSR (water sensor radio). Радиодатчики располагаются на полу в местах вероятного появления воды и используются для контроля протечки воды. Радиодатчик должен всегда располагаться электродами вниз. Радиодатчики можно крепить к полу при помощи входящего в комплект крепежного элемента.

Таблица 4 - Параметры датчика WSR

Дальность передачи радиосигнала (в прямой видимости)	500 метров
Срок работы от одной батарейки CR2450	24 месяца
Габаритные размеры	диаметр 50, высота 12 мм
Напряжение питания	3 вольта
Температурный диапазон эксплуатации приемопередатчика	от -20 до + 60 градусов
Частота передачи	868 МГц
Ток потребления радиодатчика в дежурном режиме	2,5 мкА



Рисунок 4 - Вид датчика

Установить систему можно даже после окончания ремонта. В системе GIDROLOCK RADIO реализована функция контроля работоспособности радиодатчиков и уровня заряда батареи питания. Подключение к радиоприемнику системы GIDROLOCK-RADIO до 10 радиодатчиков контроля протечки воды. К одному блоку управления систем GIDROLOCK PREMIUM, GIDROLOCK CONTROL, IDROLOCK UNIVERSAL и т.д. можно подсоединить до 10 радиоприемников. Таким образом, к одной системе можно подключить до 100 радиодатчиков. Благодаря встроенной антенне в радиоприемнике, его можно установить в любом месте с уверенным уровнем радиосвязи. Например, блок управления размещается в металлическом сантехническом шкафу, где радиосвязь неустойчивая, а радиоприемник устанавливается вне металлического шкафа (например, на потолке) в зоне с уверенной и устойчивой радиосвязью. Передача аварийного сообщения от радиодатчиков происходит до получения подтверждения приема (функция «запрос-ответ») от радиоприемника. Таким образом, происходит гарантированная передача аварийного сообщения, и благодаря уменьшению времени аварийной передачи происходит существенная экономия батарейного питания. Функция защиты электродов радиодатчика от разрушения при возникновении «гальванической пары», и как следствие большой срок эксплуатации. Радиоприемник и радиодатчики имеют встроенную антенну.

## 2 GSM-модуль.

GSM (от названия группы Groupe Spécial Mobile, позже переименован в Global System for Mobile Communications) (русск. СПС-900) — глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи, с разделением каналов по времени (TDMA) и частоте (FDMA). Разработан под эгидой Европейского института стандартизации электросвязи (ETSI) в конце 1980-х годов.

GSM относится к сетям второго поколения (2 Generation) (1G — аналоговая сотовая связь, 2G — цифровая сотовая связь, 3G — широкополосная цифровая сотовая связь, коммутируемая многоцелевыми компьютерными сетями, в том числе Интернет).

Мобильные телефоны выпускаются с поддержкой 4 частот: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц.

В зависимости от количества диапазонов, телефоны подразделяются на классы и вариацию частот в зависимости от региона использования:

- Однодиапазонные — телефон может работать в одной полосе частот. В настоящее время не выпускаются, но существует возможность ручного выбора определённого диапазона частот в некоторых моделях телефонов, например Motorola C115, или с помощью инженерного меню телефона.
- Двухдиапазонные (Dual Band) — для Европы, Азии, Африки, Австралии 900/1800 и 850/1900 для Америки и Канады.
- Трёхдиапазонные (Tri Band) — для Европы, Азии, Африки, Австралии 900/1800/1900 и 850/1800/1900 для Америки и Канады.
- Четырёхдиапазонные (Quad Band) — поддерживают все диапазоны 850/900/1800/1900.

В стандарте GSM применяется GMSK-модуляция с величиной нормированной полосы  $BT = 0,3$ , где  $B$  — ширина полосы фильтра по уровню минус 3 дБ,  $T$  — длительность одного бита цифрового сообщения.



GSM на сегодняшний день является наиболее распространённым стандартом связи. По данным ассоциации GSM (GSMA) на данный стандарт приходится 82 % мирового рынка мобильной связи, 29 % населения земного шара использует глобальные технологии GSM. В GSMA в настоящее время входят операторы более чем 210 стран и территорий.

GSM сначала означало Groupe Spécial Mobile, по названию группы анализа, которая создавала стандарт. Теперь он известен как Global System for Mobile Communications (Глобальная Система для Мобильной Связи), хотя слово «Связь» не включается в сокращение. Разработка GSM началась в 1982 году группой из 26 Европейских национальных телефонных компаний. Европейская конференция почтовых и телекоммуникационных администраций (CEPT), стремилась построить единую для всех европейских стран сотовую систему диапазона 900 МГц. Достижения GSM стали «одними из наиболее убедительных демонстраций какое сотрудничество в Европейской промышленности может быть достигнуто на глобальном рынке».

В 1989 году Европейский Телекоммуникационный Институт Стандартов (ETSI) взял ответственность за дальнейшее развитие GSM. В 1990 году были опубликованы первые рекомендации. Спецификация была опубликована в 1991 году.

Коммерческие сети GSM начали действовать в Европейских странах в середине 1991 г. GSM разработан позже, чем аналоговая сотовая связь и во многих отношениях была лучше спроектирована. Северо-Американский аналог — PCS, вырос из своих корней стандарты включая цифровые технологии TDMA и CDMA, но для CDMA потенциальное улучшение качества обслуживания так и не было никогда подтверждено.

GSM Phase 1. 1982 (Groupe Spécial Mobile) — 1990 г. Global System for Mobile Communications. Первая коммерческая сеть в январе 1992 г. Цифровой стандарт, поддерживает скорость передачи данных до 9,6 кбит/с. Полностью устарел, производство оборудования под него прекращено.

В 1991 году были введены услуги стандарта GSM «ФАЗА 1».

В них входят:

- Переадресация вызова (Call forwarding). Возможность перевода входящих звонков на другой телефонный номер в тех случаях, когда номер занят или абонент не отвечает; когда телефон выключен или находится вне зоны действия сети и т. п. Кроме того, возможна переадресация факсов и данных.
- Запрет вызова (Call barring). Запрет на все входящие/исходящие звонки; запрет на исходящие международные звонки; запрет на входящие звонки, за исключением внутрисетевых.
- Ожидание вызова (Call waiting). Эта услуга позволяет принять входящий вызов во время уже продолжающегося разговора. При этом первый абонент или по-прежнему будет находиться на связи, или разговор с ним может быть завершён.
- Удержание вызова (Call Holding). Эта услуга позволяет, не разрывая связь с одним абонентом, позвонить (или ответить на входящий звонок) другому абоненту.
- Глобальный роуминг (Global roaming). При посещении любой из стран, с которой ваш оператор подписал соответствующее соглашение, вы можете пользоваться своим сотовым телефоном GSM без изменения номера.

GSM Phase 2. Стандарт GSM Phase 2 принят в 1993 г. Цифровой стандарт, поддерживает скорость передачи данных до 9,6 кбит/с. С 1995 г. включает диапазон 1900 МГц. Второй этап развития GSM — GSM «Фаза 2», который завершился в 1997 г., предусматривает такие услуги:

- Определение номера вызывающей линии (Calling Line Identification Presentation). При входящем звонке на экране высвечивается номер вызывающего абонента.

- Антиопределитель номера (Calling Line Identification Restriction). С помощью этой услуги можно запретить определение собственного номера при соединении с другим абонентом.
- Групповой вызов (Multi party). Режим телеконференции или конференц-связи позволяет объединить до пяти абонентов в группу и вести переговоры между всеми членами группы одновременно.
- Создание закрытой группы до десяти абонентов (Closed User Group). Позволяет создавать группу пользователей, члены которой могут связываться только между собой. Чаще всего к этой услуге прибегают компании, предоставляющие терминалы своим служащим для работы.
- Информация о стоимости разговора. Сюда входят таймер, который считает время на линии, и счётчик звонков. Также благодаря этой услуге можно проверять оставшийся на счёте кредит. Возможна и другая услуга: «Совет по оплате» (Advice of Charge). По требованию пользователя происходит проверка стоимости и длительности разговора в то время, когда аппарат находится на связи.
- Обслуживание дополнительной линии (Alternative Line Service). Пользователь может приобрести два номера, которые будут приписаны к одному модулю SIM. В этом случае связь выполняется по двум линиям, с предоставлением двух счетов, двух голосовых ящиков и т. п.
- Короткие текстовые сообщения (Short Message Service). Возможность приёма и передачи коротких текстовых сообщений (до 160 знаков).
- Система голосовых сообщений (Voice Mail). Услуга позволяет автоматически переводить входящие звонки на персональный автоответчик (голосовая почта). Пользоваться этим можно только в том случае, если у абонента активизирована услуга «переадресация вызовов».

Стандарт GSM Phase 2 считается устаревшим; но так как стандарт GSM подразумевает обратную совместимость, то старое оборудование базовых станций и телефоны могут работать (и работают) в современных сетях.

GSM Phase 2+. Следующий этап развития сетей стандарта GSM «ФАЗА 2+» не связан с конкретным годом внедрения. Новые услуги и функции стандартизируются и внедряются после подготовки и утверждения их технических описаний. Все работы по этапу «Фаза 2+» проводились Европейским институтом стандартизации электросвязи (ETSI). Количество уже внедрённых и находящихся в стадии утверждения услуг превышает 50. Среди них можно выделить следующие:

- улучшенное программное обеспечение SIM-карты;
- улучшенное полноскоростное кодирование речи EFR (Enhanced Full Rate);
- возможность взаимодействия между системами GSM и DECT;
- повышение скорости передачи данных благодаря пакетной передаче данных GPRS (General Packet RadioService) или за счёт системы передачи данных по коммутируемым каналам HSCSD (High Speed Circuit Switched Data).

GSM обеспечивает поддержку следующих услуг:

- Услуги передачи данных (синхронный и асинхронный обмен данными, в том числе пакетная передача данных — GPRS). Данные услуги не гарантируют совместимость терминальных устройств и обеспечивают только передачу информации к ним и от них.
- Передача речевой информации.
- Передача коротких сообщений (SMS).
- Передача факсимильных сообщений.

Дополнительные (необязательные к предоставлению) услуги:

- Определение вызывающего номера и ограничение такого определения.
- Безусловная и условная переадресация вызова на другой номер.
- Ожидание и удержание вызова.
- Конференц-связь (одновременная речевая связь между тремя и более подвижными станциями).

- Запрет на определённые пользователем услуги (международные звонки, роуминговые звонки и др.)
- Голосовая почта.
- и многие другие услуги.

Преимущества стандарта GSM:

- Меньшие по сравнению с аналоговыми стандартами (NMT-450, AMPS-800) размеры и вес телефонных аппаратов при большем времени работы без подзарядки аккумулятора. Это достигается в основном за счёт аппаратуры базовой станции, которая постоянно анализирует уровень сигнала, принимаемого от аппарата абонента. В тех случаях, когда он выше требуемого, на сотовый телефон автоматически подаётся команда снизить излучаемую мощность.
- Хорошее качество связи при достаточной плотности размещения базовых станций.
- Большая ёмкость сети, возможность большого числа одновременных соединений.
- Низкий уровень промышленных помех в данных частотных диапазонах.
- Улучшенная (по сравнению с аналоговыми системами) защита от подслушивания и нелегального использования, что достигается путём применения алгоритмов шифрования с разделяемым ключом.<sup>[уточнить]</sup>
- Эффективное кодирование (сжатие) речи. EFR-технология была разработана фирмой Nokia и впоследствии стала промышленным стандартом кодирования/декодирования для технологии GSM (см. GSM-FR, GSM-HR и GSM-EFR)
- Широкое распространение, особенно в Европе, большой выбор оборудования.
- Возможность роуминга. Это означает, что абонент одной из сетей GSM может пользоваться сотовым телефонным номером не только у себя

«дома»), но и перемещаться по всему миру переходя из одной сети в другую не расставаясь со своим абонентским номером. Процесс перехода из сети в сеть происходит автоматически, и пользователю телефона GSM нет необходимости заранее уведомлять оператора (в сетях некоторых операторов, могут действовать ограничения на предоставление роуминга своим абонентам, более детальную информацию можно получить обратившись непосредственно к своему GSM оператору)

Недостатки стандарта GSM:

- Искажение речи при цифровой обработке и передаче.
- Связь возможна на расстоянии не более 120 км от ближайшей базовой станции даже при использовании усилителей и направленных антенн. Поэтому для покрытия определённой площади необходимо большее количество передатчиков, чем в NMT-450 и AMPS.

Стандарты GSM создаются и публикуются Европейским институтом телекоммуникационных стандартов. Документы обозначаются GSM nn.nn, например широко известен стандарт на GSM SIM-карточки GSM 11.11. В стандарте GSM определены 4 диапазона работы ещё есть пятый.

Таблица 5 - Параметры GSM 900/1800 МГц

Характеристики	GSM-900	GSM-1800
Частоты передачи MS и приёма BTS (uplink), МГц	890 — 915	1710 — 1785
Частоты приёма MS и передачи BTS (downlink), МГц	935 — 960	1805 — 1880
Дуплексный разнос частот приёма и передачи, МГц	45	95

Количество частотных каналов связи с шириной 1 канала связи в 200 кГц	124	374
Ширина полосы канала связи, кГц	200	200

GSM-900. Цифровой стандарт мобильной связи в диапазоне частот от 890 до 915 МГц (от телефона к базовой станции) и от 935 до 960 МГц (от базовой станции к телефону). Количество реальных каналов связи гораздо больше чем написано выше в таблице, т.к. присутствует еще и временное разделение каналов TDMA, т.е. на одной и той же частоте могут работать несколько абонентов с разделением во времени.

В некоторых странах диапазон частот GSM-900 был расширен до 880—915 МГц (MS → BTS) и 925—960 МГц (MS ← BTS), благодаря чему максимальное количество каналов связи увеличилось на 50. Такая модификация была названа E-GSM (extended GSM).

GSM-1800. Модификация стандарта GSM-900, цифровой стандарт мобильной связи в диапазоне частот от 1710 до 1880 МГц.

Особенности:

- Максимальная излучаемая мощность мобильных телефонов стандарта GSM-1800 — 1 Вт, для сравнения у GSM-900 — 2 Вт. Больше время непрерывной работы без подзарядки аккумулятора и снижение уровня радиоизлучения.
- Высокая ёмкость сети, что важно для крупных городов.
- Возможность использования телефонных аппаратов, работающих в стандартах GSM-900 и GSM-1800, одновременно. Такой аппарат функционирует в сети GSM-900, но, попадая в зону GSM-1800, переключается — вручную или автоматически. Это позволяет оператору рациональнее использовать частотный ресурс, а клиентам — экономить деньги за счёт низких тарифов. В обеих сетях абонент пользуется одним номером. Но использование аппарата в двух сетях возможно толь-

ко в тех случаях, когда эти сети принадлежат одной компании, или между компаниями, работающими в разных диапазонах, заключено соглашение о роуминге.

Сеть GSM 900-1800 — это единая сеть, с общей структурой, логикой и мониторингом в которой телефон никуда не переключается. Вручную можно только запретить использовать один из диапазонов в тестовых или очень старых аппаратах.

Проблема состоит в том, что зона охвата для каждой базовой станции значительно меньше, чем в стандартах GSM-900, AMPS/DAMPS-800, NMT-450. Необходимо большее число базовых станций. Чем выше частота излучения, тем хуже проникающая способность (характеризуется т. н. глубиной скин-слоя) радиоволн и тем меньше способность отражаться и огибать преграды.

Дальность связи в GSM лимитирована задержкой сигнала Timing advance и составляет до 35 км. При использовании режима extended cell возрастает до 75 км. Практически достижимо только в море, пустыне и горах.

Таблица 6 - Параметры GSM 850/1900 МГц

Характеристики	GSM-850	GSM-1900
Частоты передачи MS и приёма BTS, МГц	824 — 849	1850 — 1910
Частоты приёма MS и передачи BTS, МГц	869 — 894	1930 — 1990
Дуплексный разнос частот приёма и передачи, МГц	45	80



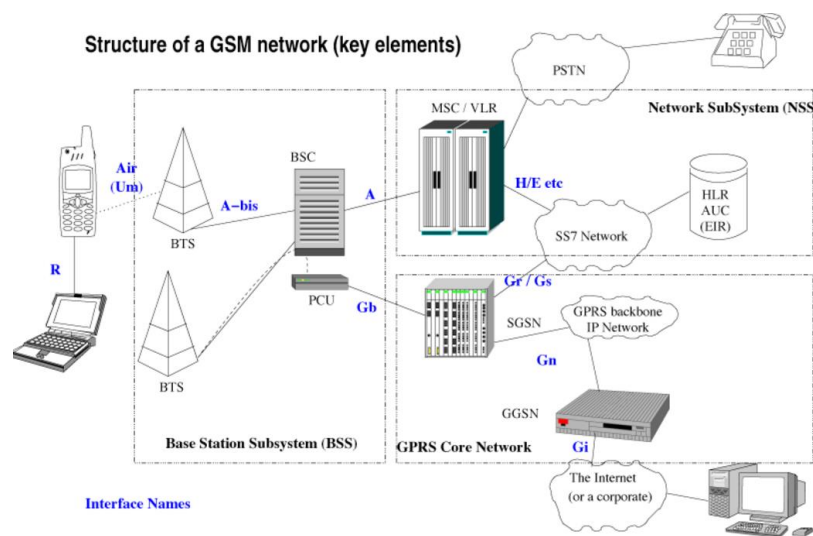


Рисунок 5 - Структура сети GSM

Система GSM состоит из трёх основных подсистем:

- подсистема базовых станций (BSS — Base Station Subsystem),
- подсистема коммутации (NSS — Network Switching Subsystem),
- центр технического обслуживания (OMC — Operation and Maintenance Centre).

В отдельный класс оборудования GSM выделены терминальные устройства — подвижные станции (MS — Mobile Station), также известные как мобильные (сотовые) телефоны.

Подсистема базовых станций. BSS состоит из собственно базовых станций (BTS — Base Transceiver Station) и контроллеров базовых станций (BSC — Base Station Controller). Область, накрываемая сетью GSM, разбита на соты шестиугольной формы. Диаметр каждой шестиугольной ячейки может быть разным — от 400 м до 50 км. Максимальный теоретический радиус ячейки составляет  $120 \text{ км}^{[3]}$ , что обусловлено ограниченной возможностью системы синхронизации к компенсации времени задержки сигнала. Каждая ячейка покрывается одной BTS, при этом ячейки частично перекрывают друг друга, тем самым сохраняется возможность передачи обслуживания MS при перемещении её из одной соты в другую без разрыва соединения (Операция

передачи обслуживания мобильного телефона (MS) от одной базовой станции (BTS) к другой в момент перехода мобильного телефона границы досягаемости текущей базовой станции во время разговора, или GPRS-сессии называется техническим термином «Handover»). Естественно, что на самом деле сигнал от каждой станции распространяется, покрывая площадь в виде круга, но при пересечении получаются правильные шестиугольники. Каждая база имеет шесть соседних в связи с тем, что в задачи планирования размещения станций входила такая, как минимизация зон перекрывания сигнала от каждой станции. Больше число соседних станций, чем 6 — особых выгод не несёт. Рассматривая границы покрытия сигнала от каждой станции уже в зоне перекрытия, как раз получаем — шестиугольники.



Рисунок 7 - Антенны трех базовых станций на мачте

Базовая станция (BTS) обеспечивает приём/передачу сигнала между MS и контроллером базовых станций. BTS является автономной и строится по модульному принципу. Направленные антенны базовых станций могут располагаться на вышках, крышах зданий и т.д.

Контроллер базовых станций (BSC) контролирует соединения между BTS и подсистемой коммутации. В его полномочия также входит управление очередностью соединений, скоростью передачи данных, распределение ра-

диоканалов, сбор статистики, контроль различных радиоизмерений, назначение и управление процедурой Handover.

Подсистема коммутации. NSS состоит из нижеследующих компонентов:

Центр коммутации (MSC — Mobile Switching Center). MSC контролирует определённую географическую зону с расположенными на ней BTS и BSC. Осуществляет установку соединения к абоненту и от него внутри сети GSM, обеспечивает интерфейс между GSM и ТфОП, другими сетями радиосвязи, сетями передачи данных. Также выполняет функции маршрутизации вызовов, управление вызовами, эстафетной передачи обслуживания при перемещении MS из одной ячейки в другую. После завершения вызова MSC обрабатывает данные по нему и передаёт их в центр расчётов для формирования счета за предоставленные услуги, собирает статистические данные. MSC также постоянно следит за положением MS, используя данные из HLR и VLR, что необходимо для быстрого нахождения и установления соединения с MS в случае её вызова.

Домашний регистр местоположения (HLR — Home Location Registry). Содержит базу данных абонентов, приписанных к нему. Здесь содержится информация о предоставляемых данному абоненту услугах, информация о состоянии каждого абонента, необходимая в случае его вызова, а также Международный Идентификатор Мобильного Абонента (IMSI — International Mobile Subscriber Identity), который используется для аутентификации абонента (при помощи AUC). Каждый абонент приписан к одному HLR. К данным HLR имеют доступ все MSC и VLR в данной GSM-сети, а в случае межсетевого роуминга — и MSC других сетей.

Гостевой регистр местоположения (VLR — Visitor Location Registry). VLR обеспечивает мониторинг передвижения MS из одной зоны в другую и содержит базу данных о перемещающихся абонентах, находящихся в данный момент в этой зоне, в том числе абонентах других систем GSM —

так называемых роумерах. Данные об абоненте удаляются из VLR в том случае, если абонент переместился в другую зону. Такая схема позволяет сократить количество запросов на HLR данного абонента и, следовательно, время обслуживания вызова.

Регистр идентификации оборудования (EIR— Equipment Identification Registry). Содержит базу данных, необходимую для установления подлинности MS по IMEI (International Mobile Equipment Identity). Формирует три списка: белый (допущен к использованию), серый (некоторые проблемы с идентификацией MS) и чёрный (MS, запрещённые к применению). У российских операторов (и большей части операторов стран СНГ) используются только белые списки, что не позволяет раз и навсегда решить проблему кражи мобильных телефонов.

Центр аутентификации (AUC — Authentication Center). Здесь производится аутентификация абонента, а точнее — SIM (Subscriber Identity Module). Доступ к сети разрешается только после прохождения SIM процедуры проверки подлинности, в процессе которой с AUC на MS приходит случайное число RAND, после чего на AUC и MS параллельно происходит шифрование числа RAND ключом Ki для данной SIM при помощи специального алгоритма. Затем с MS и AUC на MSC возвращаются «подписанные отклики» — SRES (Signed Response), являющиеся результатом данного шифрования. На MSC отклики сравниваются, и в случае их совпадения аутентификация считается успешной.

Подсистема OMC (Operations and Maintenance Center). Соединена с остальными компонентами сети и обеспечивает контроль качества работы и управление всей сетью. Обработывает аварийные сигналы, при которых требуется вмешательство персонала. Обеспечивает проверку состояния сети, возможность прохождения вызова. Производит обновление программного обеспечения на всех элементах сети и ряд других функций.

### 3 Микроконтроллеры Atmel.

Микроконтроллеры Atmel ® объединяют в себе эффективные встроенные решения, проверенные технологии и революционные идеи, являясь идеальным выбором для современных интеллектуальных сетевых продуктов. В эпоху Интернета микроконтроллерные технологии — ключевой аспект развития межмашинных (M2M) коммуникаций.

Компания Atmel уже десятки лет занимает ведущие позиции в своей отрасли, и опыт, полученный за это время, позволил создать оптимизированные архитектуры, обеспечивающие низкое потребление энергии, высокоскоростное взаимодействие, отличную пропускную способность и поддержку множества интерфейсов. Широкий выбор вариантов конфигурации дает разработчикам возможность проектировать готовые системные решения для любых сфер применения.

Микроконтроллеры Atmel также поддерживают простую и удобную интеграцию технологии емкостного сенсорного ввода для реализации кнопок, ползунков и колес прокрутки. Кроме того, микроконтроллеры Atmel позволяют внедрять беспроводные функции и функции защиты. На какой бы рынок вы ни нацеливались, какое бы устройство ни разрабатывали — компания Atmel сможет предложить решение, подходящее именно под ваши потребности. Вы можете рассчитывать на нас как сегодня, так и в будущем.



Рисунок 8 - Общая структура микроконтроллера

Простые в использовании, с низкой потребляемой мощностью и высоким уровнем интеграции, 8- и 32-разрядные микроконтроллеры Atmel® AVR® дополняют ассортиментный ряд Atmel® | SMART микроконтроллеров и микропроцессоров на базе ARM®. Эти устройства уникальным образом сочетают в себе производительность, энергоэффективность и гибкость проектирования. Эти устройства оптимизированы для сокращения цикла разработки и обладают самой эффективной в промышленности архитектурой для программирования на языке C и ассемблере. Никакие другие микроконтроллеры не могут обеспечить большую вычислительную мощность при меньшем энергопотреблении. Лучшие в отрасли инструменты разработчика и поддержка на этапе проектирования также помогут сократить цикл разработки. После запуска изделий большое семейство AVR позволяет многократно использовать знания для повышения привлекательности предложений, облегчая захват новых рынков экономически эффективными средствами.

Помимо флеш-микроконтроллеров, ассортимент изделий Atmel SMART включает в себя микропроцессоры на базе ARM, не имеющие встроенной флеш-памяти. К ним относятся такие продукты Atmel SMART ARM Cortex-A5, как микропроцессоры Atmel SMART SAMA5 и устройства на базе ARM926EJ-S™, в частности SAM9261 и SAM9-5. Гибкость и высокая степень интеграции микроконтроллеров на базе Atmel ARM помогают оптимизировать управление системами и пользовательскими интерфейсами, а также обеспечить простоту применения. Проектирование устройств на базе ARM Cortex-M3 и M4 ведется на единой интегрированной платформе разработки (IDP) Atmel® Studio 6. Эта платформа позволяет экономить время путем использования уже написанного кода (более чем 1600 примеров проектов), предоставляет доступ к отладчикам и системам моделирования, оснащена встроенными инструментами Atmel QTouch® для разработки систем с сенсорным вводом, а также предоставляет доступ к онлайн-магазину приложе-

ний Atmel Gallery, содержащему встраиваемое ПО и расширения. Микропроцессоры на базе Atmel ARM включают как модели начального уровня, так и современные высокоинтегрированные устройства с расширенными коммуникационными возможностями, высококачественными интерфейсами и улучшенной безопасностью. Компания Atmel предоставляет полный ассортимент аппаратных и программных средств для микропроцессоров на базе ARM для облегчения проектирования и сокращения времени вывода готового изделия на рынок. Также компания Atmel сотрудничает с мировой сетью партнеров, что позволяет нам предлагать дополнительные аппаратные и программные решения для этих устройств.

Чтобы оптимизировать и упростить проектирование встраиваемых систем, специалисты Atmel создали для своих микроконтроллеров и микропроцессоров надежную экосистему разработки. Она облегчает решение задач, возникающих во время работы над вашими проектами, и ускоряет вывод на рынок новых продуктов. Компания Atmel предоставляет широкий диапазон программных средств и встраиваемого программного обеспечения, поддерживающих наиболее популярные операционные системы. Платформа Atmel Studio 6 позволяет быстро получать результаты при разработке ПО под микроконтроллеры Atmel. С этой платформой вы можете программировать и отлаживать микропроцессоры Atmel, применяя привычные инструменты сторонних производителей совместно с внутрисхемными эмуляторами (ICE) Atmel.

Широкий ассортимент функциональных 8-разрядных микроконтроллеров (МК) Atmel, основанных на наборе команд архитектуры 8051, гарантирует надежность ваших проектов. В то время как другие поставщики ушли с этого рынка, мы продолжаем развитие наших проверенных временем микроконтроллеров на базе архитектуры 8051. Независимо от того, с какими проектами вы работаете — устаревшими, современными или новейшими, — мы

можем предложить более 50 решений с передовым набором функций и флеш-памятью объемом от 2 до 64 КБ.

Наш ассортимент устройств на архитектуре 8051 позволяет выбрать подходящее решение на замену снятым с производства конкурирующим устройствам, полностью совместимое с ними по выводам. Все наши устройства, от 8-разрядных микроконтроллеров на базе одноктактового ядра AT89LP с низким уровнем потребления энергии и до устройств с разъемом стандарта MCS-51®, включая миниатюрные решения с 14/16/20/28 выводами, поддерживают передовые флеш-технологии. Большинство устройств допускают внутрисистемное программирование (ISP) для дополнительной гибкости в применении. К прочим особенностям можно отнести расширения для цифровой обработки сигналов (DSP), современные таймеры и периферийные устройства широтно-импульсной модуляции (ШИМ), интерфейсы CAN и USB.

#### 4 Постановка задачи.

Требуется спроектировать систему контроля от протечек воды для гидротехнических промышленных сооружений (насосные станции, водоочистные сооружения и т.д.). Система может обслуживать проводные датчики и беспроводные радиодатчики. Количество проводных датчиков до 10, количество радиодатчиков до 10. Максимальное расстояние расположение проводного датчика от пульта управления системой до 50 метров. Максимальное расстояние расположения радиодатчиков от пульта управления до 100 метров. Программирование системы производится через USB-интерфейс. Для экономии электроэнергии система управляет подачей электропитания только на необходимые модули.

Датчики делятся на три категории по важности (I, II и III). Категория I датчиков считается наиболее важной, и опрашиваются один раз в минуту.



Задача датчиков этой категории сгенерировать синусоидальный сигнал в течении десяти секунд на период опроса. Датчики II категории опрашиваются один раз в течении трех минут с синусоидальной генерацией сигнала в течении десяти секунд. Датчики III категорий опрашивается один раз в течении пяти минут с генерацией синусоидального сигнала в течении десяти секунд.

Состояние каждого датчика отображает светодиодная индикация. Свечение зеленого светодиода говорит о работоспособности датчика, свечение красного светодиода говорит либо о неисправности датчика либо его срабатывании при наличии протечки.

Система управляет десятью исполнительными устройствами (клапана, насосы и т.д.), которые подключаются к сети 220 вольт и потребляет ток не более 5 ампер для подключения. Для подключения более мощных устройств требуются промежуточные усилители. Состояние каждого исполнительного устройства инициируется светодиодами (зеленый - отключен, красный - включен).

Аварийная ситуация индицируется звуковым способом, также существует возможность информирования пользователя по GSM-каналу.

На переднюю панель вынесены следующие клавиши:

- клавиша включения/выключения энергопитания системы
- клавиша установки системы на наблюдение
- клавиша отключения звуковой сигнализации

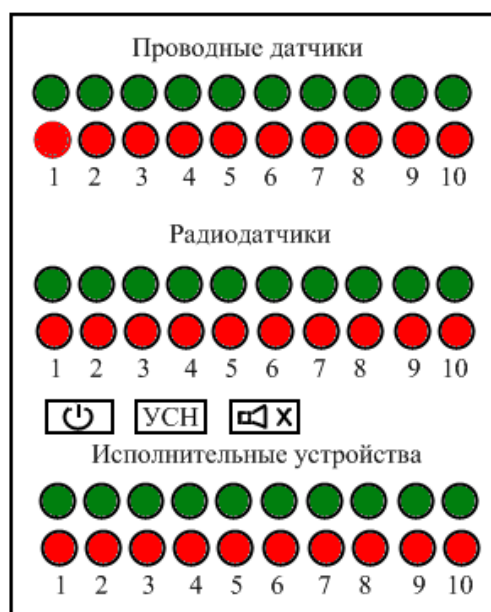


Рисунок 1 – Передняя панель устройства

## 5 Структурная схема системы

Структурная схема система изображена на рисунке 2 состоит из блоков:

- Кл - Клавиатура. Осуществляет связь пользователя с устройством
- БИнд - Блок индикации. Отображает необходимую информацию
- БУП - Блок управления энергопитанием. Включает/выключает необходимые блоки
- GSM-модуль. Осуществляет информирования пользователя об аварийной ситуации по GSM-каналу
- БИУ - Блок исполнение исполнительных устройств. Управляет исполнительными устройствами
- БМк - Блок микроконтроллера. Является центральным управляющим звеном
- БИ - Блок интерфейса. Связывает систему с внешним персональным компьютером

- БРД - Блока радиодатчиков. Осуществляют контроль протечки с сообщениями информации по радиоканалу
- БЗС - блок звуковой сигнализации. Формирует напряжение звукового сообщения.
- ДГ - динамическая головка. Воспроизводит звуковое сообщение.
- РПУ - Радиоприемное устройство. Принимает сигналы с радиодатчиков.
- БКД - Блок контактных датчиков. Осуществляют контроль протечки.

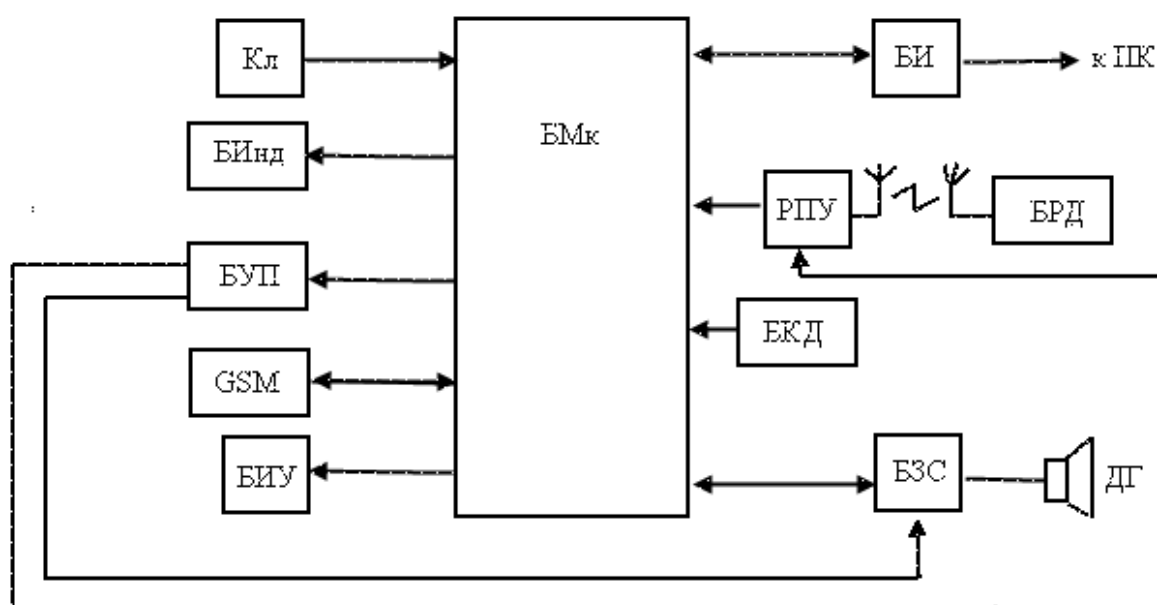


Рисунок 2 – Структурная схема

## 6 Функциональная схема системы

Функциональная схема системы представлена на рисунке 2.4 и состоит из блоков:

- ПР - Полупроводниковые реле. Служат для подключения исполнительных устройств к сети.
- БРД - Блок радиодатчиков. Служит для информации микроконтроллера о протечках по радиоканалу.

- РПУ - Радиоприемное устройство. Принимает сигнал с радиодатчиков  
- ВН - варикапы настройки. Настраивают РПУ на прием определенной частоты

- ГП - Геркон питания. Подключается соответствующее устройство к питающему напряжению

- БКД - Блок контактных датчиков. Информировать микроконтроллер о протечках контактным способом

- GSM - Модуль GSM. Сообщает пользователю о протечках по каналам сотовой связи

- ПИ - преобразователь интерфейсов. Преобразует интерфейс UART в RS-232

- AVR - Микроконтроллер. Является центральным управляющим звеном системы

- СП - супервизор питания. Формирует сигнал сброса для микроконтроллера

- ДИ - Драйвер индикаторов. Служит для обслуживания набора информационных светодиодов

- СД - Светодиоды. Отображают необходимую для пользователя информацию

- ДЗв - Драйвер звука. Генерирует сигнал напряжения звуковой частоты

- ДГ - Динамическая головка. Воспроизводит звук

- Кл - Клавиатура. Связывает пользователя с устройством

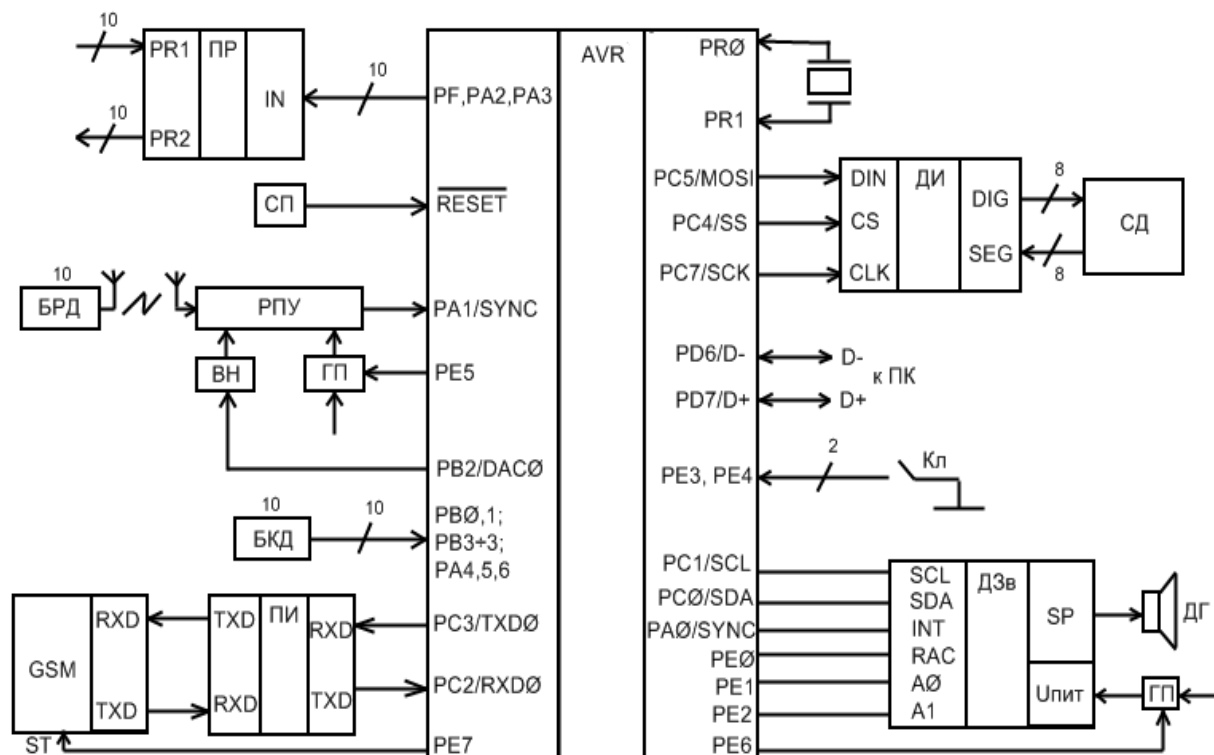


Рисунок 3 - Функциональная схема системы

Схема построена по радиальному принципу. Центральная управляющая ценным является микроконтроллер. Для подключения питающего напряжения к исполнительным устройствам в схему введены полупроводниковые реле, которые управляются соответствующими портами напрямую. Функция приема сигнала с радиодатчиков возложена на радиоприемное устройства. Управление радиоприемным устройствам происходит благодаря варикапам настройки, которые управляются при помощи внутреннего цифро-аналогового преобразователя микроконтроллера. Поскольку в системе могут отсутствовать радиодатчики, то существует возможность отключить радиоприемное устройство от энергопитания при помощи геркона.

Контактные датчики обслуживаются напрямую микроконтроллеров через соответствующие порты. Для отображения информации на светодиодах присутствует драйвер индикации, который обменивается с микроконтроллером информацией по интерфейсу SPI. Данный интерфейс формируется на портах микроконтроллера как альтернативная функция. Также формируется

USB-интерфейс для связи системы с персональным компьютером. Обслуживание GSM - модуля происходит по интерфейсу RS-232. Для преобразования UART в RS-232 в схему введен преобразователь интерфейсов.

Клавиши опрашиваются микроконтроллером напрямую. По интерфейсу I<sup>2</sup>C происходит обмен информации микроконтроллера с драйвером звука задача которого формировать напряжение звуковой частоты для динамической головки. Данное устройство может отключаться от цепи питания в неактивное время при помощи соответствующего геркона.

В таблице 2.1 показаны назначение портов микроконтроллера.

Таблица 2.1 - Назначение портов микроконтроллера.

Порт	Назначение
PF, PA2, PA3	Линии обслуживания полупроводниковых реле
PA1/ SYNC	Сигнал с РПУ
PE5	Управление питанием на РПУ
PB2/DACØ	Управление принимаемой системой РПУ
PBØ, 1; PB3÷7; PA4, 5, 6	Линии обслуживания комплектных датчиков протечек
PC2/RXDØ, PC3/TXDØ, PE7	Линии обслуживания GSM - модуля
PC5/MOSI, PC4/SS PC7/SCK	Линии обслуживания драйвера
D-, D+	Интерфейс - USB
PE3, PE4	Обслуживания клавиатуры
PC1/SCL, PCØ/SDA, PAØ/SYNC, PEØ, PE1, PE2	Линии обслуживания драйвера звука
PE6	Управление питанием драйвера звука
PD6/D- , PD7/D+	Интерфейс - USB

## Список использованных источников

1. Датчики протечки воды GIDROLOCK [Электронный ресурс]: Сайт компании «GIDROLOCK» - Режим доступа: <http://gidrolock.ru/production/datchiki-protechki-vody-gidrolock/?gclid=CO2IuLWcuMoCFcgMcwod-SkDeA> (13.04.2022)
2. Системы защиты от протечек [Электронный ресурс]: Сайт компании «ООО "Специальные системы и технологии"» - Режим доступа: <http://www.neptun-mcs.ru/catalog/parts/> (15.04.2022)
3. Датчики протечки воды. Обзор популярных решений [Электронный ресурс]: Сайт компании «Специальные системы и технологии» - Режим доступа: [http://www.teploluxe.ru/bytovye\\_resheniya/sistemy-kontrolya-protechek-vody/](http://www.teploluxe.ru/bytovye_resheniya/sistemy-kontrolya-protechek-vody/) (20.04.2022)
4. Библиотека электронных компонентов каталога «ПЛАТАН»: пассивные компоненты [Электронный ресурс]: материалы компании «Платан» - Режим доступа: [http://www.platan.ru/catalog/pdf/pass\\_comp.pdf](http://www.platan.ru/catalog/pdf/pass_comp.pdf) (02.05.2022)
5. Ушаков, К.З. Безопасность жизнедеятельности: учебник / К.З. Ушаков, Н.О. Каледина, Б.Ф. Кирин [и др.] - М.: Горная книга, 2005. - 427 с.