|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

КАФЕДРА \_\_\_\_\_\_КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА **09.04.01/05 Современные интеллектуальные**

**программно-аппаратные комплексы.**

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К РЕФЕРАТУ***

***НА ТЕМУ:***

***Методы проектирования корпоративных информационных систем***

Студент ИУ6-41М \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И.С. Марчук

(Группа) (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.Ю. Гаврилова

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*2025 г*

Оглавление

[Введение 3](#_Toc195552135)

[1 Актуальность темы 4](#_Toc195552136)

[2 Цель и задачи работы 4](#_Toc195552137)

[3 Выбор управляющего микроконтроллера 5](#_Toc195552138)

[3.1 nRF24L01 или HC-05 в связке с микроконтроллером 5](#_Toc195552139)

[3.2 Raspberry PI Pico 6](#_Toc195552140)

[3.3 ESP32-C3 6](#_Toc195552141)

[3.4 STM32 6](#_Toc195552142)

[3.5 Nice!Nano (nRF52840) 6](#_Toc195552143)

[3.6 CH582M 7](#_Toc195552144)

[3.7 Сравнение решений Таблица 1 – сравнение микроконтроллеров 8](#_Toc195552145)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 9](#_Toc195552146)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 10](#_Toc195552147)

# Введение

Современные беспроводные технологии все чаще применяются в периферийных устройствах для компьютеров и мобильной техники. Одним из таких устройств является Bluetooth-клавиатура, которая обеспечивает удобство работы за счет отсутствия проводов и совместимости с широким спектром устройств.

Основное назначение программно-аппаратной системы «Беспроводная клавиатура» заключается в обеспечении удобного и универсального ввода информации для пользователей различных категорий, включая офисных работников, программистов, геймеров и специалистов, работающих с мобильными устройствами. Клавиатура поддерживает беспроводное (Bluetooth) и проводное (USB) подключение, обеспечивая надежную связь с компьютерами, планшетами, смартфонами и другими устройствами. Благодаря универсальности платы пользователь сможет выбирать корпус и раскладку, оптимальные для своих задач, а встроенное программное обеспечение позволяет гибко настраивать функциональность клавиш, создавая индивидуальные профили для разных сценариев использования.

# 1 Актуальность темы

В настоящее время на рынке отсутствуют универсальные решения, позволяющие энтузиастам и разработчикам создавать специфические клавиатуры без необходимости глубоко погружаться в программирование или использовать громоздкие отладочные платы. Существующие проекты чаще всего предлагают использование микроконтроллерных плат общего назначения, что увеличивает габариты и усложняет конструкцию. Разработка специализированной управляющей платы, ориентированной исключительно на создание клавиатур, позволяет не только упростить процесс сборки, но и использовать её для ремонта и модернизации уже существующих устройств.

Особое внимание уделено беспроводным возможностям и автономной работе от аккумулятора — с учётом защиты от переразряда, чего часто не хватает в аналогичных компактных решениях. Проект ориентирован на сообщество энтузиастов, которым будет достаточно просто собрать собственную клавиатуру на базе универсальной управляющей платы. В качестве демонстрационного примера планируется создание эргономичной орто-линейной клавиатуры, где клавиши расположены ровными рядами, что способствует более естественному положению пальцев и повышает комфорт и скорость печати.

# 2 Цель и задачи работы

Целью данной работы является программно-аппаратная система «Беспроводная клавиатура», предназначенная для ввода текстовой информации в персональный компьютер

Задачи работы:

* анализ требований технического задания с точки зрения выбранной технологии и уточнение требований к программно-аппаратной системе: техническим средствам, внешним интерфейсам, а также к надежности и безопасности;
* анализ технического задания и разработка спецификаций;
* анализ элементной базы;
* анализ системы питания портативного электронного устройства (спроектировать обвязку микроконтроллера);
* разработка структуры системы;
* анализ эргономики устройств ввода текста;
* проектирование компонентов (проектирование плат модулей управления клавиатурой);
* реализация компонентов с использованием выбранных средств и их автономное тестирование;
* сборка устройства и его комплексное тестирование.

# 3 Выбор управляющего микроконтроллера

## 3.1 nRF24L01 или HC-05 в связке с микроконтроллером

Наверное, самые популярные в сообществе модули радиопередачи, от фирмы Nordic Semiconductor, работающие на частоте 2.4 ГГц. Хоть модули и используют частоту 2.4 ГГц, при этом они используют свой собственный протокол, не поддерживающий Bluetooth.

Есть модули HC-05, которые работают как раз по протоколу Bluetooth, но они могут работать не как USB устройство, а как UART адаптер.

И те и другие модули в данном случае можно использовать только как радиопередающую часть. Схема подключения с использованием таких модулей устроена следующим образом:

* К компьютеру подключаются микроконтроллер, поддерживающий USB;
* к нему, подключается радиопередающий модуль;
* На стороне клавиатуры стоит микроконтроллер, опрашивающий клавиши и передающий их на модуль радиопередачи;

Однако такой вариант является дорогим, поскольку включает в себя 4 микроконтроллера/радиопередатчика, а также требует обязательного наличия адаптера для подключения к компьютеру.

## 3.2 Raspberry PI Pico

Существует несколько проектов, использующих данную отладочную плату в качестве контроллера клавиатуры. Однако это очень мощный микроконтроллер, использующий не энергоэффективную архитектуру ARM Cortex-M0+. Использование такого микроконтроллера сильно снизит часы работы готового устройства. Также эти платы дорогие, гораздо дороже рассматриваемых далее микроконтроллеров. Также если рассматривать эту плату как готовую, стоит учитывать устаревший интерфейс USB Micro.

## 3.3 ESP32-C3

Отличный микроконтроллер с большими возможностями. Есть подключение и по Bluetooth и по WI-FI, есть аппаратный USB. Огромное количество примеров. Однако плата имеет ограниченное количество портов ввода-вывода (до 15 как я понял), а мне необходимо было для подключения 100 клавиш минимум 20 выводов. При этом часть выводов будет занята периферийными компонентами, такими как подключение USB и I2C шин.

## 3.4 STM32

Во-первых, они дороже так как делаются на Arm архитектуре, за которую производитель платит. Во-вторых, это европейский микроконтроллер и из-за санкций могут возникнуть проблемы с его поставкой, что также прибавляет цену. Тем не менее это отличный претендент и я рассматривал его как запасной вариант для реализации моего проекта. У STMicroelectronics есть несколько линеек беспроводных микроконтроллеров в том числе, имеющих низкое энергопотребление.

## 3.5 Nice!Nano (nRF52840)

Это плата, созданная специально для таких проектов, и её часто используют в кастомных split-клавиатурах типа Corne, Kyria, Lily58 и других.

nice!nano — это компактная, энергоэффективная отладочная плата с чипом nRF52840, которая:

* поддерживает Bluetooth Low Energy (BLE);
* предназначена именно для использования в беспроводных клавиатурах;
* полностью совместима с ZMK firmware (прошивка для BLE-клавиатур).

Единственный недостаток подобных плат состоит в том, что в России их не купить они продаются только в Америке и по высокой цене (порядка 25 долларов). Также используемый микроконтроллер предназначен для BGA пайки, которую я паять не умею.

## 3.6 CH582M

Микроконтроллер CH582M от WCH представляет собой мощное и доступное решение на базе современной архитектуры RISC-V, идеально подходящее для низкобюджетных проектов с поддержкой Bluetooth Low Energy, USB 2.0 и большим количеством GPIO. Его основными преимуществами являются низкая цена, высокое энергосбережение, интегрированная BLE-поддержка и наличие двух USB-контроллеров. Однако стоит учитывать, что экосистема и документация вокруг него пока ограничены, а популярные прошивки для клавиатур, такие как QMK и ZMK, не поддерживают его "из коробки", что может потребовать дополнительной работы с низкоуровневым кодом и BLE HID реализацией.

## 3.7 Сравнение решений Таблица 1 – сравнение микроконтроллеров

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Микроконтроллер | Стоимость | Число выводов | Беспроводные интерфейсы | Наличие аппаратного USB | Архитектура |
| Raspberry PI Pico | 1000Р | 26 | BLE 5.2  2.4GHz  WI-FI | USB 1.1 | ARM |
| ESP32-C3 | 150Р (400Р) | 13 | BLE 5  2.4GHz  WI-FI | USB 2.0 | RISC-V |
| STM32WB55CG | 300Р | 70 | BLE 5.4  2.4GHz  WI-FI | USB 2.0 | ARM |
| CH582M | 160Р | 40 | BLE 5.0  2.4GHz | 2 x USB 2.0 | RISC-V |
| Nice!Nano (nRF52840) | 25$ | 48 | BLE 5  2.4 GHz  WI-FI | USB 2.0 | ARM |

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе сравнительного анализа различных микроконтроллеров и радиомодулей для реализации беспроводной клавиатуры было рассмотрено множество достойных кандидатов, каждый из которых обладает своими уникальными достоинствами и недостатками. Некоторые решения, такие как модули nRF24L01 и HC-05, хотя и широко распространены, требуют громоздкой схемы с несколькими микроконтроллерами и адаптерами. Raspberry Pi Pico и STM32 обеспечивают высокую производительность, но проигрывают в плане энергопотребления и стоимости. ESP32-C3 обладает широкими функциональными возможностями, но ограничен количеством GPIO, что затрудняет реализацию клавиатур с большим числом клавиш. Плата nice!nano, ориентированная именно на клавиатурные проекты, имеет отличную поддержку и сообщество, но малодоступна в регионе и требует навыков BGA-пайки.

На этом фоне особенно выгодно выделяется CH582M — микроконтроллер на базе открытой архитектуры RISC-V, сочетающий в себе низкую цену, современную периферию, энергоэффективность и наличие встроенного BLE и USB. Несмотря на ограниченную экосистему и отсутствие готовых клавиатурных прошивок, его потенциал делает его отличным выбором для тех, кто готов самостоятельно углубиться в разработку и получить в результате производительное и доступное решение. В рамках поставленных задач и условий реализации проекта CH582M был выбран как наиболее подходящий и перспективный вариант.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Клавиатура на ESP32 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/513494/> (дата обращения: 30.03.2025)
2. Nice!Nano [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nicekeyboards.com/nice-nano/> (дата обращения: 30.03.2025)
3. STM32 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.st.com/content/st\_com/en/products/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32-wireless-mcus/stm32wb-series/stm32wbx5/stm32wb55cg.html#documentation](https://www.st.com/content/st_com/en/products/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32-wireless-mcus/stm32wb-series/stm32wbx5/stm32wb55cg.html) (дата обращения: 30.03.2025)
4. CH583 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wch-ic.com/products/CH583.html> (дата обращения: 30.03.2025)
5. Raspberry PI Pico [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/> (дата обращения: 30.03.2025)