

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Интеллектуальные энергетические системы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПОРТОВ USB ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАН-
НОГО ДОСТУПА

Обучающийся

Х.А. Табаров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.В. Прядилов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент М.М. Бажутина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Объем 40 с., 17 рис., 8 табл., 27 источников
Usb порт, система ограничения доступа.

Объектом исследования является система защиты портов USB от несанкционированного доступа.

Целью работы является: Разработка системы защиты портов USB от несанкционированного доступа.

Задачи работы:

1. Обзор состояния вопроса
2. Разработка функциональной схемы
3. Разработка электрической принципиальной схемы
4. Разработка печатной платы.

Данные задачи решены в 3 главах работы.

Степень внедрения: теоретически рассчитаны параметры системы, разработаны схемы и выбраны элементы, разработан алгоритм работы.

В данной работе рассмотрена актуальная проблема несанкционированного использования компьютера для обмена информацией с внешними носителями. В ходе ВКР было разработано устройство, позволяющее блокировать несанкционированный доступ к USB портам для людей, не имеющих физического ключа доступа. Данное устройство может располагаться внутри системного блока компьютера, питаясь от его же блока питания.

Эта работа представляет интерес для читателей, занимающихся электроникой и компьютерной безопасностью.

Областью применения разработанного устройства являются системы компьютерной безопасности в местах массового пользования.

Abstract

The title of the graduation work is «USB port protection system against unauthorized access ».

The senior paper consists of an introduction, 3 parts, a conclusion, 18 picture, 2 tables, list of references including 6 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The object of research is USB port protection system against unauthorized access.

The aim of the graduation work is to develop of a USB port protection system against unauthorized access.

We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions. We then analyze the literature concerning our problem.

We give a review of possible solutions and choose the most suitable ones, develop an electrical circuit diagram, carry out theoretical calculations and select elements.

The key issue of the graduation work is the development of a device that allows blocking unauthorized access to USB ports for people who do not have a physical access key.

In conclusion we'd like to stress that theoretically calculated system parameters, developed a scheme, selected elements and a program for the micro-controller was written.

This work is of interest to readers involved in electronics and computer security.

The field of application of the developed device is computer security systems in places of mass use.

Nevertheless, more experimental data are required.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Состояние вопроса | 6 |
| 1.1 Формулирование актуальности, цели и задач проекта..... | 6 |
| 1.2 Анализ исходных данных и существующих решений | 7 |
| 2 Разработка системы | 19 |
| 2.1 Разработка электрической принципиальной схемы | 19 |
| 2.2. Разработка алгоритма функционирования устройства..... | 28 |
| 2.3. Разработка и расчет электрической схемы блока горячего подключения. | 30 |
| 3. Разработка печатной платы устройства..... | 34 |
| 3.1. Обзор требований, предъявляемых к конструкциям печатных плат и узлов. | 34 |
| 3.2. Выбор охладителя..... | 36 |
| 3.3. Разводка печатной платы | 37 |
| Заключение | 40 |
| Список используемой литературы | 41 |

Введение

В ходе развития человеческого общества компьютер начинает занимать всю большую роль в повседневной жизни многих людей. В настоящее время без компьютерного образования не обходится ни одно учебное заведение, которое желает считать себя на современном уровне. К тому же существуют многие образовательные центры, которые проводят обучение работе на компьютере людей, не имеющих таких навыков. Такие центры имеют целые классы компьютеров, соединенные обычно между собой в локальную сеть. Как известно, практически все современные компьютеры оснащены USB портами. Зачастую бывает необходимость предотвратить (не разрешить) копирование информации с этих носителей и на них (например, для предотвращения несанкционированной утечки информации или заражения компьютера вирусами). Запрет на чтение-запись информации на внешний носитель может быть осуществлен программным методом (при помощи специализированного программного обеспечения). Как правило, для работы с внешними носителями необходимо ввести пароль (при загрузке системы или непосредственно перед операцией чтения-записи). Этот способ имеет недостаток - пароль нужно помнить и есть возможность его утечки, однако существует возможность физического закрытия доступа к данным устройствам посредством разрыва электрических цепей. Таким образом, в данной работе речь пойдет о создании устройства, способного физически размыкать контакты к системам ввода-вывода без ведома руководителя или администратора сети. В его основу положен принцип замка с электронным ключом, того самого, которым открывают домофонные двери. Разница будет составлять то, что функциональное назначение первого – это не допустить физического открытия двери, а второго – не дать возможности аппаратного подключения устройств к шине системной платы компьютера.

При оформлении ВКР пользовались источниками [8, 11, 13, 21].

1 Состояние вопроса

1.1 Формулирование актуальности, цели и задач проекта

В данной работе заявленное устройство должно быть способно физически предотвращать доступ к USB портам без ведома руководителя или администратора сети [19, 27].

В современных компьютерах известны два вида портов горячего подключения: USB и FireWire (огненный провод). Второй вид по некоторым параметрам уступает USB порту, да и встречается пока еще довольно редко. Поэтому в нашем случае конструкцию в качестве подключения-отключения будет составлять USB порт. Также устройство будет содержать в себе печатный узел, состоящий из программируемого микроконтроллера [1, 3, 4, 9], осуществляющего обнаружение или фиксацию исчезновения какого-либо устройства и электронной схемы для включения-выключения блокирования контактов USB разъема. В основу схемы блокирования положен принцип замка с электронным ключом, того самого, которым открывают домофонные двери. Разница будет составлять то, что функциональное назначение первого – это не допустить физического открытия двери, а второго – не дать возможности аппаратного подключения устройств к шине системной платы компьютера. Кроме этого устройство должно иметь внешнюю панельку управления, на которой будут располагаться: панелька ibutton - для касания электронным ключом, кнопка сброса - для очередного блокирования контактов после их разблокирования электронным ключом, светодиод - для отображения режима устройства и блок индикации – для программирования электронных ключей.

Целью работы является: Разработка системы защиты портов USB от несанкционированного доступа.

Задачи работы:

- Обзор состояния вопроса
- Разработка функциональной схемы
- Разработка электрической принципиальной схемы
- Разработка печатной платы.

1.2 Анализ исходных данных и существующих решений

Согласно исходным данным устройство должно содержать тип электронного ключа iButton. В качестве источника питания служит блок питания, имеющийся в персональном компьютере напряжением 5В. Протоколом связи системы с ключом пользователя служит 1-WireNet (MicroLAN) [14].

1.2.1. Принцип работы электронного замка.

Одним из типов ключей, применяемых для электронного замка является ключ iButton фирмы Dallas Semiconductor (рисунок 1 и рисунок 2). Корпус выполнен из двух металлических половинок, являющихся одновременно контактами. Внутри корпуса расположена микросхема DS1920, содержащая в себе энергонезависимую память, внутри которой расположена кодовая последовательность.

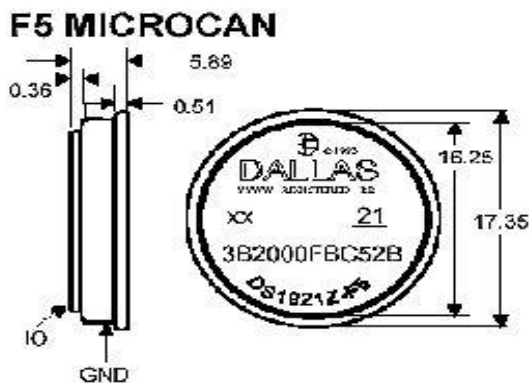


Рисунок 1- Размеры iButton

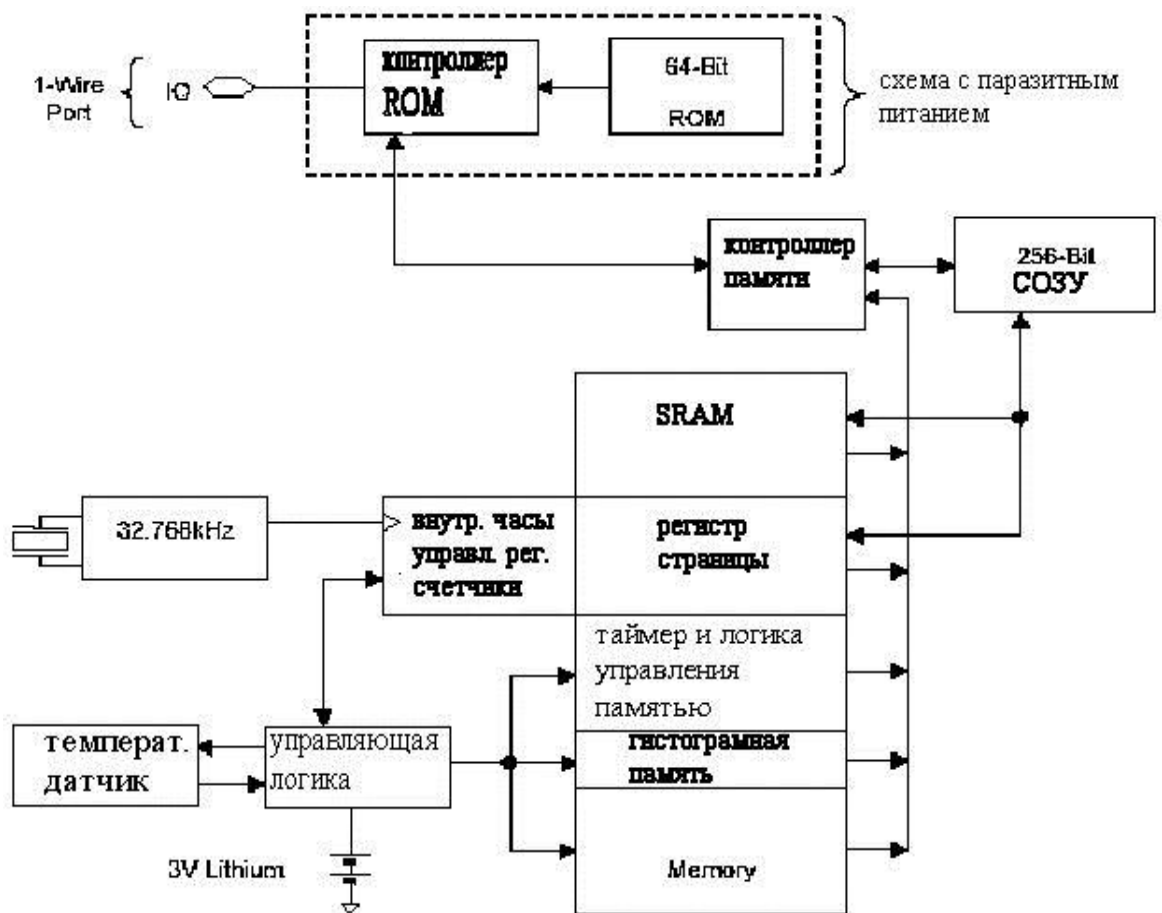


Рисунок 2 - Структурная схема DS1920/21

При касании ключом контактов контроллер считывает записанную в ключе последовательность, сверяет ее с базой разрешенных ключей и принимает решение об открывании электронного замка (в нашем случае - предоставлении доступа к USB портам).

Интерфейс связи таких ключей с контроллером называется 1-Wire Net (однопроводная сеть), через которую они могут читаться и записываться. Альтернативным названием 1-Wire Net является MicroLAN.

«В системе 1-Wire, логические значения лог.1 и лог. 0 представлены низкими уровнями напряжения. Продолжительность низкоуровневого импульса соответствующая лог. 1 должна быть короче чем $15\mu\text{s}$. Чтобы сеть надежно работала даже в наихудших условиях, продолжительность низкого импульса для логического 0 должна быть по крайней мере $60\mu\text{s}$. Импульс продолжительностью $480\mu\text{s}$ определен как импульс сброса. В конце активной части каждого битового интервала необходим особый интервал времени (минимум $1\mu\text{s}$), в течении которого линия связи подтягивается к верхнему уровню напряжения. Он нужен для восстановления готовности к пересылке следующего бита. Это время (неактивная часть временного интервала), также должно быть добавлено к продолжительности активной части при расчете полного времени, требующегося для передачи одного бита.»[14].

Основой любого последовательного порта является микросхема универсального асинхронного приемопередатчика (UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). В этой микросхеме происходит преобразование данных из параллельного формата данных (который используется в компьютере) в последовательный (который используется в порту) при передаче и из последовательного в параллельный при приеме. Эта микросхема обслуживает имеющиеся в компьютере последовательные порты и если используется внутренний модем который сам воспринимается как порт, то он в услугах UART компьютера не нуждается.

«В операциях записи лог.1 или лог.0, UART устанавливает низкий логический уровень на шине на короткое время (меньше чем 15 микросекунд), или на более долгий период (больший чем 60 микросекунд) соответственно.

При чтении UART также переводит линию на низкий уровень на короткий период, действуя так, как будто была послана лог. 1. Затем он снимает сигнал и наблюдает за поведением линии связи. Если шина перешла к высокому уровню, то UART определяет это как чтение лог. 1.» [14]

1.2.2 Описание интерфейсов

«Рассмотрим концепцию сетевого интерфейса 1-Wire (MicroLAN). Однопроводной интерфейс 1-Wire, разработанный в конце 90-х годов фирмой Dallas Semiconductor Corp., регламентирован разработчиками для применения в трех основных сферах-приложениях:

Временные интервалы записи.....

В 1-проводной системе значения логического 0 и логической 1 представлены импульсами различной длительности. Это объясняет форму временных диаграмм записи 1 и записи 0, необходимых для записи команд или данных в приборы (рисунок 3).

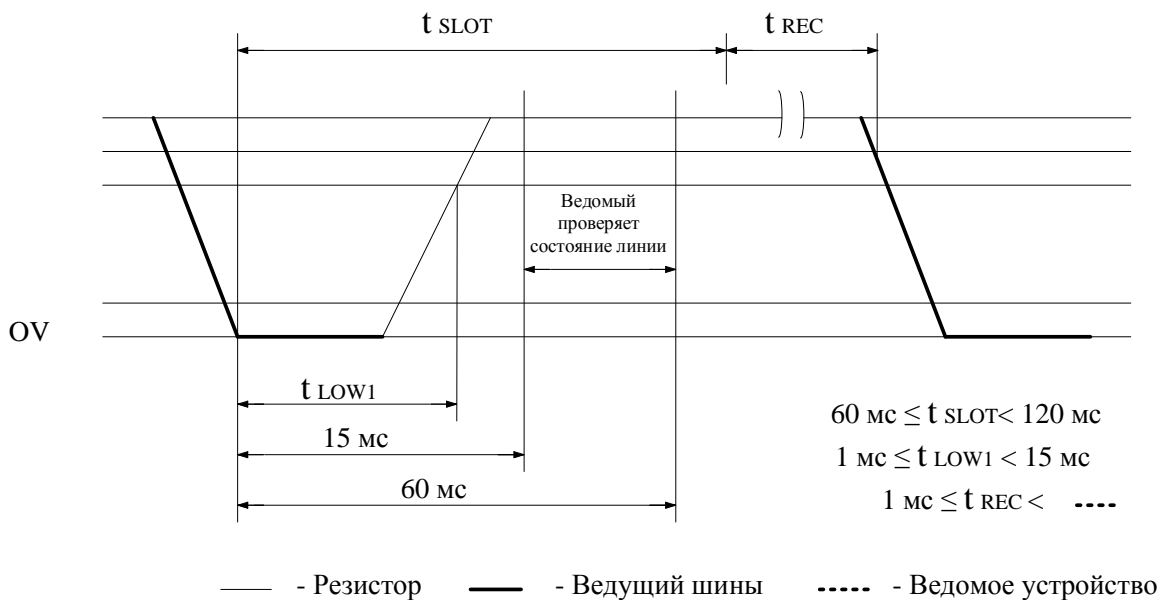
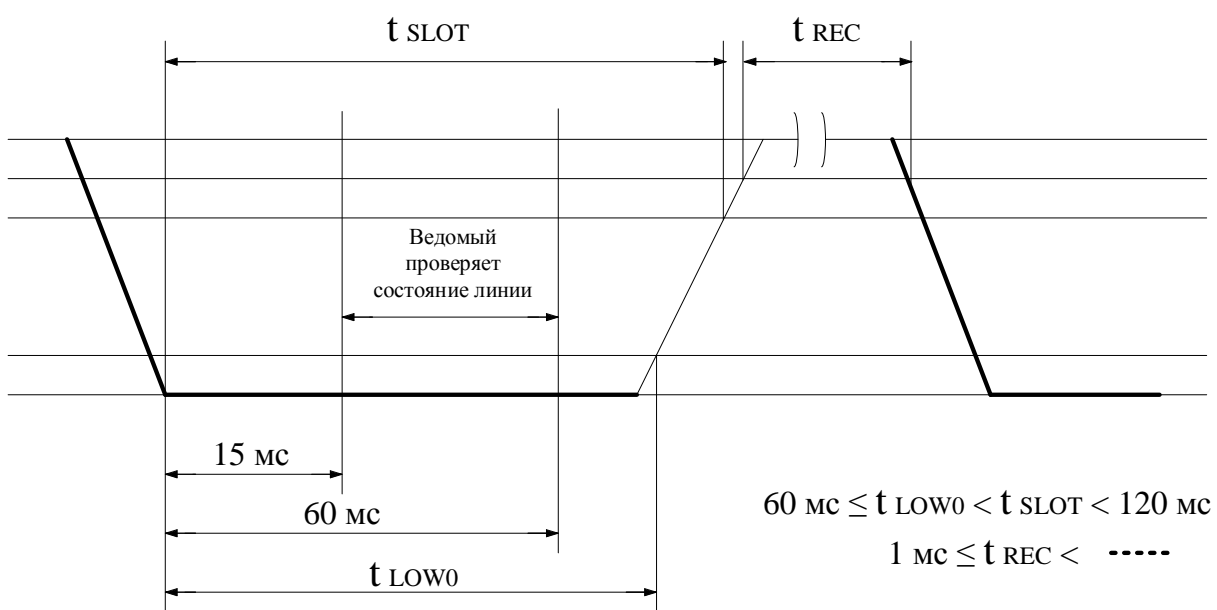


Рисунок 3 - Временная диаграмма записи логической 1.

Продолжительность низкого уровня импульса записи 1 (t_{LOW1}) должна быть короче 15 мкс; для записи 0 продолжительность НИЗКОГО уровня импульса (t_{LOW0}) должна быть по крайней мере 60 мкс, чтобы гарантировать правильность записи в самом плохом случае. Продолжительность активной части временного интервала может быть продлена свыше 60 мкс.»[14]

«Максимальная длительность ограничена тем, что импульс низкого уровня продолжительностью по крайней мере восемь активных временных интервалов (480 мкс) определен как Импульс сброса. Допуская тоже самое максимальное отношение допустимого разброса временных интервалов, импульс низкого уровня длительностью 120 мкс может оказаться достаточным для сброса (рисунок 4).



— - Резистор ——— - Ведущий шины ----- - Ведомое устройство

Рисунок 4 - Временная диаграмма записи логического 0.

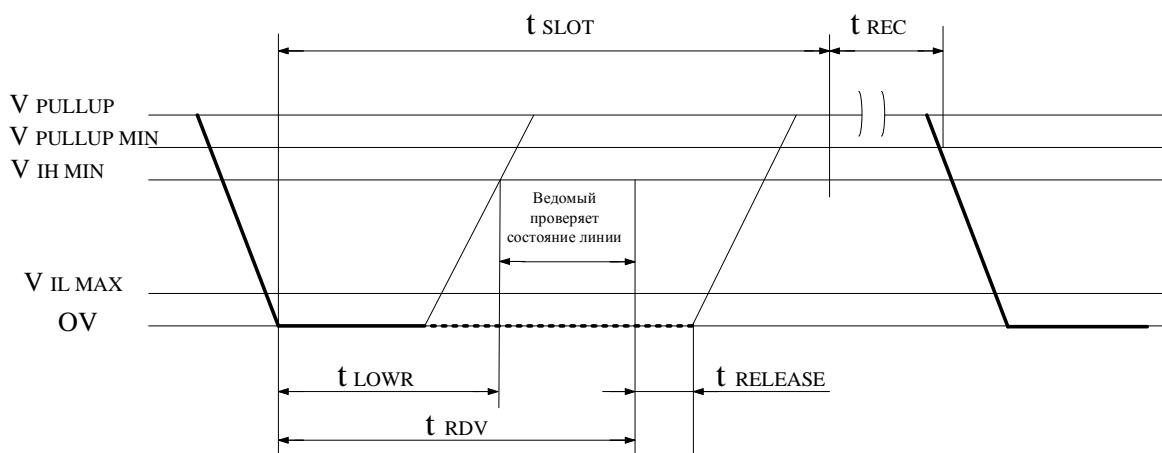
Это ограничивает максимальную продолжительность активной части временного интервала записи 0 величиной 120 мкс, чтобы предотвратить неверное истолкование импульса в качестве Импульса сброса.

В конце активной части каждого временного интервала для приборов MicroLAN требуется время восстановления t_{REC} длительностью минимум 1 мкс, чтобы подготовиться к следующему биту. Это время восстановления может быть расценено как неактивная часть временного интервала и должно быть прибавлено к продолжительности активной части, чтобы получить время, требуемое для передачи одного бита. »[14]

«Широкий диапазон временных интервалов и нечувствительность к времени восстановления позволяют даже медленным микропроцессорам легко выполнить временные параметры для связи по 1-проводному интерфейсу.

Временные интервалы чтения

Команды и данные передаются в приборы MicroLAN, путем комбинации последовательности циклов записи 0 и записи 1. Для чтения данных ведущий шины должен генерировать последовательность циклов чтения, чтобы определить начало передачи каждого бита. С точки зрения ведущего шины, цикл чтения выглядит также, как и цикл записи 1. Используя в качестве стартового условия переход от высокого уровня к низкому, ведомый прибор посылает один бит адресуемой информации. Если бит данных равен 1, прибор не предпринимает никаких действий на шине, оставляя импульс неизменным. Если бит данных равен 0, прибор MicroLAN сохраняет низкий уровень на шине данных в течение интервала времени t_{RDV} , составляющего 15 мкс. (рисунок 5)»[14]



— - Резистор — - Ведущий шины - - - - - Ведомое устройство

Рисунок 5 - Временная диаграмма чтения

«В этом временном интервале данные верны для чтения ведущим. Продолжительность t_{LOWR} низкого уровня импульса, посланного ведущим должна составлять минимум 1 мкс и быть как можно короче, чтобы максимум времени остался для измерения ведущим уровня ответного сигнала. Чтобы компенсировать емкость кабеля 1-проводной шины, ведущий должен детектировать состояние шины как можно ближе к 15 мкс после фронта синхронизации. После t_{RDV} следует дополнительный временной интервал t_{RELEASE} , после которого прибор MicroLAN освобождает 1-проводную шину, чтобы напряжение могло вернуться к уровню V_{PULLUP} . Продолжительность t_{RELEASE} может изменяться от 0 до 45 мкс, номинальная величина составляет 15 мкс.

Сброс и обнаружение присутствия на линии

Как упомянуто выше, протокол обмена по 1-проводной шине поддерживает также Импульс сброса. Этот импульс определен как одиночный импульс низкого уровня минимальной продолжительностью в восемь временных интервалов (480 мкс) после которого следует высокий уровень импульса сброса t_{RSTH} длительностью также 480 мкс. Это состояние высокого уровня необходимо для того, чтобы приборы на шине MicroLAN могли генерировать Импульс присутствия (рисунок 6) »[14]

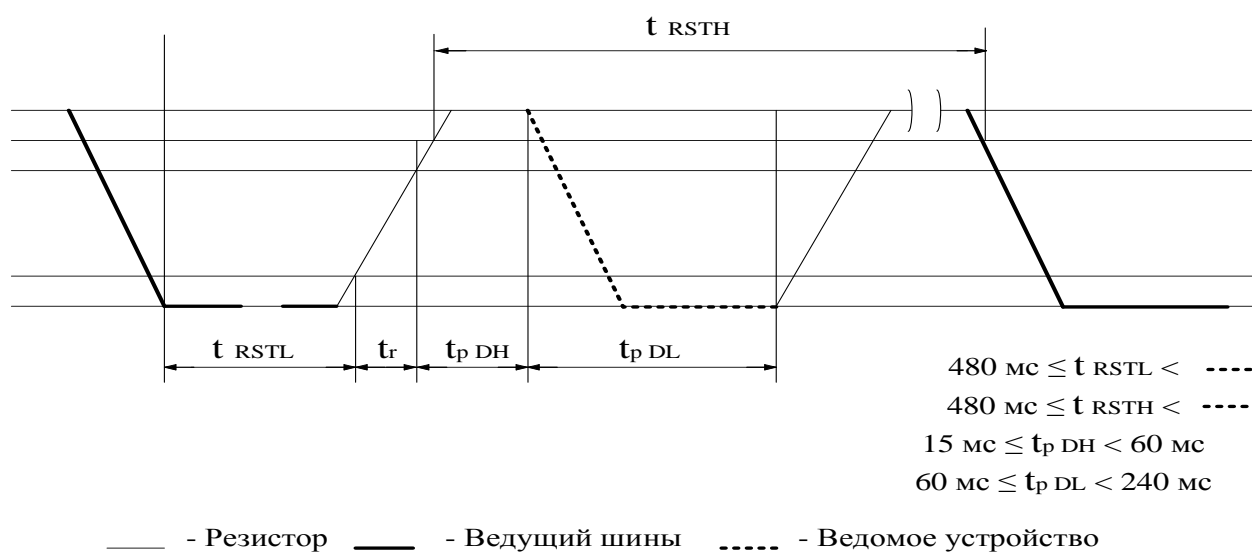


Рисунок 6 - Импульс сброса и обнаружения присутствия

«В течение t_{RSTH} никакая другая связь на 1-проводной шине не допускается. Импульс сброса предназначен, чтобы обеспечить стартовое условие, которое отменяет любой обмен на шине и возвращает все приборы на шине в исходное состояние. В системе с нестабильными электрическими контактами необходимо иметь средства перезапуска после нарушения контакта. В качестве такого средства и служит Импульс сброса. Если ведущий шины посылает Импульс сброса, то прибор MicroLAN ожидает в течение времени t_{PDH} , и затем генерирует Импульс присутствия продолжительностью t_{PDL} . Это позволяет ведущему легко определить, находится ли на шине хоть один прибор. Кроме того, если несколько приборов включены параллельно, ведущий может измерить оба интервала времени и таким образом получить информацию о разбросе временных параметров всех приборов на шине.

Импульс присутствия может служить также в качестве источника аппаратного прерывания. Отключение прибора от шины равносильно сбросу неопределенной продолжительности. Как только прибор снова подключается к шине и обнаруживает высокий уровень на шине данных, он генерирует Импульс присутствия. Эта особенность может использоваться для генерации прерывания при подключении на шину каждого нового устройства.

Обмен на шине начинается либо с генерации ведущим шины импульса сброса, либо с подключения прибора на шину MicroLAN. Как было показано выше, оба этих случая приводят к генерации прибором Импульса присутствия. Импульс присутствия указывает ведущему, что на шине MicroLAN присутствует прибор, идентификационный номер которого может быть прочитан ведущим. После этого ведущий шины передает ведомому команду. Далее, в зависимости от команды, ведущий либо читает данные, либо записывает. »[14]

Последовательность выполнения команд на шине MicroLAN

«Любой цикл обмена данными на шине MicroLAN начинается с передачи ведущим шины Импульса сброса. Этот импульс вызывает также немедленное прекращение любого обмена, идущего на шине, и вывода всех микросхем на шине из состояния ожидания. Как было показано выше, отключение прибора от шины эквивалентно подаче Импульса Сброса неограниченной продолжительности. Последовательность действий прибора MicroLAN после подключения к шине полностью аналогична последовательности действий после получения Импульса сброса»[14]

1.2.3. Способы отключения USB портов

Способы отключения USB портов можно разделить на Программные и Аппаратные.

К программным способам относятся:

- Отключение USB через настройки БИОС.
- Изменение параметров реестра для USB-устройств (рисунок 7).
- Отключение USB портов в диспетчере устройств (рисунок 8).
- Использование специализированного программного обеспечения (рисунок 9).
- С помощью редактора локальной групповой политики (рисунок 10)

Аппаратными способами являются способы физического разрыва электрической связи. Например, с помощью:

- Реле (рисунок 11).
- Аналоговых ключей (рисунок 12).

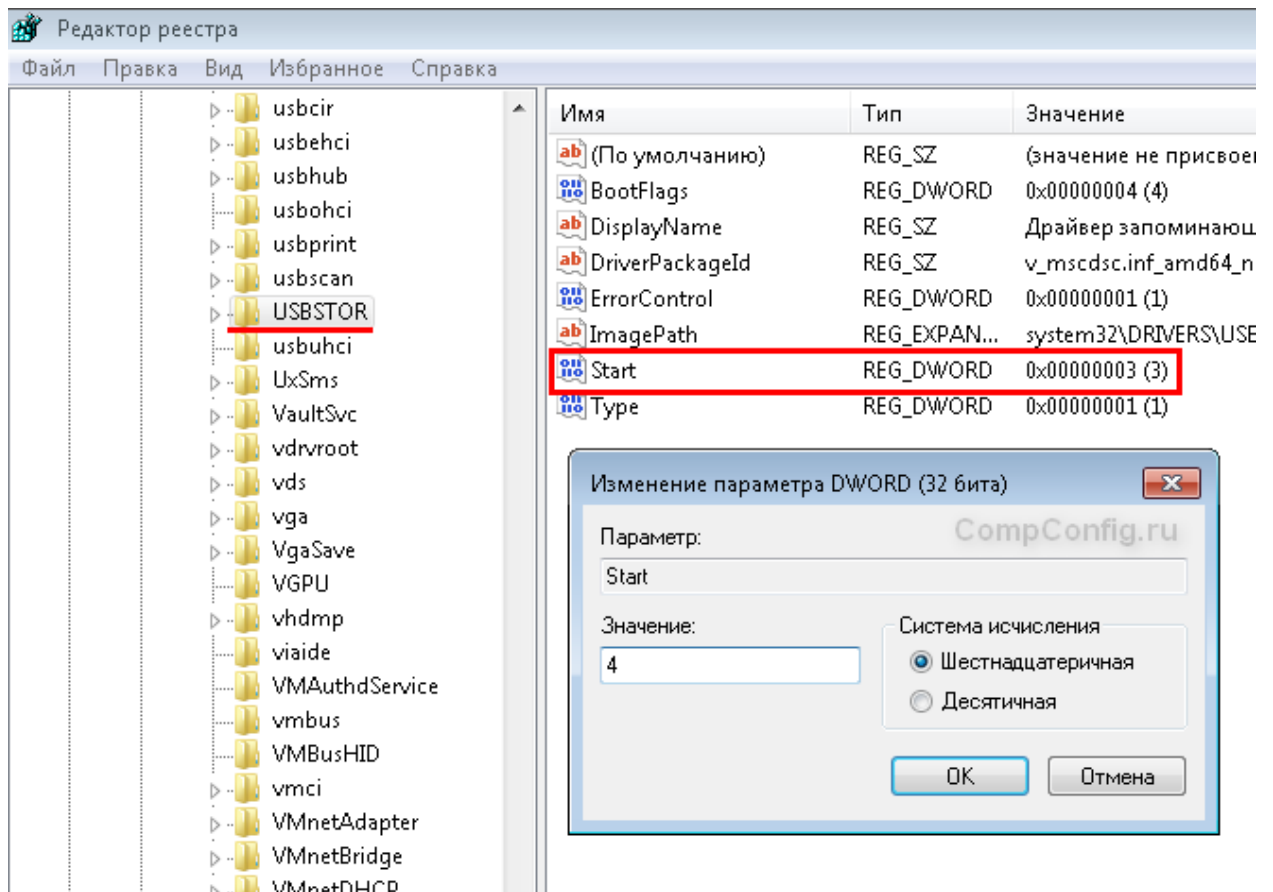


Рисунок 7 – Использование редактора реестра

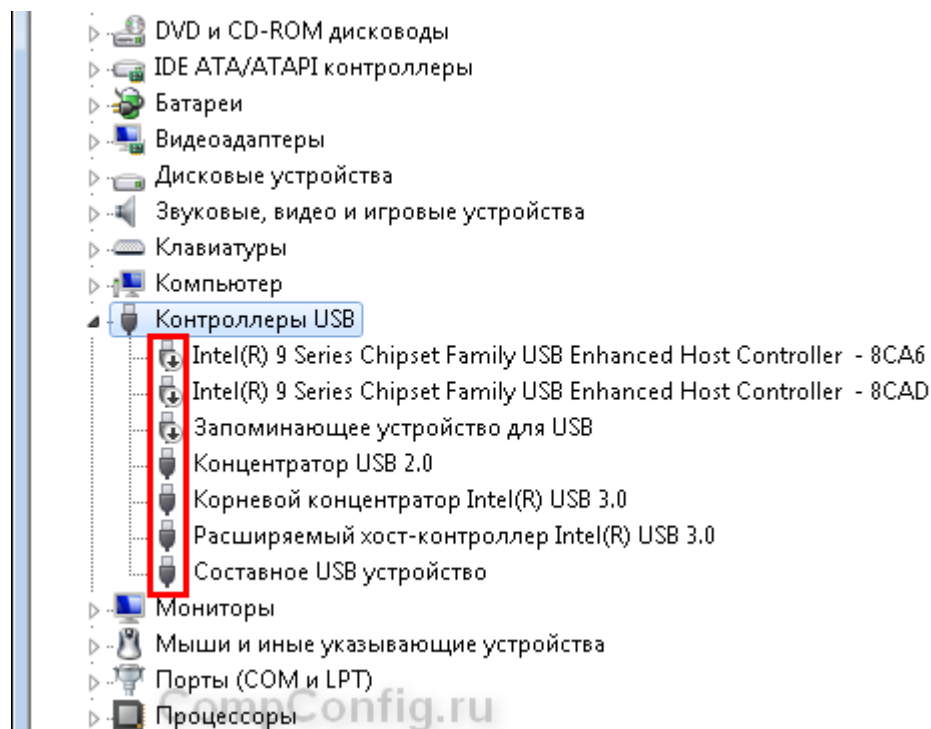


Рисунок 8 – Использование диспетчера устройств



Рисунок 9 – Специализированное программное обеспечение.

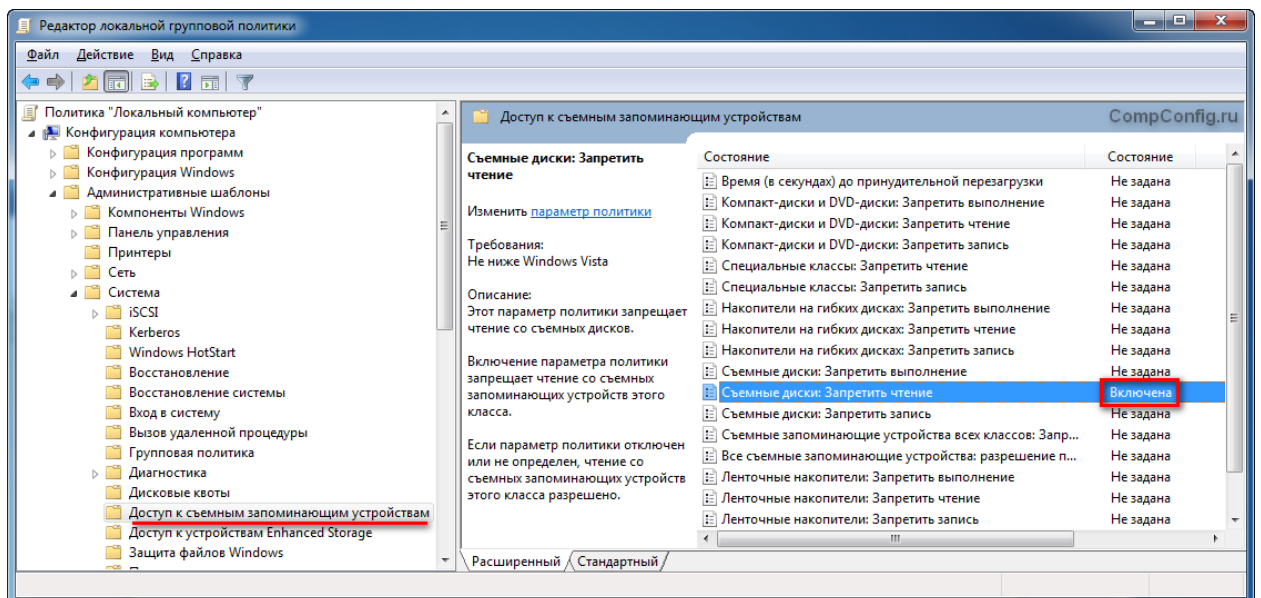


Рисунок 10 Редактор локальной групповой политики

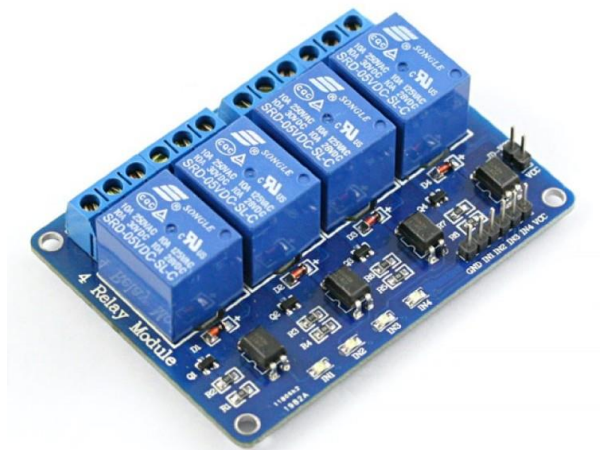


Рисунок 11 – Реле

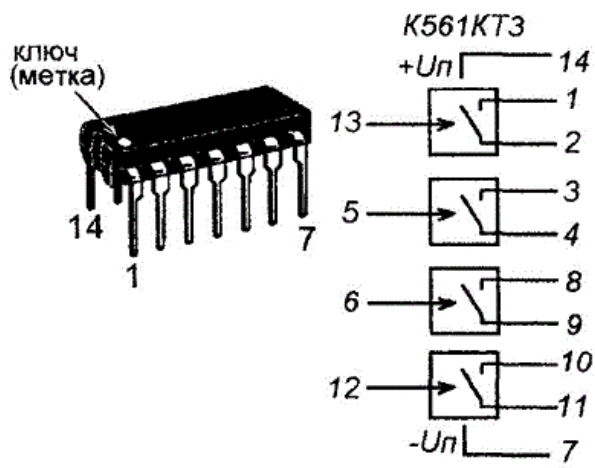


Рисунок 12 – Микросхема аналоговых ключей

2 Разработка системы

2.1 Разработка электрической принципиальной схемы

Существует большое количество домофонных систем, ключами для которых являются электронные таблетки iButton. В результате, такие ключи уже имеются в наличии у множества людей. В связи с этим в данной ВКР было решено использовать эти ключи для обеспечения доступа к USB портам.

Снаружи системного блока предполагается расположить панель с контактами для iButton, индикаторный светодиод, кнопку сброса и индикатор для программирования ключей. Коды ключей хранятся в энергонезависимой памяти и могут стираться и добавляться пользователем. Для защиты от несанкционированного перепрограммирования устройства используется мастер-ключ. Всего в память можно записать 9 ключей. Это количество продиктовано возможностями 1-разрядного индикатора номера программируемого ключа.

Функциональная блок-схема изображена на рисунке 13. Электрическая принципиальная схема - на рисунке 13.

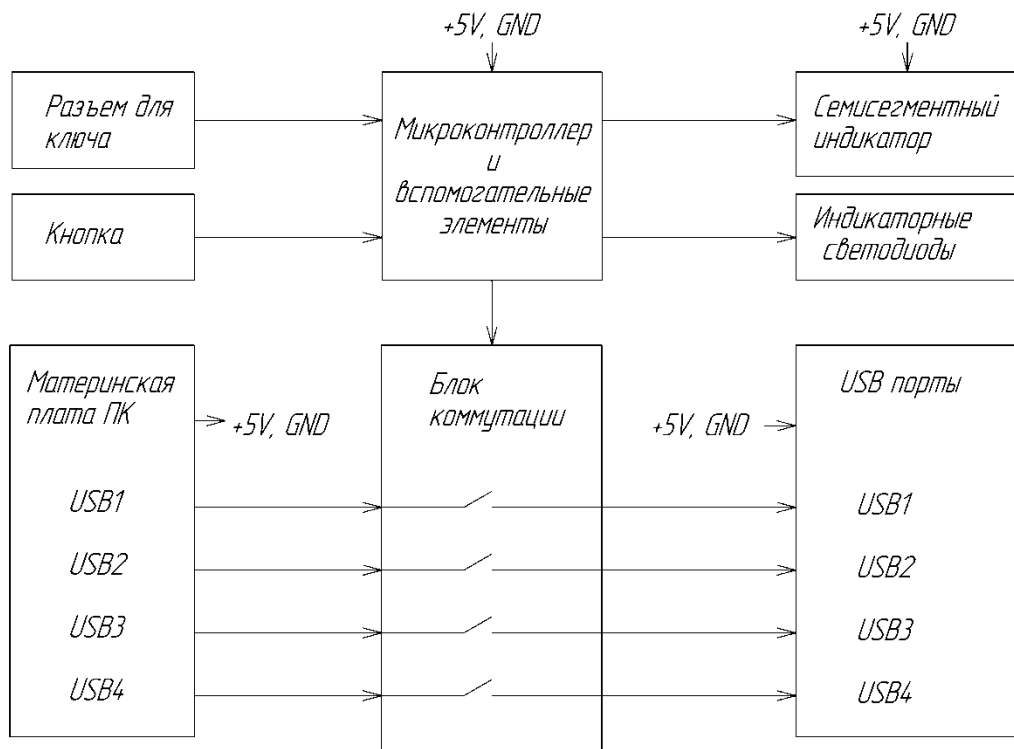


Рисунок 13 – Функциональная схема системы.

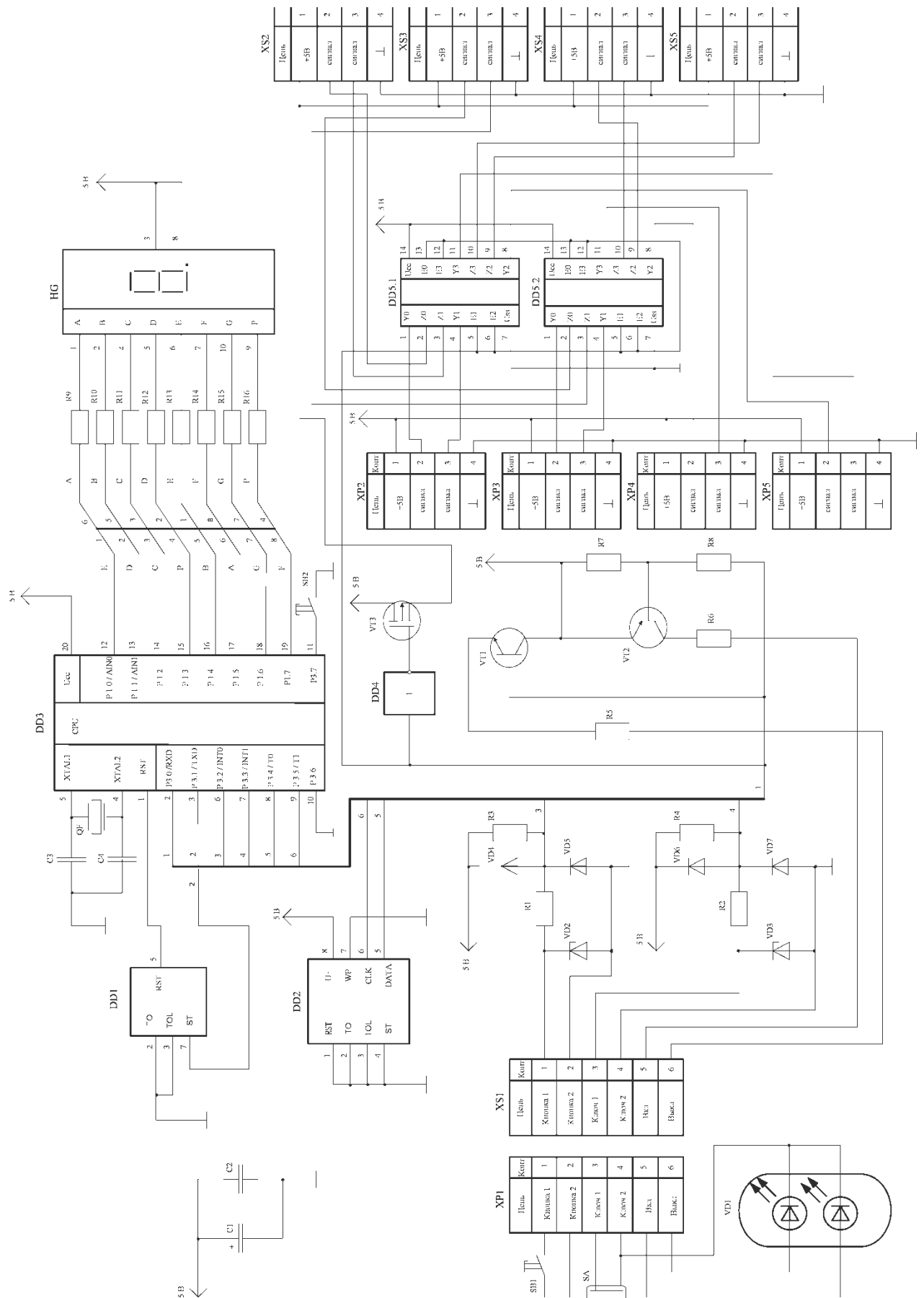


Рисунок 14. – Электрическая принципиальная схема

В качестве микроконтроллера DD3 выбрали микроконтроллер типа AT89C2051 фирмы Atmel [22]:

Характеристики микроконтроллера AT89C2051 фирмы Atmel :

- технология – n-MOP;
- разрядность процессора – 8 бит;
- стираемое программируемое ПЗУ программ – 2 Кбайт;
- ёмкость резидентной памяти данных – 128 байт;
- диапазон рабочих частот 1-12 МГц;
- объём внешней адресуемой памяти программ – 64 Кбайт;
- объём внешней адресуемой памяти данных – 64 Кбайт;
- напряжение питания – 5В;
- рассеиваемая мощность – 1,5 Вт.

Ток потребления AT89C2051 при комнатной температуре и напряжении +5 В составляет 5...8 мА. Существует программная возможность перехода в дежурный режим (Idle Mode) с током потребления около 1 мА и спящий режим (Power-down Mode), ток 20...100 мкА.

Выбрали Кварцевый резонатор (для задания частоты работы) типа: НС-49 с частотой синхронизации 12 МГц [6]. Сдвигающие для генерации фазу конденсаторы С1 и С2 приняли типа: К10-7-1а-50В-22пФ±10% [7].

Всего в AT89C2051 насчитывается 15 действующих разрядов P1.0-P1.7, P3.0-P3.5, P3.7 и один заблокированный разряд, P3.6, который недоступен извне. Направление движения сигналов в каждом из 15 разрядов задается программно и в любой момент может быть изменено с ввода на вывод и обратно.

Контактная панель для iButton подключается к порту P3.3. Элементы VD4, R7, VD5 и VD6 выполняют защитную функцию.

К порту P1 подключен 7-сегментный индикатор LTS6660E. Номиналы резисторов R9 - R16 рассчитываются по формуле:

$$R=(VCC-U_h-U_o)/I_o, \quad (2.1)$$

где $VCC=5$ В - напряжение питания;

$U_h=1,6\dots 1,8$ В - падение напряжения на светодиоде HG;

$U_o=0,2\dots 0,5$ В (0,5В) - напряжение лог."0" МК;

$I_o=4\dots 15$ мА (11мА) - ток через светодиод HG.

Чем меньше сопротивления $R_9 - R_{16}$, тем больше яркость свечения, и наоборот. Резисторы R_9-R_{16} согласно рекомендациям принимаем равными 47кОм: $R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{14}, R_{15}, R_{16}$: МЛТ-47кОм-0,125 Вт \pm 5% [7, 16,23].

Семисегментный индикатор и кнопка SB2, подключенная к порту P3.7, предназначены для добавления в систему новых ключей и удаления из системы лишних ключей. Также она позволяет в любой момент времени производить начальный запуск программы, не выключая питание.

Хранение серийных номеров ключей осуществляется в микросхеме EEPROM DD2 типа 24C02 [17,24,25], подключенной к портам P3.4 (SDA) и P3.5 (SCL). Кнопка разблокирования контактов подключена к порту P3.2 через соответствующие элементы защиты VD1, R2, VD2, VD3.

Вышеуказанные защитные элементы являются рекомендационной частью принципиальной схемы взятого электронного замка с ключами ibutton. В качестве элементов VD1, VD2, VD4, VD5 выбираем диоды 1N4148, параметры которых свели в таблицу 1. В качестве стабилитронов VD3, VD6 выбираем приборы 5V6, параметры которых приведены в таблице 2.2.

Таблица 1 - Параметры диода 1N4148

| Прибор | Параметры | | | | |
|--------|--------------|--------------------|---------------|----------------------|--------------|
| | $U_{пр}$, В | $U_{обр. max}$, В | $I_{пр}$, мА | $I_{обр. max}$, мкА | $C_{д}$, пФ |
| 1N4148 | 1 | 75 | 10 | 0,025 | 4 |

Таблица 2 - Параметры стабилизатора 5V6

| Прибор | Параметры | | | | |
|--------|-------------|------------|----------|------------|-------------|
| | U ст min, В | Uст max, В | I ст, мА | P max, мВт | Rст max, Ом |
| 5V6 | 4,4 | 5 | 5 | 500 | 85 |

Параметры резисторов R2, R6 приняты равными 47 кОм. Из стандартного ряда выбрали номиналы резисторов:

R2, R6: МЛТ - 47кОм - 0,125 Вт ± 5%.

Подтягивающие резисторы R3 и R7 выбраны равными 33 кОм согласно спецификации однопроводной шины. Номиналы этих резисторов:

R3, R7: МЛТ - 33кОм - 0,125 Вт ± 5%.

Двухцветный светодиод для индикации режима работы управляется портом P3.0 через транзисторные ключи VT1, VT2. В качестве светодиода выбрали КТ3107 (красный – устройство включено и зеленый – доступ открыт) с $I_{пр} = 8 \text{ мА}$, $U = 2,5 \text{ В}$, что соответствует:

$$I_{пр} < I_{\text{вых}}, \quad (2.2)$$

где $I_{\text{вых}} = 10 \text{ мА}$ - выходной ток порта в состоянии логического 0.

Для отслеживания уровня питания и предотвращения зависания системы используется супервизор питания DD1 типа ADM1232. Он имеет встроенный сторожевой таймер и монитор питания. Для сброса сторожевого таймера Микроконтроллер создает кратковременные импульсы на выводе P3.1, подключенном к супервизору питания. На выходе RST DD1 вырабатывается единичный импульс сброса длительностью 0,25...1 с в следующих случаях:

при начальном включении питания;

при нажатии кнопки SB2;

при "просадках" напряжения питания ниже 4,5...4,75 В (выбирается уровнем на входе TOL);

при отсутствии на выводе /ST импульсов WDT в течение 0,15...1,2 с .

Для установки внутренних регистров МК в исходное состояние на вывод 1 (RST) необходимо подать единичный импульс длительностью не менее 12 периодов тактовой частоты F. Формула для расчета:

$$T_{\min} (\text{мкс}) = 12/F (\text{МГц}), \quad (2.3)$$

Общая нагрузка по всем линиям всех портов AT89C2051 не должна превышать 80 мА, то есть 4 линии по 20 мА, 8 линий по 10 мА или 15 линий по 5,3 мА. Нагрузочная способность выходов МК позволяет подключать к любому из них: 1-2 входа микросхем серии K155, 1-4 входа - K555, 1-8 входов - KP1533 или 1-25 входов - K561. Линии портов AT89C2051 могут электрически соединяться напрямую друг с другом или с общим проводом без опасности их повреждения в случае программного сбоя.

Для включения двухцветного светодиода использовали схему из двух транзисторных ключей. Т.к. для включения светодиода требуется пропустить через него ток $I=8$ мА, то распределяем нагрузочную способность выходов МК в 8 линий по 10 мА. Транзистор VT1 выбрали по Iвых МК, который является током базы транзистора, и напряжению $U_{бэ}$, которое является напряжением логического 0. Значит $I_b = I_{\text{пот}} = 10$ мА. Из [7] выбрали транзистор ГТ109Ж. Справочные данные транзистора приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Параметры транзистора ГТ109Ж

| Прибор | Параметр | | | | | |
|--------|-------------------|--------------------|-----------|----------------|------------|------------------|
| | $I_{б \max}$, мА | $P_{к \max}$, мВт | $h_{21э}$ | $F_{гр}$, МГц | C_k , пФ | $U_{бэ.нас}$, В |
| ГТ109Ж | 10 | 30 | 100 | 250 | 40 | 0,5 |

Поскольку входное напряжение $U_{бэ}$ составляет около 0,5 В, то его принимаем равным $U_{бэ.нас}$, сопротивление резистора R1 рассчитали:

$$R1 = \frac{U_{БЭНАС}}{I_{Б \max}} = \frac{0,5}{0,001} = 500 \text{ Ом}, \quad (2.4)$$

Определили мощность, рассеиваемую на резисторе R1:

$$P = I^2 \cdot R1 = 0,001^2 \cdot 500 = 0,5 \text{ мВт}, \quad (2.5)$$

Выбрали из стандартного ряда R1: МЛТ – 5,1кОм – 0,5Вт ± 5%.

Для второго режима работы светодиода транзистор VT2 выбрали по максимальному напряжению $U_{бк}$, которое является напряжением логической 1 и потребляемому двухцветным светодиодом току, который является током коллектора транзистора. Значит $I_k=I_{пот}=8$ мА. Из [7] выбрали транзистор КТ361А. Справочные данные транзистора приведены в таблице 4

Таблица 4 - Параметры транзистора КТ337А

| Прибор | Параметр | | | | | |
|--------|-----------------|------------------|-----------|----------------|-----------------|------------------|
| | $I_{к.маx}$, А | $P_{к.маx}$, Вт | $h_{21э}$ | $F_{гр}$, МГц | $U_{кЭНАС}$, В | $U_{бк.маx}$, В |
| КТ337А | 0.03 | 150 | 90 | 250 | 0,2 | 5 |

Рассчитали ток насыщения базы транзистора:

$$I_{БНАС} = \frac{5 \cdot I_k}{h_{21э}} = \frac{5 \cdot 0,03}{90} = 1,1 \text{ мА.} \quad (2.6)$$

Поскольку входное напряжение $U_{кб}$ составляет не менее 4,5 В, то сопротивление резистора R8 рассчитали:

$$R8 = \frac{U_{ПИТ VD}}{I_{к max}} = \frac{4,8}{0,03} = 160 \text{ Ом,} \quad (2.7)$$

где $U_{ПИТ VD}$ - напряжение питания, подводимое к двухцветному светодиоду.

$$U_{ПИТ VD} = U_{ПИТ} - U_{кЭНАС} = 5 - 0,2 = 4,8 \text{ В,} \quad (2.8)$$

4,8 В вполне достаточно для срабатывания светодиода.

Определили мощность, рассеиваемую на резисторе R8:

$$P = I^2 \cdot R8 = 0,03^2 \cdot 160 = 0,144 \text{ Вт,} \quad (2.9)$$

Выбрали из стандартного ряда R8: МЛТ - 160Ом – 0,5Вт ± 5%.

Значение сопротивления R5 рассчитали по формуле:

$$R5 = \frac{U_{Бк}}{I_{БНАС}} = \frac{4,5}{0,0011} = 4090 \text{ Ом.} \quad (2.10)$$

Значение резистора R4 приняли равным значению резистора R5:

$$R4 = R5 = 4090\text{Ом.} \quad (2.11)$$

Определили мощности, рассеиваемые на резисторах R4 и R5:

$$P = I^2 \cdot R4 = 0,0011^2 \cdot 4090 = 0,005 \text{ мВт,} \quad (2.12)$$

Выбрали резисторы R4, R5: МЛТ – 5,1кОм – 0,5Вт ± 5%.

2.2. Разработка алгоритма функционирования устройства.

Предполагается создание мастер-ключа и обычных ключей.

Для включения доступа к USB будет необходимо прикоснуться разрешенным ключом (код которого занесен в систему) или мастер-ключом соответствующего разъема. Код мастер-ключа записывается в систему при ее программировании и не предполагается к изменению в дальнейшем. Мастер-ключ позволяет занести в память дополнительные 9 ключей, пронумерованных от 1 до 9.

Для занесения нового ключа в память необходимо выполнить пункты:

1. Нажать на кнопку (единственную кнопку).
2. Система войдет в режим программирования (буква Р на индикаторе)

Для программирования нового ключа нужно проделать следующие действия (рисунок 15):

1. Нажать кнопку программирования.
2. На индикаторе появится буква «Р», что означает вход в режим программирования.
3. Приложить мастер-ключ
4. На индикаторе отобразится цифра 1
5. Нажатием на кнопку выбрать номер ячейки (от 1 до 9), в которую будет записан ключ. Выбираемый номер будет отображаться на индикаторе. Если в выбранной ячейке уже запомнен ключ – в дальнейшем он будет затерт.

6. Приложить любой ключ.
7. Цифра на индикаторе начнет мигать.
8. Приложить ключ, который необходимо запомнить в системе.
9. Цифра на индикаторе перестанет мигать. Ключ будет занесен в память.
10. Через 5 секунд индикатор погаснет.

Схематически процесс программирования нового ключа показан на рисунке 15.

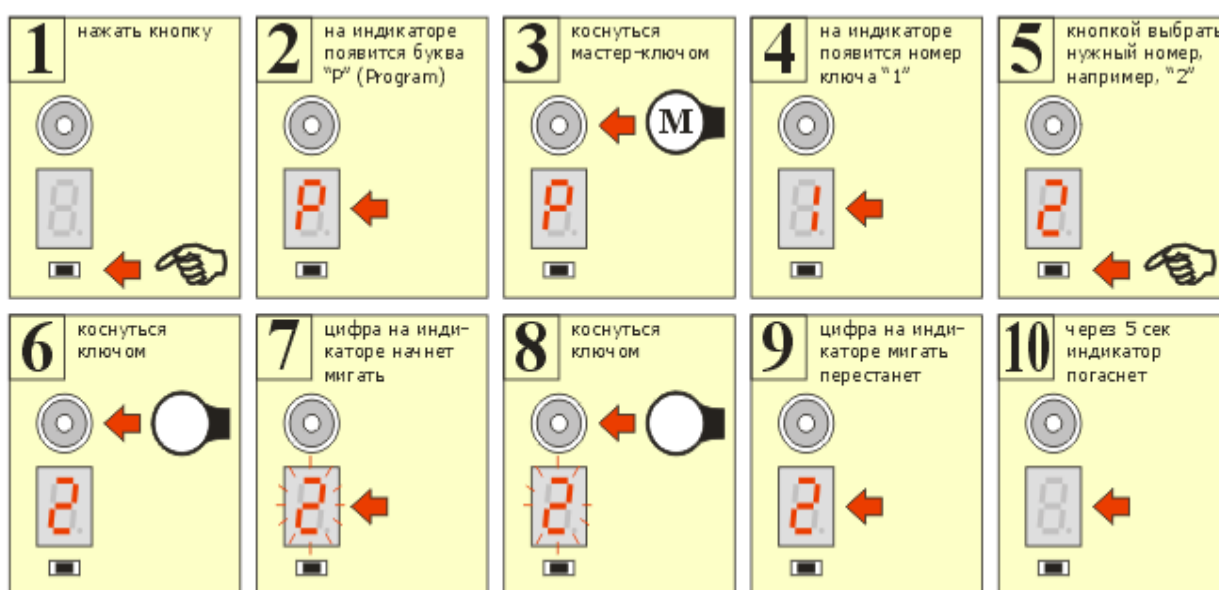


Рисунок 15 - Добавление нового ключа в память

Для внесения сразу нескольких ключей после п.9 необходимо перейти к п.5. Повторить п.5-9 необходимое число раз.

Если в процессе программирования необходимо его прервать – необходимо подождать 5 секунд на любом этапе. Процедура программирования прервется автоматически.

Для стирания ненужного ключа из памяти необходимо согласно вышеописанному алгоритму записать мастер-ключ в ячейку с удаляемым ключем

(удаляемый ключ будет затерт). То есть в п.8 приложить мастер-ключ. Алгоритм изображен на рисунок 16.

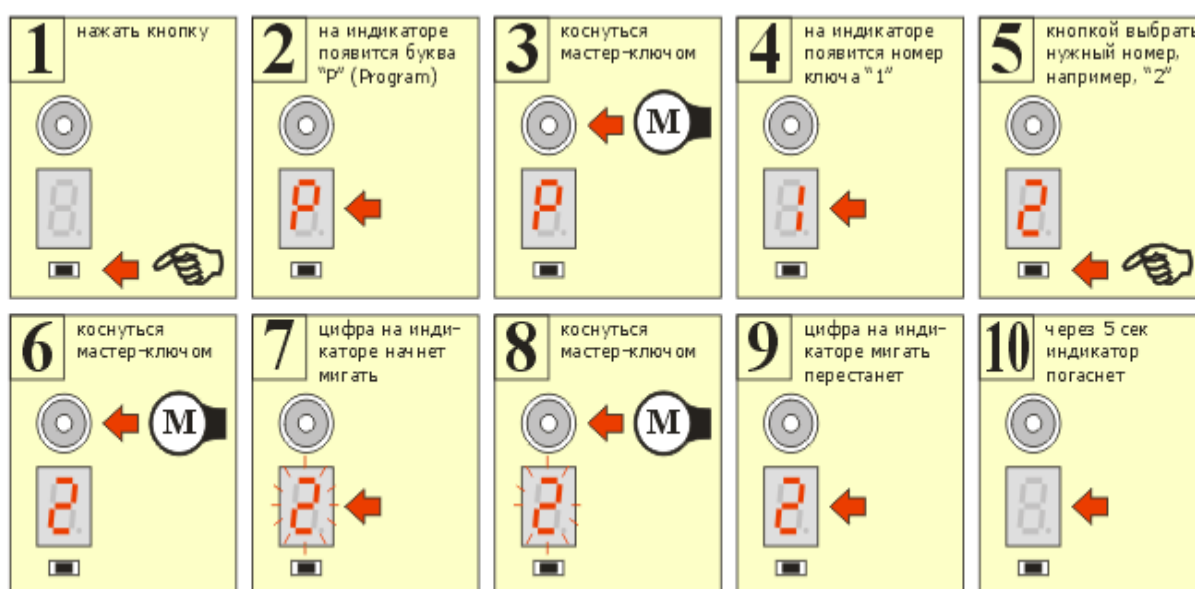


Рисунок 16 – Удаление ненужного ключа из памяти

2.3. Разработка и расчет электрической схемы блока горячего подключения.

«Как известно USB – универсальная последовательная шина, которая является промышленным стандартом расширения архитектуры PC, ориентированным на интеграцию с устройствами бытовой электроники. Кабель USB содержит одну экранированную пару с импедансом 90 Ом для сигнальных цепей и одну неэкранированную для подачи питания (+5В), допустимая длина сегмента до 5 м. Управление энергопотреблением является весьма развитой функцией USB. Для устройств, питающихся от шины, мощность ограничена. Любое устройство при подключении не должно потреблять от шины ток, превышающий 100мА. Рабочий ток (не более 500 мА) заявляется в кон-

фигурации. Устройство USB должно поддерживать режим приостановки, в котором его потребляемый ток не превышает 500 мкА. Устройство должно автоматически приостанавливаться при прекращении активности шины.»[19, 27]

В нашем конкретном случае требуется скоммутировать 3 провода (питание 5В и два сигнальных). Четвертый провод, относящийся к питающей паре, допустимо пустить на землю [26].

Для коммутации сигнальных проводов выбираем микросхему серии К561КТ3 (таблица 5).

Таблица 5 - Параметры микросхемы К561КТ3

| Тип микро- схемы | Параметры микросхемы | | | |
|---------------------|--|---|--|---------------------------------------|
| | Потребля- емый ток I_{cc} , мА | Напряже- ние пита- ния U_{cc} , В | Время нарастания сигнала t_{PLH} , нс | Время спада сигнала t_{PHL} , нс |
| К561КТ3 | 10 | 5 | 10 | 10 |

Структура этой микросхемы изображена на рисунке 12.

Данная микросхема представляет собой 4 двунаправленных переключателя. Управление ИС осуществляется по входу С: при наличии напряжения высокого уровня переключатель открыт, низкого уровня – закрыт. Микросхема предназначена для коммутации цифровых и аналоговых сигналов с токами коммутации до 10 мА. В следствие того, что в компьютерах имеются USB порты в количестве 4 штук (8 сигнальных проводов), то будем использовать две такие микросхемы.

Для коммутации силового провода используем мощный МДП – транзистор с каналом р-типа, так что при $U_{зи}$ равным нулевому потенциалу, он открывается, и происходит замыкание питающего провода шины. В качестве транзистора выбираем прибор серии КП712В, справочные параметры которого приведены в таблице 6 [12, 18].

Таблица 6 - Параметры транзистора КП712В

| Прибор | Параметр | | | | | |
|--------|--------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | $U_{зи}$, В | P_{max} , Вт | $I_{с max}$, А | $I_{з.ут.}$, нА | $U_{зи max}$, В | $U_{зс max}$, В |
| КП712В | 2-5 | 50 | 8 | 100 | 20 | 100 |

Но т.к. с МК на замыкание контактов поступает логич. 1, то перед транзистором ставим инвертор, в качестве которого взяли микросхему серии КР1533ЛЕ4. Электрические параметры приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Электрические параметры выбранной микросхемы

| Тип микро- схемы | Параметры микросхемы | | | |
|---------------------|--|---|--|---------------------------------------|
| | Потребля- емый ток $I_{сс}$, мА | Напряже- ние пита- ния $U_{сс}$, В | Время нарастания сигнала $t_{рЛН}$, нс | Время спада сигнала $t_{рНЛ}$, нс |
| КР1533ЛЕ4 | 4 | 5 | 15 | 9 |

3 Разработка печатной платы устройства

3.1. Обзор требований, предъявляемых к конструкциям печатных плат и узлов.

3.1.1. Конструкции печатных плат.

«При выборе толщины печатной платы учитывается необходимая жесткость конструкции, а также механические и климатические нагрузки при эксплуатации. Размеры печатной платы не должны превышать $220 \times 380 \text{ мм}^2$, соотношение сторон печатной платы должно быть целым числом.

Центр отверстий под крепления навесных элементов должен располагаться в узлах координатной сетки с шагом 2,5 мм, допускается шаг сетки 1,25 мм. Если устанавливаемый элемент имеет 2 вывода, расстояние между которыми не кратно шагу сетки, либо устанавливается многоконтактный элемент, то центр одного отверстия устанавливается в узле координатной сетки, а остальные отверстия располагаются либо по вертикальным, либо по горизонтальным линиям сетки. Все отверстия печатных плат, служащие в качестве монтажных или переходных, должны быть металлизированы. Диаметр отверстий d_o печатной платы должен быть больше диаметра выводов d_v вставляемого в него элемента. Если $d_v \leq 0,8 \text{ мм}$, то $d_o = d_v + 0,2 \text{ мм}$; если $d_v > 0,8 \text{ мм}$, то $d_o = d_v + 0,3 \text{ мм}$. Отверстия, соединенные печатными проводниками или отверстия под пайку выводов навесных элементов, должны иметь монтажную площадку: $d_{\text{мон.пл.}} = d_o + 2 \cdot b$, где $b \geq 0,7 \text{ мм}$. Отношения расстояния между краями близлежащих отверстий к толщине печатной платы должен быть не менее 1. Под печатный монтаж рекомендуется использовать только одну сторону печатной платы. Протяженность печатных проводников не ограничена, но должна быть по возможности минимальной. Ширина печатных проводников рекомендуемая 1,2 мм; минимальная – 0,8 мм; расстояние между печатными проводниками рекомендуемое 1,5 мм; минимальное – 1 мм. При ширине печатных проводников свыше 2,5 мм его рекомендуется разбивать на несколько параллельных проводников.»[15]

«Печатные проводники не должны иметь резких переходов и перегибов. Переход от монтажной площадки к печатному проводнику должен быть также плавным (радиус скругления примерно 1...2 мм). Расстояние между печатным проводником и краем платы либо отверстием большого диаметра (> 10 мм) должно быть не менее 4 мм. Входные и выходные концы печатных проводников должны быть соединены в систему, удобную для подключения переходных элементов. На плате необходимо предусмотреть не менее 2 технологических отверстий. Пересечение проводников на плате устраняется с помощью перемычек, изготавливаемых из луженой медной проволоки, помещенную в полихлорвиниловую изоляцию. При двухстороннем печатном монтаже следует избегать прокладки проводов и перемычек, параллельных аналогичным деталям, размещенным на другой стороне. Шероховатость неметаллизированных поверхностей $R_z \leq 80$, металлизированных – $R_z \leq 40$. После изготовления печатная плата покрывается лаком для восстановления поверхностного сопротивления изоляции. Пайка осуществляется волной припоя.

3.1.2. Конструкции печатных узлов.

Печатный узел – печатная плата с установленными на него печатными элементами. При конструировании печатного узла целесообразно руководствоваться следующими требованиями:

- Навесные элементы устанавливаются на плате тремя способами:
плотную к печатной плате (минимальный объем, высокая вибростойкость); установка с зазором; комбинированный.
- Полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы не следует располагать близко к элементам, выделяющим много тепла или излучающим магнитные поля.
- Перед пайкой все выводы навесных элементов должны быть закреплены в отверстиях печатной платы. »[15]

«- Навесные элементы располагаются на печатной плате параллельными рядами или группами.

- Малогабаритные элементы с большим числом выводов укрепляются на плате в зависимости с их конструктивными особенностями.

- Навесные элементы, имеющие большие массу и габариты, должны устанавливаться вне печатной платы.

Все создаваемые печатные узлы должны удовлетворять следующим требованиям:

- Конструкция печатных узлов должна предусматривать свободный доступ к любому элементу.

- Крепления печатных узлов в блоке не должны давать прогиба печатной платы.

- Должна быть изоляция печатного узла от корпуса блока.

- После изготовления печатный узел покрывается лаком. »[15]

- Рекомендуется обрамлять по периметру печатную плату металлической рамкой.

- Рекомендуется с торца печатной платы устанавливать ручку из изоляционного материала, в которой предусмотрен паз.

Объединив схемы: электрическую схему электронного ключа, блока горячего подключения и наружных разъемов портов шины получили принципиальную схему системы ограничения доступа, вынесенную на формат.

3.2. Выбор охладителя

Считая, что тепло, выделяемое на р-п переходе полупроводникового прибора, отдаётся только через контакт полупроводникового прибора и радиатора, выбрали из [2, 5, 7] величине выделяемой мощности охладитель О231.

3.3. Разводка печатной платы.

Исходя из разработанной электрической принципиальной схемы и геометрических размеров выбранных элементов была разведена печатная плата, изображенная на рисунок 17.

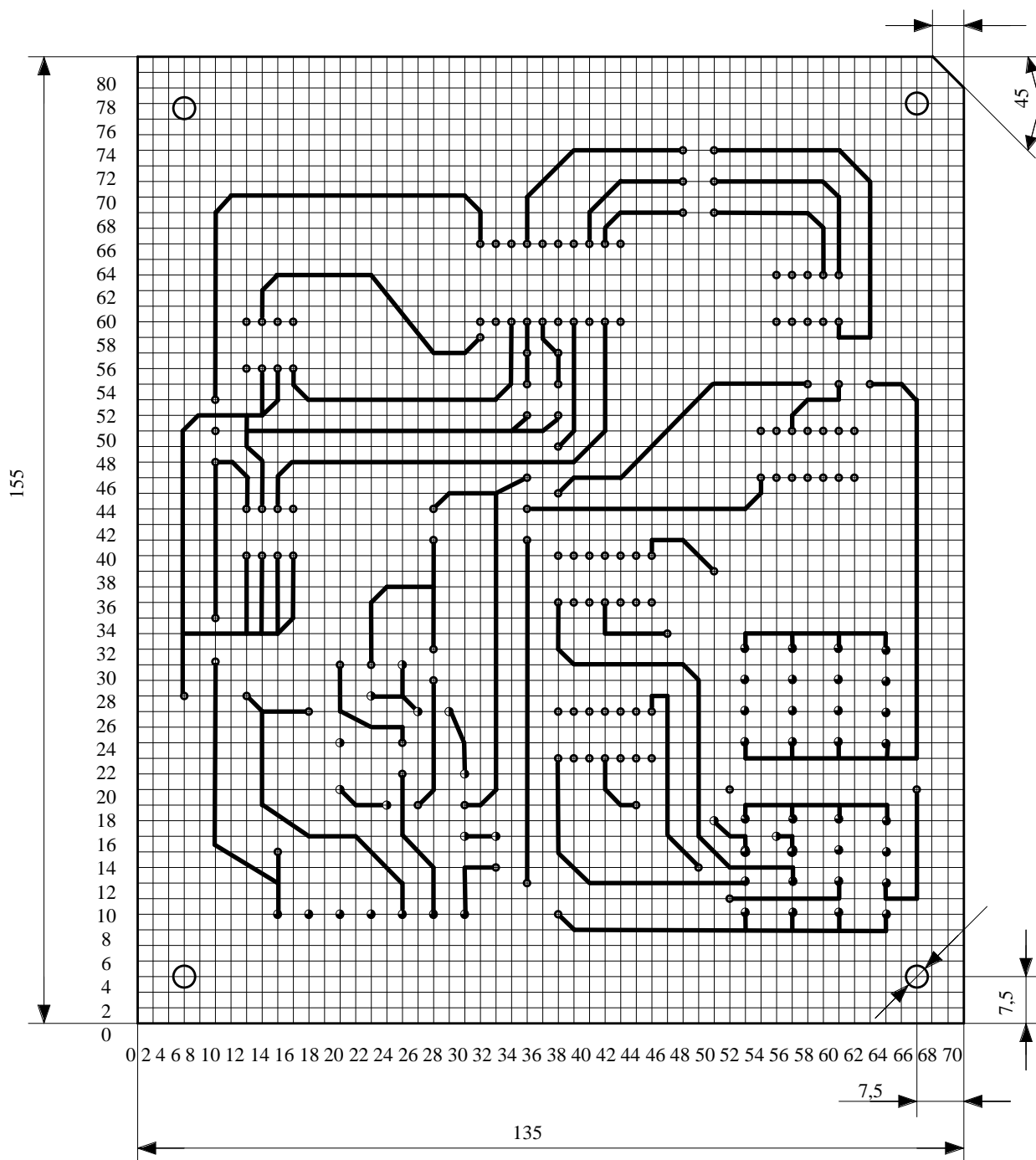


Рисунок 17а – Верхняя сторона печатно платы

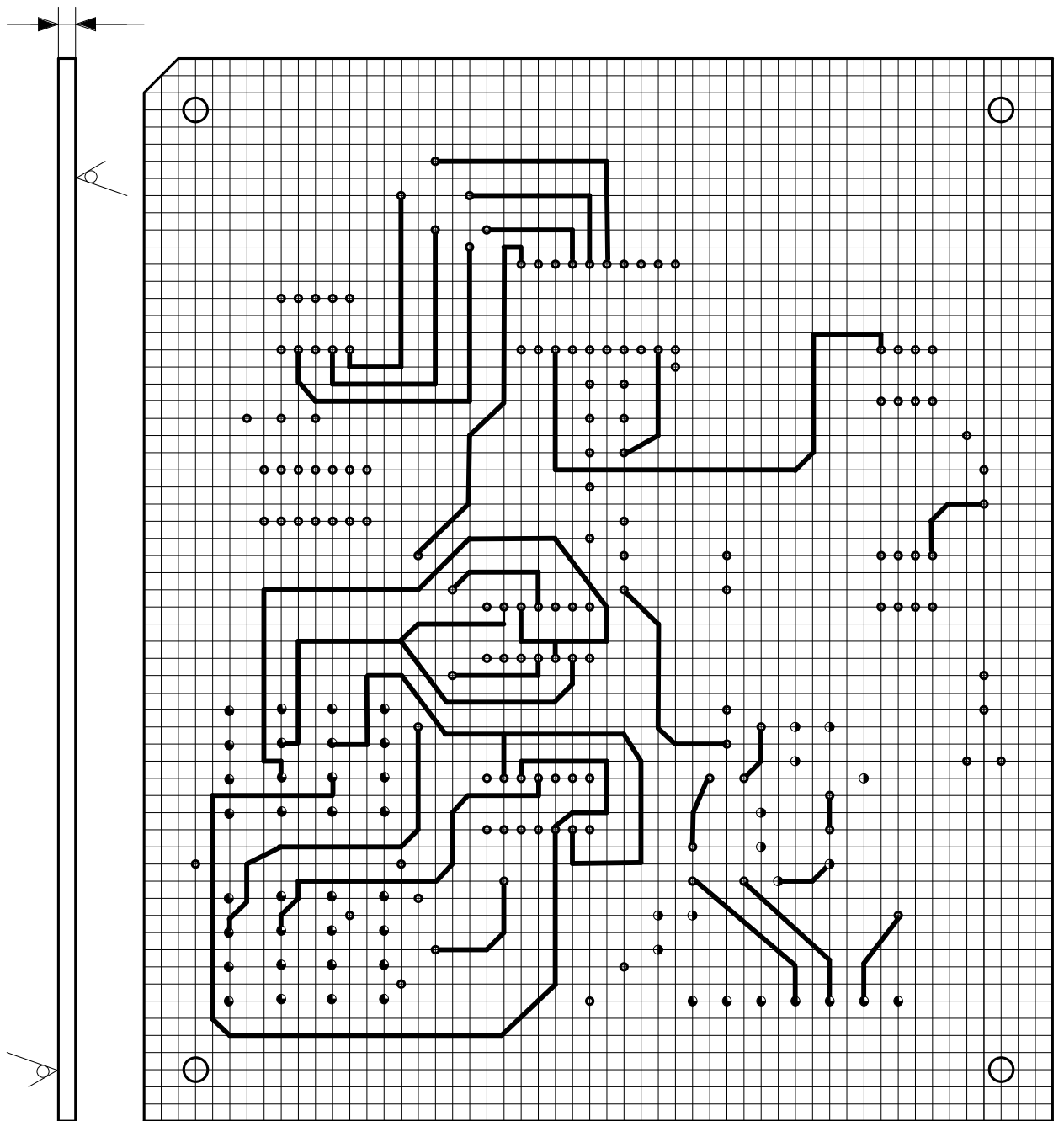


Рисунок 176 – Нижняя сторона печатно платы

Условные графические обозначения приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Условные графические обозначения

| Обозначение отверстий | Диаметр отверстия, мм | Диаметр контактной площадки, мм | Количество отверстий |
|---|--------------------------|------------------------------------|-------------------------|
|  | 0,8 ^{+0,14} | 1 | 234 |
|  | 1,2 ^{+0,14} | 1,5 | 14 |
|  | 2 ^{+0,14} | 2,3 | 39 |

Технические требования к изготовлению платы:

- Плату изготовить химическим методом.
- Плата должна соответствовать ОСТ 4.077.000.
- Шаг координатной сетки 2,5 мм.
- Линии координатной сетки нанесены через одну.
- Минимальная ширина проводников 1,5 мм.
- Минимальное расстояние между проводниками 3 мм, в узких местах 1,5 мм.
- Пайку и лужение проводить припоем ПОС-61 ГОСТ 21930-76.
- Маркировать краской ТНПФ ТУ 29-02-359-70 шрифт 3 по НО.010.007.

Заключение

В данной ВКР была разработана система ограничения доступа, предназначенная для предотвращения несанкционированного использования USB портов персонального компьютера.

В состав системы входят: один контроллер, дополняемый микросхемой памяти EEPROM, супервизором и блоком индикации; внешняя панель с размещением кнопки сброса, панельки ibutton и индицирующего светодиода; транзисторные ключи, управляющие включением двухцветного светодиода; блок горячего подключения для коммутации проводов USB шины, содержащий 3 микросхемы и полевой транзистор; клемных разъемов для подключения к устройству проводов данной шины.

По особенностям применения: допускается эксплуатация системы 24ч в сутки, она предназначена для установки на компьютеры в учреждениях, имеющих учебные компьютерные аудитории и системного администратора.

Контроллер с микросхемами и другие элементы схемы монтируются на печатной плате размером 155 на 135 мм. Внешняя панель соединяется с печатным узлом разъемом со штырьковыми розетками. Провода указанной шины крепятся на клемники и устанавливаются на печатной плате также с помощью штыревых розеток. Устройство рассчитано на напряжение потребления 5В блока питания компьютера.

Внутреннее расположение конструкции печатного узла дает дополнительную защиту устройству от физического на него воздействия.

Данное устройство полностью соответствует поставленной цели и может быть использовано в компьютерных классах общественных и многолюдных учреждений.

Список используемой литературы

1. Голубцов М.С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. –М.:Солон-Пресс.2005.-304с.:ил.
2. Горбачёв Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника: Учебник для ВУЗов/Под ред. В.А. Лабунцова.-М.: Энергоатомизат, 1988.-320с.: ил.
3. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR.– М.:РадиоСофт, 2002. -176с.:ил.
4. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы ATMEL.–М.:Додэка, 2004.-288 с.:ил.
5. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. –М: Высш. школа, 1982. -496 с.: ил.
6. Конденсаторы: Справочник / Четверков И.И., Дьяконов М.Н, Присняков В.И. и др.: Под ред. Четверкова И.И., Дьяконова М.Н.-М.: Радио и связь. -1993. -392с.: ил.
7. Масленников М.Ю. Справочник разработчика и конструктора РЭА. –М.: Радио и связь, 1988.-300с.: ил.
8. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Оформление ВКР (Дата обращения: 18.02.2021)
9. Микропроцессорные устройства./курс лекций Агунов М.В. Тольятти, 1999.
10. О.Н. Лебедев. Микросхемы памяти и их применение. – М.: Радио и связь, 1989, - 160с.:ил.
11. Положение о выпускной квалификационной работе: утв. решен. учен. совет. от 21.11.2019 решение №254 : [Электронный ресурс]. URL:

[https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о ВКР (Дата обращения: 18.02.2021)

12. Полупроводниковые приборы: Справочник / Гитцевич А.Б.-М.: Радио и связь, 1988.-528с.:ил.

13. Порядок обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ в ТГУ : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о Антиплагиате (Дата обращения: 18.02.2021)

14. Протокол 1-Wire [Электронный ресурс]. URL: <https://avr.ru/beginer/understand/1wire> (Дата обращения: 30.05.2022)

15. Расчет ширины дорожки печатной платы в зависимости от силы тока: [Электронный ресурс]. RadioProg. 2017. URL: <http://radioprogram.ru/post/257>. (Дата обращения: 30.05.2022).

16. Резисторы: (Справочник)/Ю.Н.Андреев, А.И.Антонян, Д.М.Иванов и др.; Под.ред. И.И.Четверткова.-М.: Энергоиздат, 1981.-352с., ил.

17. Сташин В.В. и др. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах/В.В. Сташин, А.В. Урусов, О.Ф. Мологонцева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 244с.

18. Транзисторы/Чернышев А. А., Иванов В. И., Галахов В. Д. и др.; Под общ. ред. А. А. Чернышева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1980.— 144 с., ил.— (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1002).

19. Универсальная последовательная шина USB [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/USB> (Дата обращения: 30.05.2022)

20. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры это же просто. –М.:Скимен, 2002.-336с.ил

21. Электроника и наноэлектроника, управление в технических системах, электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы / сост. Позднов М.В., Прядилов А.В. - Тольятти: ТГУ, 2019. - 41 с.

AT89S8252 Datasheet (PDF) - ATMEL Corporation [Электронный ресурс]. URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/175000/ATMEL/AT89S8252.html> (дата обращения: 27.05.2021)

22. AT89S8252 Primer [Электронный ресурс]. URL: <http://www.shrubbery.net/~heas/willem/PDF/ATMEL%20Flash%20Microcontroller/8051-Architecture/Application%20Notes/AT89S8252%20Primer.pdf> (дата обращения: 27.05.2022)

23. Electrical resistance and conductance [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistance_and_conductance (дата обращения: 17.05.2021)

24. Electronic Components Datasheets [Электронный ресурс] URL: <http://www.datasheets.ru> (дата обращения: 17.02.2021)

25. Maxim Integrated and the Maxim Integrated logo are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer 2015 Maxim Integrated Products, Inc. 20

26. S. A. Prasad, B. S. Kariyappa, R. Nagary, S. K. Thakur, Microcontroller Based AC Power Controller, Wireless Sensor Network, Vol. 1, Issue 2, Jul 2009, pp. 76-81.

27. USB [Электронный ресурс]. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/USB> (Дата обращения: 30.05.2022)