

Ли Чжэнян, магистрант,
Амурский государственный университет,

ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И КОМФОРТОМ В ОБЩЕЖИТИИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИСЕНСОРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Аннотация. Разработана интеллектуальная система мониторинга и управления для университетского общежития на базе ESP32-C3 и протокола ESP-NOW, объединяющая данные нескольких датчиков окружающей среды и безопасности. Испытания подтвердили её точность, быстроедействие и энергоэффективность при низкой стоимости реализации.

Ключевые слова: Умное общежитие, мультисенсорное слияние, ESP32-C3, ESP-NOW, мониторинг среды, энергосбережение.

Современные общежития нуждаются в автоматизации и повышении наблюдаемости среды, поскольку скрытые угрозы, такие как протечки или незакрытые двери, часто остаются незамеченными, а ручное управление светом и вентиляцией приводит к лишним энергозатратам и снижению комфорта. Традиционные системы контроля ограничиваются измерением температуры и влажности, не учитывая освещённость и качество воздуха, что делает их малоэффективными в поддержании оптимальных условий проживания.

Разработанная система на базе микроконтроллера ESP32-C3 (рис. 1) объединяет данные нескольких датчиков и реализует автоматическое управление освещением, вентиляцией и сигнализацией, обеспечивая комплексный мониторинг, безопасность и комфорт в режиме реального времени без участия жильцов.

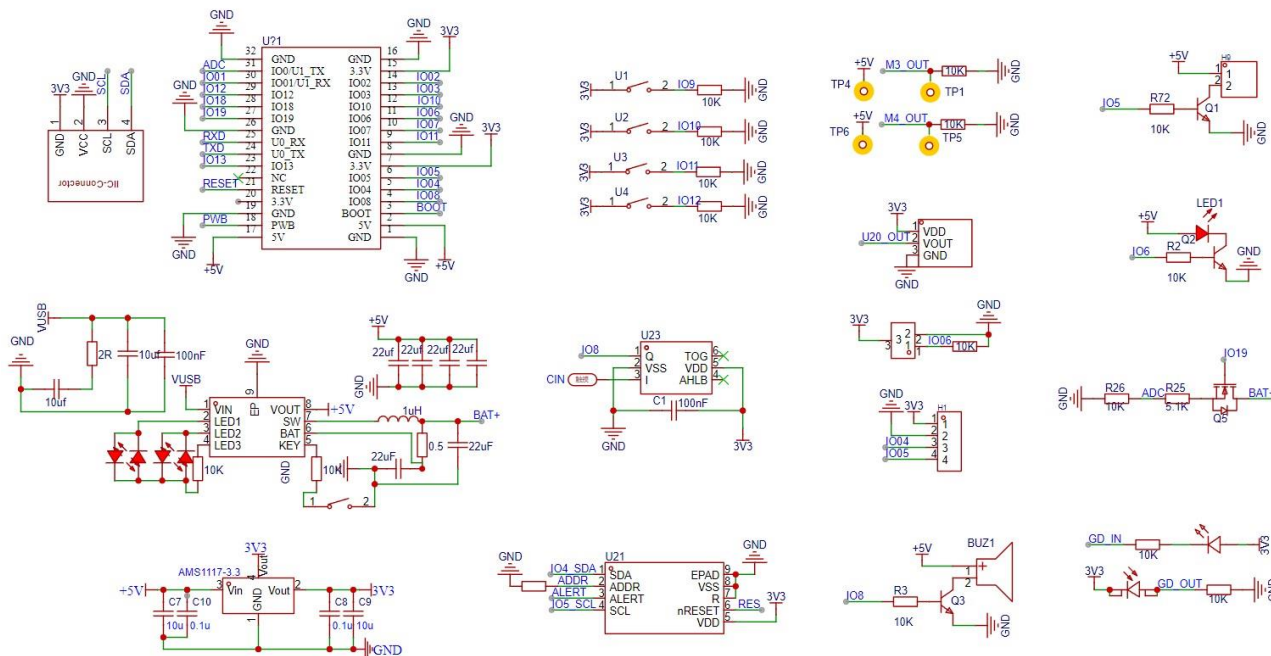


Рисунок 1 – Аппаратный состав интеллектуальной системы управления общежитием

Для поддержания оптимальных параметров среды используются светодиодные светильники с транзисторным драйвером S8550, вентилятор с ключом на NPN-транзисторе и звуковая сигнализация на S8050. Энергоснабжение обеспечивает узел на IP5306-СК и



AMS1117-3.3, который сочетает функции зарядки и стабилизации напряжения, а также позволяет системе работать автономно при отключении электропитания. Передача данных реализована через протокол ESP-NOW, обеспечивающий низкую задержку и независимость от внешней сети.

Программная часть разработана в среде Arduino IDE на C++, включает драйверы датчиков, систему связи, блок обработки данных с фильтрацией скользящим средним, модуль визуализации и контур управления исполнительными устройствами. Алгоритмы интеграции данных строятся на причинно-следственных зависимостях параметров среды: освещение регулируется по уровню освещённости и факту присутствия человека (рис.2), что позволяет автоматически поддерживать комфорт и исключать ненужное энергопотребление.

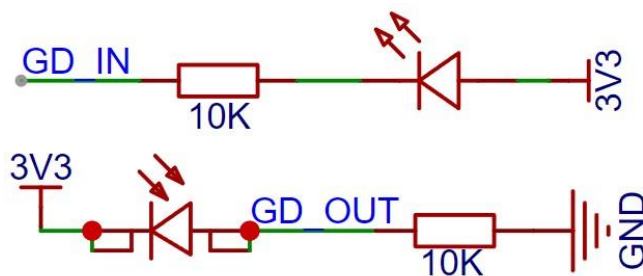


Рисунок 2 – Схема обнаружения присутствия человека с помощью инфракрасного фотоэлектрического датчика

Алгоритм вентиляции синхронизирует температурные и газовые параметры: при превышении установленных порогов по температуре или концентрации CO₂ вентилятор автоматически активируется, а при возвращении показателей к норме – останавливается. В условиях повышенной влажности время его работы продлевается для более эффективного осушения воздуха. Аварийные ситуации, такие как затопление или нештатное открытие дверей и окон, вызывают мгновенное срабатывание звуковой сигнализации и отображение соответствующего уведомления на OLED-дисплее. Экспериментальная проверка проводилась в комнате общежития площадью около двадцати квадратных метров, где были смоделированы типичные сценарии эксплуатации: повышение температуры до 35 °С, снижение уровня освещённости с последующей имитацией присутствия и отсутствия человека, подача воды на датчик затопления и рост концентрации CO₂ при нахождении нескольких человек в помещении (рис. 3).

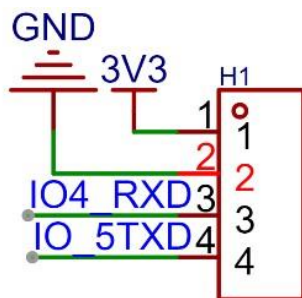


Рисунок 3 – Схема сбора данных о качестве воздуха JW01

Система продемонстрировала стабильную работу во всех испытательных сценариях: вентилятор включался при повышении температуры или концентрации CO₂ и выключался после нормализации, освещение реагировало на изменения яркости и присутствие человека, а



при срабатывании датчика воды мгновенно активировалась звуковая сигнализация с отображением причины на OLED-дисплее. Средняя задержка реакции составляла менее одной секунды для вентиляции, около полсекунды для включения света и доли секунды для аварийной сигнализации, что подтверждает высокую чувствительность и надёжность системы.

Сравнение с эталонными приборами показало минимальные отклонения измерений: до 0,3 °C по температуре, 2% по влажности и 50 ppm по CO₂, что полностью соответствует проектным требованиям. Энергопотребление оказалось крайне низким – менее 200 мА в активном режиме и порядка 20 мкА в спящем состоянии, что обеспечивает до 1000 часов автономной работы от аккумулятора ёмкостью 2000 мА·ч.

Полученные результаты подтверждают, что применение мультисенсорного анализа и локальной беспроводной связи позволяет значительно повысить уровень автоматизации и безопасности в общежитиях при низких затратах и простоте внедрения. Система отличается модульной архитектурой, энергоэффективностью и гибкостью, что делает её перспективной для масштабирования и дальнейшего развития – включая подключение к облачным платформам, адаптацию порогов под поведение жильцов и внедрение интеллектуальных алгоритмов управления.

Список литературы:

1. Губернский Ю. Д., Калинина Н. В., Гапонова Е. Б., Банин И. М. Обоснование допустимого уровня содержания диоксида углерода в воздухе помещений жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. 2014. № 6.
2. Смирнов Н. А. Микроклимат, комфорт и качество воздуха // Вестник магистратуры. 2020.
3. Баева Е. А., Баев А. А. Система интеллектуального управления и мониторинга помещений «Умный дом» // Символ науки. 2024.
4. Золотарёв А. ESP-NOW – альтернативный протокол обмена данными для ESP8266 и ESP32. Основные понятия // Хабр. 16.05.2020.

