

Управление образования г. Пензы

МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г. Пензы

USB адаптер для телеграфного ключа

Выполнил:

Студёнов Иван Юрьевич,
обучающийся МБОУ ЛСТУ №2 г. Пензы

Руководители:

Адамский Сергей Сергеевич,
учитель информатики,
педагог-методист МБОУ ЛСТУ №2 г. Пензы

Пенза, 2026 г

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И АНАЛИЗ.....	4
1.1. Актуальность и значимость проекта: возрождение азбуки Морзе в цифровую эпоху	4
1.2. Принципы работы телеграфного ключа и основы азбуки Морзе	5
1.3. Возможности микроконтроллеров Arduino Nano для обработки сигналов и эмуляции HID-устройств.....	6
2. РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ	7
2.1. Выбор компонентов: Arduino Nano, телеграфный ключ, элементы обвязки.....	7
3. РЕАЛИЗАЦИЯ	9
3.1. Архитектура программного обеспечения и выбор среды разработки.....	9
3.2. Разработка веб-тренажёра Morse Trainer	11
3.3. Сборка прототипа.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	14

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии открывают новые возможности для интеграции исторических устройств в цифровую среду. Данный проект посвящён разработке компактного устройства на базе Arduino Nano, способного преобразовывать механические сигналы от телеграфного ключа в команды USB-клавиатуры. Такое решение позволяет использовать традиционные инструменты радиосвязи для ввода текста на компьютере, создавая мост между прошлым и настоящим. Устройство ориентировано на применение в образовательном процессе и радиолюбительской практике, демонстрируя принципы взаимодействия аналоговых и цифровых систем.

Актуальность проекта обусловлена необходимостью сохранения интереса к истории развития техники и связи, азбуке Морзе среди детей, а также в сообществе радиолюбителей и энтузиастов электроники. В эпоху цифровых коммуникаций этот исторический метод передачи информации сохраняет свою ценность как культурное наследие и практический навык. Разрабатываемый адаптер предоставляет возможность изучения телеграфии через непосредственное взаимодействие с аутентичным оборудованием (настоящим телеграфным ключом).

Ключевая проблема, решаемая в работе, заключается в отсутствии возможности демонстрации работы телеграфного ключа на уроках информатики или в экспозиции школьного музея (так как телеграфные сети в настоящий момент демонтированы). Сам по себе телеграфный ключ несовместим с современной техникой, что создаёт технический барьер для непосредственного использования телеграфных ключей с компьютерами, требуя разработки промежуточных преобразователей сигналов.

Целью работы является создание функционального эмулятора клавиатуры, способного в реальном времени декодировать сигналы телеграфного ключа и преобразовывать их в стандартные команды HID-устройства. Устройство

должно обеспечивать стабильный ввод текста на различных операционных системах без установки дополнительного программного обеспечения.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И АНАЛИЗ

1.1. Актуальность и значимость проекта: возрождение азбуки Морзе в цифровую эпоху

Азбука Морзе представляет собой значимый элемент технического наследия, сыгравший ключевую роль в развитии глобальных телекоммуникационных систем. На протяжении более полутора веков этот способ кодирования информации оставался основным средством дальней связи, обеспечивая передачу данных на континентальных расстояниях. Историческая ценность метода подтверждается его применением в критически важных отраслях — от морской навигации до военной связи. Сохранение и изучение данного протокола позволяет проследить эволюцию коммуникационных технологий. В современную цифровую эпоху азбука Морзе сохраняет культурное значение как объект технического наследия, требующий сохранения и адаптации к новым условиям. Интерес к этому методу передачи данных поддерживается сообществами радиолюбителей и историками техники. Возрождение технологии через современные микроконтроллерные решения демонстрирует преемственность в развитии коммуникационных систем. Данный подход позволяет интегрировать исторические методы в современные цифровые интерфейсы.

Технология находит применение в системах аварийной связи благодаря своей устойчивости к помехам и низким требованиям к аппаратным ресурсам. Разработка эмулятора клавиатуры на базе Arduino Nano обеспечивает техническую реализацию современных применений азбуки Морзе. «Трудно найти такую задачу в области электроники, для которой бы не существовало Arduino-решения. Универсальность платформы позволяет создавать

специализированные HID-устройства с адаптацией под конкретные пользовательские задачи.

1.2. Принципы работы телеграфного ключа и основы азбуки Морзе

Телеграфные ключи подразделяются на механические и электронные конструкции, различающиеся способом формирования сигнала. Механические устройства используют пружинный механизм с контактной парой, замыкающей электрическую цепь при нажатии. Электронные аналоги заменяют механические контакты полупроводниковыми элементами, что повышает надёжность и снижает износ. Эргономика обоих типов ориентирована на минимизацию утомления оператора при длительной работе. Схемотехника ключей варьируется от простейших цепей постоянного тока до сложных систем с цифровой обработкой сигнала. В механических моделях используется прямое замыкание контактов, тогда как электронные версии применяют транзисторные ключи или оптопары для гальванической развязки. Конструктивные особенности влияют на скорость срабатывания и тактильную обратную связь, что непосредственно сказывается на точности передачи кодов.

Телеграфная азбука, или азбука Морзе, представляет собой способ кодирования букв алфавита, цифр, знаков препинания и других символов при помощи последовательности коротких и длинных сигналов (точек и тире). Базовой временной единицей служит длительность точки, а тире эквивалентно трём точкам. Паузы между элементами символа равны одной точке, между символами — трём точкам, между словами — семи точкам. Азбука Морзе – это неравномерный код, где каждой букве или символу соответствует определенная комбинация точек и тире. При этом точка является единицей времени, а тире соответствует трем точкам. Кодирование основано на бинарной логике с вариативной длительностью элементов, что требует точного соблюдения временных интервалов при генерации и распознавании сигналов для корректной интерпретации.

Ручное формирование сигналов предполагает непосредственное управление ключом оператором, где длительность нажатия определяет тип передаваемого элемента. Этот метод требует выработанного навыка для соблюдения временных соотношений между точками, тире и паузами. Автоматические системы используют таймеры микроконтроллеров для программного формирования сигналов с фиксированными временными параметрами. При эмуляции клавиатурного ввода критично точное преобразование временных характеристик сигнала в цифровые коды. Однако, для начинающих в изучении азбуки Морзе это может быть большим затруднением в практическом использовании телеграфного ключа. Алгоритмы обработки должны учитывать вариативность скорости передачи и адаптивно распознавать последовательности точек и тире. Для этого применяются методы анализа временных интервалов с последующим сопоставлением с таблицей символов азбуки Морзе.

1.3. Возможности микроконтроллеров Arduino Nano для обработки сигналов и эмуляции HID-устройств

Arduino Nano построена на микроконтроллере ATmega328P, который хорошо подходит для обработки сигналов телеграфного ключа (измерение длительности нажатий, подавление дребезга и сбор последовательностей точек и тире). При этом ATmega328P не имеет аппаратного USB-контроллера: штатный USB-разъём платы используется для питания и для связи через USB-UART преобразователь, поэтому «из коробки» Nano не может работать как USB-клавиатура.

В проекте задача эмуляции клавиатуры решается программной реализацией USB - библиотекой V-USB (software USB, режим low-speed). Микроконтроллер формирует USB-сигналы на двух цифровых линиях (D+ и D-) и отправляет сигналы HID. Важно, что прошивка передаёт не «готовые символы», а коды нажатых клавиш (scan codes), поэтому отображаемый на

экране символ зависит от текущей раскладки на компьютере или другом устройстве.

При выборе архитектурного решения ключевым критерием стал баланс между сложностью реализации и универсальностью системы. Использование Arduino Nano с аппаратной поддержкой USB HID через библиотеки V-USB позволило избежать необходимости применения дополнительных микросхем-драйверов. Данный подход обеспечивает достаточную скорость обработки сигналов при минимальной схемотехнической сложности. Оптимизация алгоритмов декодирования морзянки обеспечила совместимость устройства с различными операционными системами без изменения аппаратной части.

2. РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ

2.1. Выбор компонентов: Arduino Nano, телеграфный ключ, элементы обвязки

Основным критерием выбора Arduino Nano стала его компактность при сохранении функциональных возможностей. Малые габариты платы (18×45 мм) позволяют интегрировать её в портативные устройства без потери производительности.

Подбор элементов обвязки включал резисторы для ограничения тока и стабилизаторы напряжения. Резисторы номиналом 10 кОм, установленные на входных линиях, предотвращают перегрузки при случайных замыканиях контактов ключа.

Телеграфный ключ подключается к цифровому входу Arduino Nano и работает как обычная кнопка. Для формирования устойчивого логического уровня применяется подтягивающий резистор 10 кОм.

Для эмуляции USB-клавиатуры по V-USB линии USB D+ и D- подключаются непосредственно к двум выводам микроконтроллера. В каждой линии последовательно установлены резисторы 68 Ом для согласования и

ограничения тока. Для защиты входов и ограничения уровней применяются стабилитроны 3,6 В на землю. Дополнительно на одной из линий данных установлена подтяжка резистором 2,2 кОм к питанию USB, что позволяет устройству объявить себя как USB low-speed.

Библиотека требует схему подключения для эмуляции HID-устройства, которая представлена на рисунке 1.

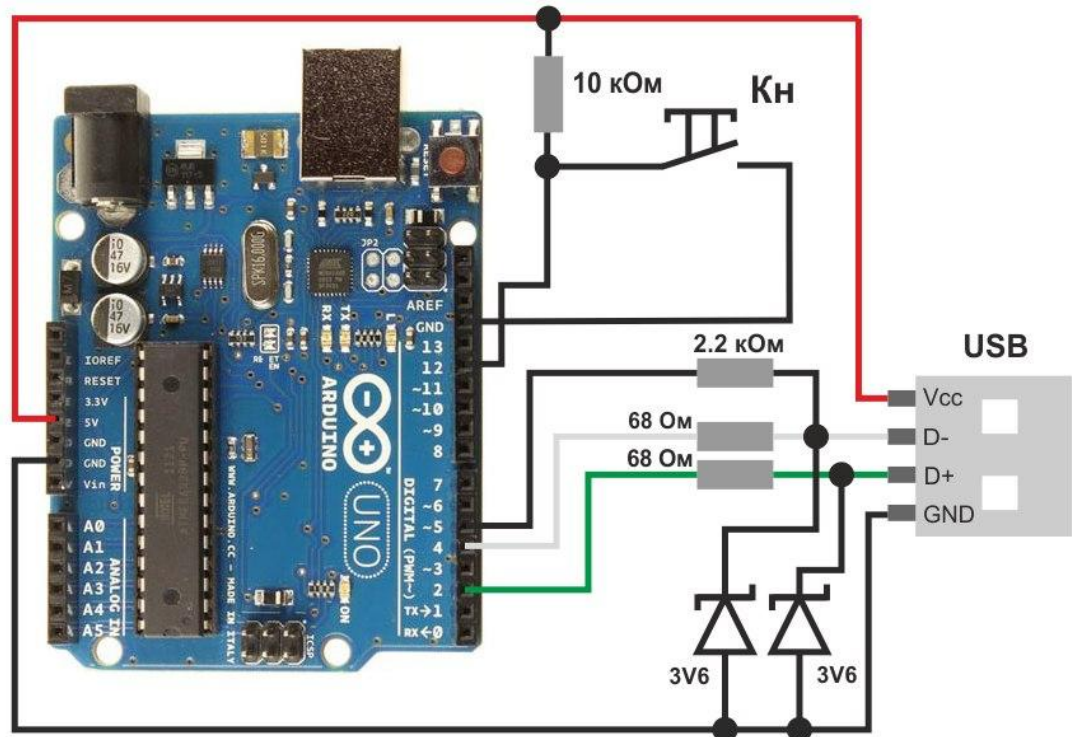


Рисунок 1 - Схема подключения USB-клавиатуры Морзе к Arduino Nano (V-USB)

Надёжность распознавания точек и тире обеспечивается корректным выбором временных порогов и обработкой пауз между нажатиями. Прошивка измеряет длительность замыкания и длительность паузы, после чего формирует элементы Морзе и завершает символ по достаточно длинной паузе.

Компоновка устройства выполнена на макетной плате (рисунок 2). Сборка осуществлялась поэтапно с последовательным подключением каждого функционального узла. После монтажа телеграфного ключа проводилась проверка целостности контактов мультиметром.

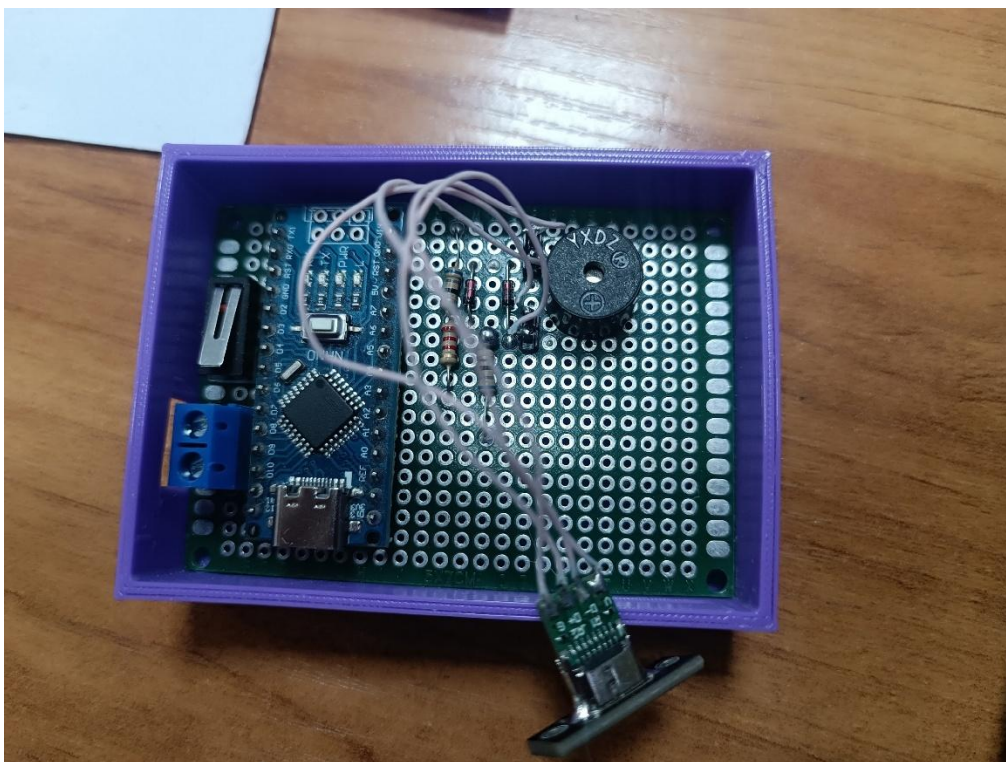


Рисунок 2 – расположение элементов на плате

3. РЕАЛИЗАЦИЯ

3.1. Архитектура программного обеспечения и выбор среды разработки

Программная часть проекта состоит из двух взаимосвязанных компонентов. Первый компонент - прошивка для Arduino Nano (репозиторий `arduino-nano-morse-keyboard`), написанная в среде Arduino IDE и отвечающая за чтение телеграфного ключа, распознавание точек и тире и отправку USB HID-отчётов. Второй компонент - веб-приложение-тренажёр Morse Trainer (репозиторий `morse-trainer`), которое запускается в браузере и используется для тренировок и проверки навыка ввода.

Распознавание элементов азбуки Морзе основано на измерении длительности нажатия и длительности пауз. В прошивке задаются временные пороги (в миллисекундах), которые отделяют точку от тире и определяют момент окончания символа. Это позволяет адаптировать устройство под темп конкретного оператора и обеспечить стабильный ввод.

Конечный автомат реализует анализ последовательностей через дискретные состояния: ожидание сигнала, фиксация точки, фиксация тире и обработка пауз. Переходы между состояниями управляются временными параметрами, полученными на этапе калибровки. Каждое изменение состояния инициируется прерыванием по фронту сигнала от телеграфного ключа, что гарантирует минимальную задержку обработки. Архитектура автомата включает проверку временных соотношений между текущим и предыдущим состояниями для верификации корректности символов. Например, переход из состояния «точка» в состояние «тире» происходит только при превышении порогового значения длительности сигнала.

Верификация паттернов включает проверку соответствия распознанных последовательностей таблице кодов Морзе. Декодирование реализовано как сопоставление последовательности «точек и тире» с таблицей Морзе, но на выходе прошивка формирует не текстовый символ, а код нажатой клавиши (scan code). Поэтому итоговый ввод зависит от активной раскладки на компьютере: один и тот же код клавиши будет давать разные буквы в EN и RU.

Проект не использует отдельные коды для пробела, Enter и Backspace. Вместо этого предусмотрены специальные действия: эмуляция переключения языка долгим нажатием (например, комбинацией Alt+Shift) и режим вывода только точки и тире, в котором устройство печатает символы '.' и '-' без декодирования в буквы.

Формирование HID-отчётов выполняется в соответствии с форматом клавиатуры: в отчёте передаются модификаторы код нажатой клавиши. Отправка происходит через стек V-USB, который реализует USB low-speed и позволяет системе распознать устройство как стандартную USB-клавиатуру без установки драйверов.

Для отладки могут использоваться последовательные сообщения через стандартный Serial-интерфейс платы (через USB-UART), однако в рабочем

режиме устройство воспринимается компьютером именно как HID-клавиатура и может вводить данные в любой программе: текстовый редактор, терминал или веб-тренажёр.

3.2. Разработка веб-тренажёра Morse Trainer

Веб-тренажёр Morse Trainer предназначен для практики приёма и передачи азбуки Морзе. Приложение работает в браузере и предоставляет упражнения на ввод, отображает статистику (точность, серия, количество ошибок) и позволяет выбирать язык (русский/английский) и длительность сессии. Данный тренажёр был реализован при помощи нейросетей (deepseek) и размещён по адресу: <https://morse.entitybtw.ru/>

The screenshot displays the 'Тренажер Азбуки Морзе' (Morse Code Trainer) interface. At the top, the title 'Тренажер Азбуки Морзе' is centered in blue, with the subtitle 'Режим клавиатуры: вводите буквы на клавише' (Keyboard mode: enter letters on the keyboard) below it. The main content area is divided into three sections. The first section contains two dropdown menus: 'Раскладка:' (Layout) set to 'Русская' (Russian) and 'Количество букв:' (Number of letters) set to '10'. To the right of these is a blue button labeled 'Перезапустить' (Restart). The second section, titled 'Режим тренировки' (Training mode), features two buttons: 'Клавиатура' (Keyboard) in blue and 'Морзе' (Morse) in light gray. The third section, titled 'ЦЕЛЕВАЯ БУКВА:' (TARGET LETTER:), shows a large blue letter 'И' (I) and the instruction 'Нажмите соответствующую клавишу на клавиатуре' (Press the corresponding key on the keyboard). Below this is a text input field labeled 'Ваш ввод:' (Your input:), which is currently empty.

Рисунок 3 – расположение элементов на плате

3.3. Сборка прототипа

Корпус прототипа был создан среде моделирования TinkerCad и распечатан на 3D-принтере (рисунок 4).

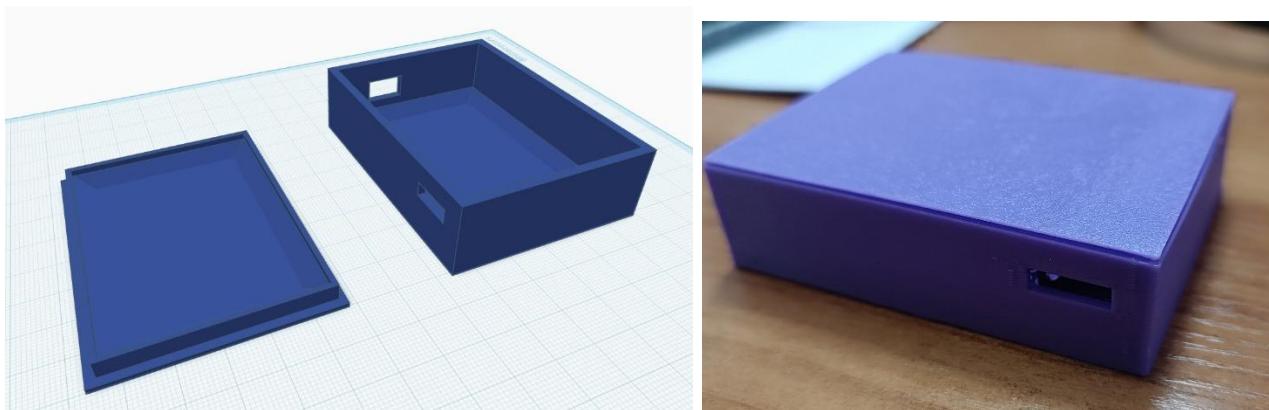
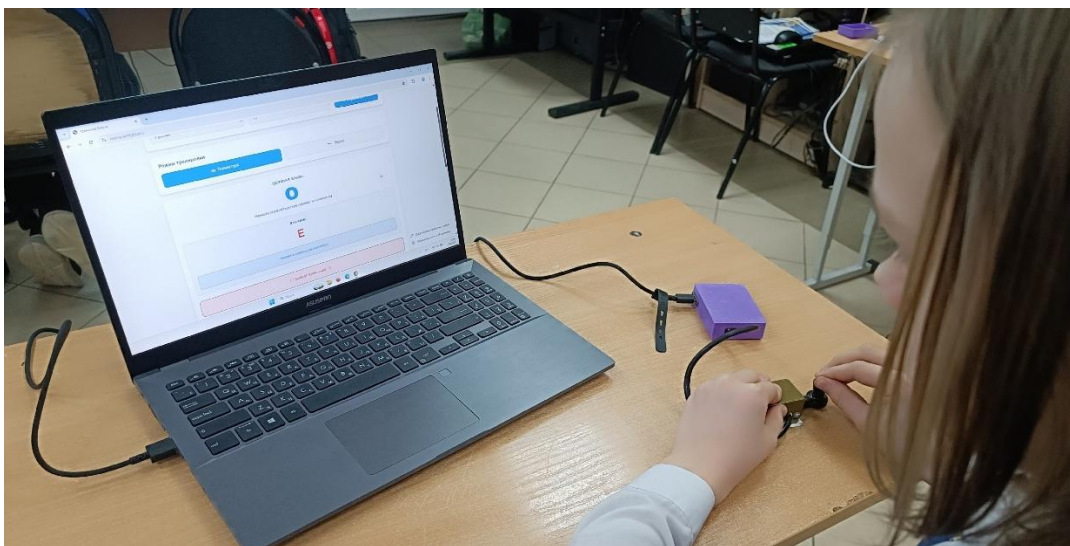


Рисунок 4 – корпус устройства

После сборки в микроконтроллер загружалась прошивка. При подключении к компьютеру устройство определялось как USB HID-клавиатура. Работоспособность проверялась вводом в текстовом редакторе, а также переключением режимов: эмуляцией смены раскладки и режимом, в котором печатаются только '!' и '-!.

Итогом тестирования стало подтверждение корректной работы устройства как HID-клавиатуры и работоспособности дополнительных режимов (переключение раскладки и вывод точки/тире).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проекта создан прототип телеграфной «клавиатуры Морзе» на базе Arduino Nano, который позволяет вводить информацию в компьютер как через обычную USB-клавиатуру. Использование программной реализации USB (V-USB) даёт возможность применять ATmega328P для HID-задач без аппаратного USB-контроллера.

Достигнута цель проекта: разработано устройство, преобразующее нажатия телеграфного ключа в последовательности точек и тире, а затем в коды нажатых клавиш. Поскольку передаются именно scan codes, итоговые символы зависят от активной раскладки на целевом устройстве, что делает решение универсальным для разных языков.

Аппаратная часть реализована по схеме V-USB с защитой линий данных и согласованием, а также с надёжным подключением ключа к цифровому входу с подтяжкой. Это обеспечивает корректное определение состояний и безопасную работу с USB-портом.

Программная часть включает прошивку для Arduino и веб-тренажёр Morse Trainer. Тренажёр позволяет практиковать ввод, отслеживать статистику и использовать аппаратное устройство как источник ввода в браузере.

Тестирование подтвердило работоспособность прототипа в реальных сценариях: устройство определяется как клавиатура, корректно вводит коды клавиш, поддерживает эмуляцию переключения языка и отдельный режим вывода '.' и '-'.

Дальнейшее развитие проекта может включать расширение набора управляющих действий (например, пробел или удаление), более гибкую настройку таймингов под пользователя и доработку тренажёра (новые упражнения, режимы и аналитика прогресса).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко М.В. Основы классической криптологии: секреты шифров и кодов. — М.: ДМК Пресс, 2016. — 296 с.
2. Васюков В.Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры в системах подвижной радиосвязи. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. — 292 с.
3. Гололобов В.Н. Электроника для любознательных. — Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2018. — 320 с.
4. Ревич Ю.В. Электроника шаг за шагом. Практикум. — М.: ДМК Пресс, 2021. — 260 с.
5. Тумайкин Д. Реализация интерфейса USB в микроконтроллерных устройствах // Современная электроника. — 2007. — №2. — С. 34–37.
6. V-USB. Software implementation of USB for AVR microcontrollers: официальный сайт проекта. — URL: obdev.at/products/vusb/ (дата обращения: 12.01.2026).

Приложение 1. Телеграфный ключ в проекте



**РЕЦЕНЗИЯ научного руководителя на проектную работу
«USB адаптер для телеграфного ключа»**

Представленная проектная работа посвящена разработке компактного устройства на базе Arduino Nano, преобразующего сигналы механического телеграфного ключа в команды USB HID-клавиатуры с последующим вводом на компьютере, а также созданию вспомогательного веб-тренажёра Morse Trainer. Тема является актуальной: проект решает задачу сохранения и популяризации азбуки Морзе как элемента технического наследия и одновременно демонстрирует современную микроконтроллерную интеграцию «аналогового» устройства с цифровой средой, что полезно в образовательной практике и радиолюбительской деятельности.

В работе корректно сформулированы цель и задачи: создание эмулятора клавиатуры, который в реальном времени распознаёт точки/тире, декодирует последовательности и отправляет на компьютер стандартные HID-отчёты без установки дополнительного ПО. Структура проекта логична: теоретические основы (принципы телеграфного ключа, тайминги Морзе, особенности Arduino Nano), затем разработка аппаратной части, программная реализация и сборка прототипа с проверкой работоспособности.

Технический уровень следует оценить как хороший. Важным моментом является осознанный выбор решения для USB-HID на ATmega328P: у Arduino Nano отсутствует аппаратный USB-контроллер, и автор применяет программную реализацию **V-USB** (low-speed) с корректной обвязкой линий D+ и D- (согласующие резисторы, стабилитроны, подтяжка), что показывает понимание аппаратных ограничений платформы и способов их обхода.

Достоинства работы:

- получен работающий прототип устройства с понятной схемой включения и описанием сборки;
- грамотно учтена специфика HID-ввода сканкодами и зависимость результата от текущей раскладки ОС;
- проект обладает выраженной образовательной ценностью (демонстрация дребезга контактов, таймингов, конечного автомата/состояний, интерфейсов USB);
- наличие сопутствующего ПО (Morse Trainer) расширяет применимость решения и делает проект завершённым.

Заключение: работа является завершённой, демонстрирует самостоятельность, грамотное сочетание аппаратной и программной части и имеет явную прикладную ценность для учебных демонстраций и радиолюбительской практики. Проект **соответствует требованиям** к проектной работе и **рекомендуется к защите**.

Научный руководитель: Адамский С. С.
Должность: учитель информатики
Дата: «12» января 2026 г.

