

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОТКАТНЫХ ВОРОТ

*Позняк Д.А.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
филиал «Минский радиотехнический колледж»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Гавриленко В.С. – преподаватель цикловой комиссии «Программируемые цифровые устройства» Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» филиал «Минский радиотехнический колледж»*

**Аннотация.** Анализ электрической принципиальной и разработка структурной схем системы для управления откатными воротами. Разработка программного обеспечения для микроконтроллера. Разработка мобильного приложения. Реализация передачи данных от микроконтроллера ESP32 на мобильное приложения через протокол Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g/n).

**Ключевые слова:** мобильное приложение, микроконтроллер, ESP32, программирование микроконтроллеров, дистанционное управление, система управления для откатных ворот.

**Введение.** Разрабатываемая система осуществляет дистанционный контроль состояния положения полотна ворот на основе обмена данными по протоколу Wi-Fi (IEEE 802.11b/g/n) по инициативе пользователя. Технология Wi-Fi – технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11. Логотип Wi-Fi является торговой маркой Wi-Fi Alliance. Под аббревиатурой Wi-Fi (от английского словосочетания Wireless Fidelity, которое можно дословно перевести как «беспроводная точность») в настоящее время развивается целое семейство стандартов передачи цифровых потоков данных по радиоканалам. Основными диапазонами Wi-Fi считаются 2,4 ГГц (2412 МГц–2472 МГц), 5 ГГц (5160–5825 МГц) и 6 ГГц (5955–7115 МГц) [1]. Набор стандартов IEEE 802.11 – набор стандартов связи для коммуникации в беспроводной локальной сетевой зоне частотных диапазонов 0,9; 2,4; 3,6; 5 и 60 ГГц. Пользователям более известен по названию Wi-Fi, фактически являющемуся брендом, предложенным и продвигаемым организацией “Wi-Fi Alliance” [2].

**Основная часть.** Для ограничения прохода людей на частную территорию или промышленного предприятия, или организовать контрольно-пропускной пункт для проезда автомобильного транспорта – устанавливают ворота. Изготавливаются конструкции из разных материалов, они могут быть оснащены сложной электронной системой, избавляющей от ручного открывания и закрывания.

Самыми эффективными считаются ворота откатные (их еще часто называют сдвижные или раздвижные). В комплектацию входит полотно или несколько створок и направляющие, которые представляют собой роликовую систему.

Основное назначение автоматики состоит в обеспечении режима эксплуатации въездных ворот, который станет одновременно безопасным и комфортным для пользователей. Автоматические системы также обеспечивают увеличение срока службы устройств. Автоматика следит за плавным движением створок, выявление имеющихся препятствий на пути, а также выполнение других полезных функций.

Основным конструктивным элементом автоматики является электропривод. В его состав входит электродвигатель, отвечающий за совершение движений створки. От мотора крутящий момент поступает профилю посредством зубчатой рейки. Движением мотора управляет процессорный блок, команды подаются с пульта дистанционного управления или мобильного приложения.

Микроконтроллер ESP32 – микросхема с малым энергопотреблением. Представляет собой систему на кристалле с интегрированным Wi-Fi и Bluetooth контроллерами. В сериях ESP32 и ESP32-S используются процессорные ядра с архитектурой компании Tensilica, а в сериях ESP32-C и ESP32-H – ядра с открытой архитектурой RISC-V.

Технические характеристики ESP32:

- двух- или одноядерный 32-битный процессор Tensilica Xtensa LX6;
- тактовая частота – 160 или 240 МГц;
- максимальный ток потребления 260 мА, в спящем режиме – 10 мА;
- стандарты беспроводной связи – Wi-Fi: 802.11b/g/n, Bluetooth: v4.2 BR/EDR and BLE;
- инфракрасное дистанционное управление;
- можно подключать двигатели и светодиоды через ШИМ разъем;
- стандарт IEEE 802.11 с поддержкой WPA, WPA/WPA2 и WAPI;
- возможность безопасной загрузки.

В микросхему интегрирован радиочастотный тракт: симметрирующий трансформатор, встроенные антенные коммутаторы, радиочастотные компоненты, малошумящий усилитель, усилитель мощности, фильтры и модули управления питанием. Микроконтроллер ESP32, создан и разработан компанией, расположенной в Шанхае, а производится компанией TSMC по техпроцессу 40 нм и 28 нм. Серия является преемником микросхем ESP8266 [3].

Схема электрическая структурная определяет основные функциональные части изделия, их назначение и связи. Все функциональные части на схеме имеют форму прямоугольников или УГО с указанием типа элемента. Когда функциональных частей много, вместо названий, типов и отметок можно ставить порядковые номера справа от изображения или под ним в направлении слева направо, с их расшифровкой в таблице, размещаемой на поле чертежа схемы.

Схема электрическая структурная системы управления для откатных ворот, представленная на рисунке 1, состоит из восьми блоков: блок радиоканала, блок управления, стационарный внешний пульт управления, коммутатор, электромотор, сервопривод, блок регулировки скорости и ширины ворот, блок питания.

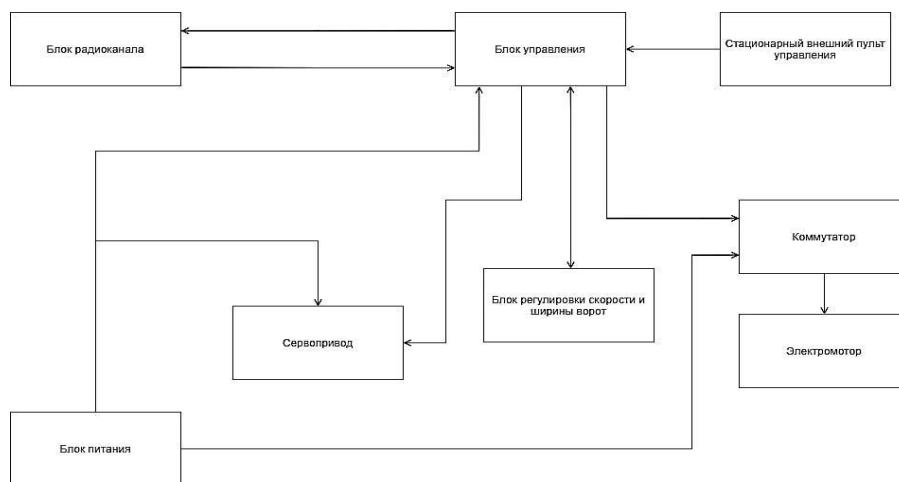


Рисунок 1 – Схема электрическая структурная

Через блок радиоканала происходит передача данных с помощью пульта дистанционного управления, по радиоканалу на частоте 2,4 МГц.

С помощью блока управления происходит управление системой, а именно получение данных от стационарного внешнего пульта управления, передача данных на блок регулировки скорости и ширины ворот, получение данных от блока регулировки скорости и ширины ворот. Также блок управления взаимодействует с мобильным устройством через протокол Wi-Fi (IEEE802.11b/g/n).

Блок регулировки скорости и ширины ворот регулирует скорость и ширину створки откатных ворот.

Сервопривод получает данные от блока управления с помощью которых происходит управление, получает питание от блока питания.

Стационарный внешний пульт управления, как один из вариантов управления системой для откатных ворот, отправляет данные на блок питания.

Для регулировки направления электродвигателя служит коммутатор, который преобразует полученный сигнал от блока управления в необходимый. Коммутатор получает питание от блока питания.

Схема электрическая принципиальная системы управления для откатных ворот представлена на рисунке 2. При включении питания загорается светодиод HL1, который мигает при нажатии на любую из кнопок управления. По командам от кнопок SB2 («Закрыть»), SB3 («Открыть») и SB4 («Стоп») микроконтроллер модуля А3 по внутренней шине SPI передает соответствующие команды на радиомодуль NRF24L01. Также микроконтроллер этого модуля контролирует напряжение аккумулятора и при его снижении до +3,2 В включает-выключает светодиод HL1 с периодом 1 с. Заряжается аккумулятор через модуль А1 через разъем USB-micro, расположенный на плате этого модуля. Модуль А2, повышающий напряжение аккумулятора до +8 В, обеспечивает стабильную работу модуля А3. Аккумулятор может быть любой Li-Ion подходящих размеров.

Управление производится с помощью кнопок, а также с дистанционного пульта по радиоканалу на частоте 2,4 ГГц. При отсутствии или неисправности блока радиоканала NRF24L01 функция управления по радиоканалу исключается, и управление осуществляется с помощью кнопок или мобильного приложения. Для быстрого отклика на команду передатчика программа зациклена только на работу с приемником, и при получении команды управления от передатчика программа выходит из этого цикла и выполняет полученную команду и снова зацикливается до получения следующей команды.

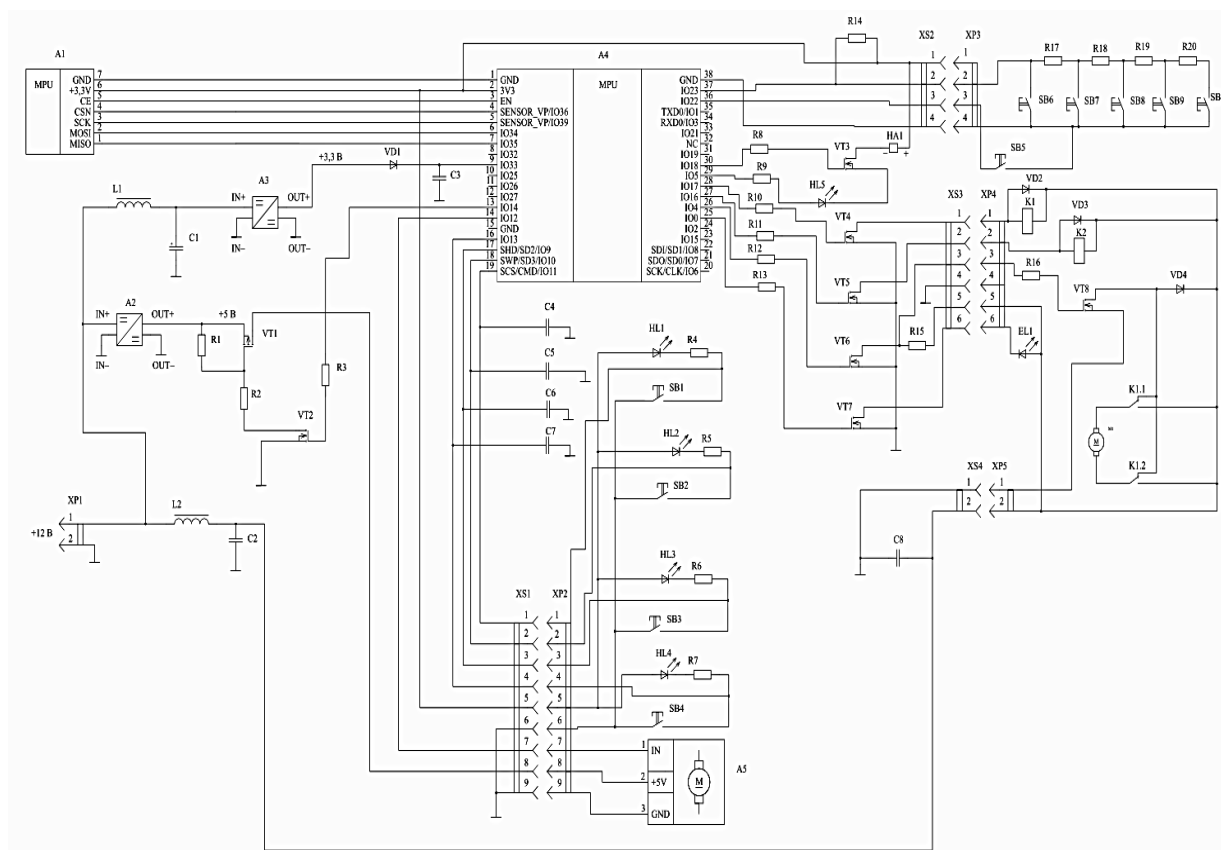


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная

Кроме автоматического режима открытия и закрытия ворот, реализован ручной режим управления воротами тремя кнопками: SB8 – Open («Открыть»), SB9 – Stop («Стоп») и SB10 – Close («Закрыть»), а также режим плавного довода ворот. При включении режима Open или Close автоматика плавно увеличивает скорость движения ворот до заданного значения и в конце по сигналу с датчика доводчика плавно уменьшает скорость движения ворот до срабатывания датчика крайнего положения. Скорость открывания/закрывания ворот можно умень-

шать или увеличивать с помощью кнопок SB6 «←» и SB7 «+» соответственно и сохранить в EEPROM МК, нажав на кнопку Stop. Скорость изменяется после трехкратного нажатия на кнопку Stop, при этом загорается светодиод HL1, сигнализирующий, что теперь кнопками SB6 «←» и SB7 «+» можно изменять скорость доводчика и сохранять эти изменения, нажав на кнопку Stop, после чего светодиод выключается. При срабатывании датчика открытия ворот начинает мигать светодиодный фонарь EL1 с периодом 1 с. Фонарь устанавливают на улице для индикации открытия ворот. Для управления скоростью вращения электродвигателя применен режим широтно-импульсной модуляции (ШИМ). С вывода Ю4 ШИ-сигнал поступает на транзистор VT6, затем на транзистор VT8, которые усиливают его по мощности. Любое нажатие на кнопки или изменение режима работы сопровождается акустическим сигналом излучателя HA1, причем срабатывание концевых датчиков – три раза, остальные режимы – один раз. Также на плате с кнопками присутствует кнопка Reset для перегрузки микроконтроллера. В случае зависания программы сторожевой таймер (WDT) автоматически перегрузит микроконтроллер. Транзистор VT8 установлен на теплоотводе рядом с электродвигателем.

Кнопки SB1-SB4 – это контакты датчиков положения двери, о них было сказано выше. Для питания модуля A5 применен отдельный понижающий преобразователь напряжения A2 (LM2596 DC-DC HW-411), поскольку стабилизатору напряжения модуля A4 не хватает мощности для работы модуля A5. Питание на нее подается через ключ на транзисторе VT1, включаемый транзистором VT2 по команде с выхода XP1 модуля A4. Модуль A4 управляет приемником и принимает от него три команды управления по последовательной шине SPI. По командам управления и по состоянию четырех датчиков контроля этот модуль управляет выходными устройствами, приводом ворот и центральным замком.

Интерфейс мобильного приложения системы для управления откатными воротами “Smart Gates” представлен на рисунке 3.

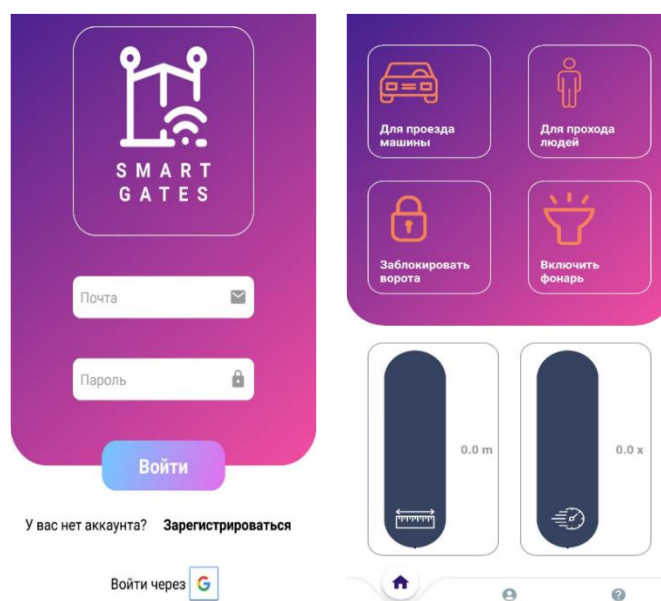


Рисунок 3 – Интерфейс мобильного приложения

Основные экономические показатели, представленные в таблице 1, доказывают целесообразность системы управления для откатных ворот с помощью основных технико-экономических показателей.

Отпускная цена системы управления для откатных ворот получилась достаточно высокой, так как эта цена разработки. При запуске в массовое производство данного устройства отпускная цена снизится за счет высокой программы выпуска. Так как комплектующие будут закупаться оптом на всю программу выпуска, а разработка программной части не будет производиться для каждого изделия. Программная часть будет одна на всю программу выпуска. Все это значительно снизит реальную отпускную цену.

Таблица 1 – Капитальные вложения на разработку и изготовление системы управления для откатных ворот

Наименование затрат	Сумма, руб.
Затраты на разработку программной части	3519
Затраты комплектующие и материалы	283,86
Затраты на производство аппаратной части	365,89
Всего	4168,75
Накладные расходы	2084,38
Всего затрат на разработку	6253,13
Прибыль	1250,63
Отпускная цена	7503,76
Налог на добавленную стоимость	1500,75
Отпускная цена с НДС	9004,51

После выполнения работ предприятие-разработчик получает чистую прибыль в размере 1025,51 руб., при этом рентабельность разработки (эффективность использования ресурсов, не должен быть ниже 12 %) составит 16,4 %.

**Заключение.** Таким образом, в данной статье был описан процесс проектирования и разработки системы управления для откатных ворот с возможностью управления через мобильное приложение “Smart Gates”.

#### Список литературы

- [1] Wi-Fi компьютерные сети: учеб. пособие / А. В. Пролетарский [и др.]. – М.: Рудомино, 2011. – 248 с.  
 [2] IEEE 802.11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/comm/wlan.shtml>. – Дата доступа: 25.12.2022.  
 [3] ESP32 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://kmpu.ru/other/esp32\\_01\\_introduction/index.html](http://kmpu.ru/other/esp32_01_introduction/index.html). – Дата доступа: 25.12.2022.

UDC 004.896

## SLIDING GATE CONTROL SYSTEM

*Paznyak D.A.*

*Educational Institution “Belarusian state university of informatics and radioelectronics” affiliate  
 “Minsk radioengineering college”,  
 Minsk, Republic of Belarus*

*Gavrilenko V.S. – professor of cycle commission “Programmable digital devices” of Educational Institution  
 “Belarusian state university of informatics and radioelectronics” affiliate “Minsk radioengineering college”*

**Annotation.** Analysis of the electrical principle and development of structural diagrams of the system for controlling sliding gates. Development of software for the microcontroller. Development of a mobile application. Implementation of data transfer from the ESP32 microcontroller to a mobile application via the Wi-Fi protocol (IEEE 802.11 b/g/n).

**Keywords:** mobile application, microcontroller, ESP32, microcontroller programming, remote control, sliding gate control system.