

УДК 629.5.066.5

МОДУЛЬНАЯ СУДОВАЯ СИСТЕМА ГРОМКОГОВОРЯЩЕЙ СВЯЗИ НА БАЗЕ СЕТИ ETHERNET

Бычков Владислав Ярославич¹, кандидат технических наук., доцент кафедры радиоэлектроники

e-mail: dragruz@yandex.ru

Шошкин Алексей Андреевич¹, студент

e-mail: de-electrik@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье рассматривается структура и устройство судовой громкоговорящей связи на базе сети Ethernet с полностью программной настройкой и конфигурированием связи, и доступа внутри системы. Приведена аппаратная база, на основе которой ведется разработка и испытания.

Ключевые слова: громкоговорящая связь, цифровая связь, внутрисудовая связь, микроконтроллеры, MQTT.

MODULAR SHIP'S LOUDSPEAKER COMMUNICATION SYSTEM BASED ON AN ETHERNET NETWORK

Vladislav Y. Bychkov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: dragruz@yandex.ru

Aleksey A. Shohkin¹, Student

e-mail: de-electrik@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article discusses the structure and device of a ship's loudspeaker communication based on an Ethernet network with fully software-based configuration and configuration of communication and access within the system. The hardware base is given, on the basis of which development and testing are conducted.

Keywords: loudspeaker communication, digital communication, in-ship communication, microcontrollers, MQTT.

В настоящее время громкоговорящая связь является обязательной частью оснащения судна. Она необходима при выполнении швартовых операций, разгрузочных и погрузочных работ, коммуникации между членами экипажа и т.п., кроме того, на пассажирских судах

громкоговорящая связь используется для информирования пассажиров и трансляции аудио контента.

На рынке представлены и наиболее распространены следующие модели громкоговорящей связи: «Ока» [1], «Берёзка», «Рябина» [2], «Бригантина» [3], (рис. 1).

Все они используют аналоговый тип связи, из-за сложности монтажа и обслуживания, требуются высококвалифицированные специалисты, требуют дополнительного питания, а ограничение доступа и комплектация определяется аппаратным оснащением оборудования. Как следствие, для установки подобного оборудования на судне необходимо подготовить специализированную документацию и точно спроектировать схему подключения и коммутации.

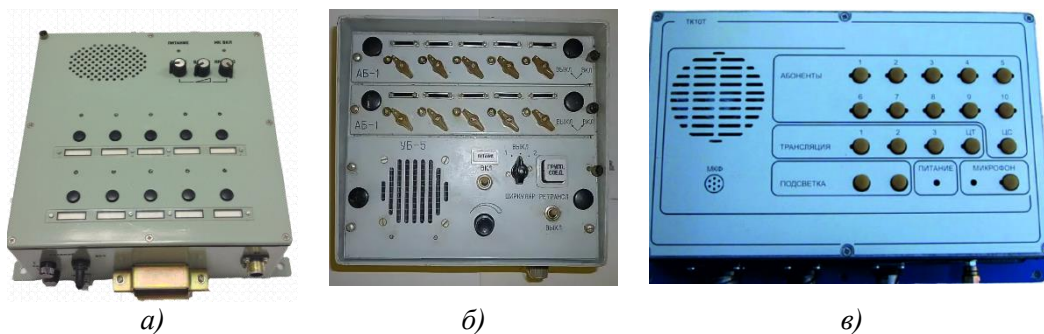


Рисунок 1 – Внешний вид существующего оборудования (а – Ока, б – Рябина, в – Бригантина)

Применение цифровой связи и Ethernet, в частности, позволит унифицировать метод подключения оборудования за счет использования одного единственного типа кабеля и разъема во всех элементах системы, а применение технологии PoE позволит отказаться от отдельной линии питания и соответственно от разъемов питания. Управление и соответственно конфигурирование всей системой переносится из строго аппаратной части в программную. Для настройки разрешений передачи, приоритетов и других параметров реализуется графический интерфейс, а аппаратная часть отвечает только за физические требования точки связи (тип и наличие микрофона, тип динамика, форм фактор, защищённость). Т.к всё подключение осуществляется по Ethernet, т.е витой парой, сокращается сложность монтажа и требования к специалистам. Оборудование, с помощью которого осуществляется монтаж и проверка такой системы, относительно дешевое и может храниться прямо на судне.

Аппаратная часть макета, включает в себя следующие модули. В качестве контроллера используется модуль ESP-Wroom-32 (рис. 2). Он предназначен для выполнения широкого круга задач таких как дискретизация голоса, потоковая передача музыки и декодирование аудиофайлов [4].

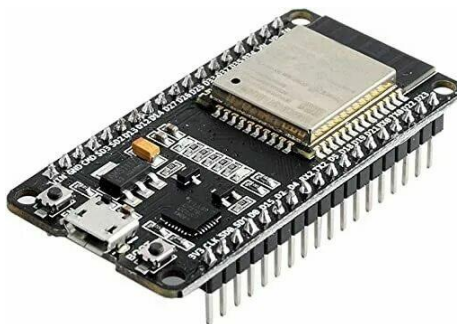


Рисунок 2 – Внешний вид микроконтроллера ESP-Wroom-32

Для считывания переданной звуковой информации используется микросхема PCM5102 (рис. 3), с её помощью переданный по интерфейсу I2S цифровой аудиосигнал, можно преобразовать в аналоговый на динамики модуля. Для реализации подключения микрофона планируется использовать обратную микросхему PCM1802, также работающую по I2S протоколу [5].



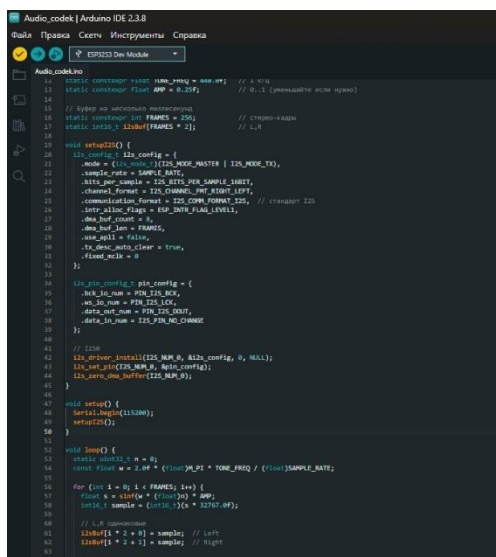
Рисунок 3 – Внешний вид микросхемы PCM5102

За передачу информации по Ethernet отвечает сетевой модуль W5500 (рис. 4), который предоставляет доступ к локальным сетям или интернету, для различных электронных устройств, а также будет нести на себе веб интерфейс для настройки устройств [6].



Рисунок 4 – Внешний вид сетевого модуля W5500

Для отладки и проверки выполняемых процессов в программной среде Arduino IDE написан код (рис. 5), который демонстрирует работу схемы, и воспроизводит простейший синусоидальный сигнал с частотой 440 Гц [7]. Использование простейших сигналов позволило отработать подключение модуля к контролеру и вывод звука на колонки.



```
Audio_codec.h
// ...
static constexpr float AMP = 0.25f; // 0.1 (рекомендуется 0.1 или меньше)
// ...
static constexpr int FRAMES = 200; // размер кадра
static constexpr int FRAMES * 2; // 1.8
// ...
void setupI2S() {
    I2S_config_t i2s_config = {
        .mode = (I2S_MODE_T) I2S_MODE_MASTER | I2S_MODE_TX,
        .sample_rate = SAMPLE_RATE,
        .bits_per_sample = I2S_BITS_PER_SAMPLE_16BIT,
        .channel_format = I2S_CHANNEL_FMT_ONLY_LEFT,
        .communication_format = I2S_COMM_FORMAT_I2S, // стандарт I2S
        .i2sclk_freq = I2S_20M / 4, // 5 МГц
        .dma_buf_count = 8,
        .dma_buf_len = FRAMES,
        .use_apll = false,
        .tx_desc_auto_clear = true,
        .fixed_mclk = 0
    };
    // ...
    I2S_pin_config_t pin_config = {
        .bck_io_num = PIN_I2S_BCK,
        .ws_io_num = PIN_I2S_WS,
        .data_out_num = PIN_I2S_DATA,
        .data_in_num = PIN_I2S_DATA
    };
    // ...
    I2S_driver_install(I2S_NUM_0, &i2s_config, 0, 0);
    I2S_pin_init(I2S_NUM_0, &pin_config);
    I2S_zero_dma_buffer(I2S_NUM_0);
}
// ...
void loop() {
    static uint32_t m = 0;
    const float w = 2.0f * (float)M_PI * TONE_FREQ / (float)SAMPLE_RATE;
    for (int i = 0; i < FRAMES; i++) {
        float s = sin(w * m);
        i2s_w1_sample = (int32_t)(s * 12767.0f);
        // ...
        i2s_w2_sample = i2s_w1_sample; // left
        i2s_w3_sample = i2s_w1_sample; // right
        m++;
    }
}
```

Рисунок 5 – Код, написанный в программной среде Arduino IDE

Изучение выбранных модулей показало, что они могут выполнять необходимые задачи и достаточно просты в освоении. Начата разработка протокола для организации пробной сети для отработки методов адресации и взаимодействия нескольких модулей между собой (на базе MQTT протокола).

Применение данной системы громкоговорящей связи на судах подтверждает ее перспективность и практическую значимость, так как позволяет повысить надежность за счет простоты монтажа, не требующего специальных навыков, а также устойчивости линий связи к замыканиям и повреждениям: модули не выходят из строя, а лишь временно теряют связь до устранения проблемы, при этом система в целом сохраняет работоспособность даже при отказе отдельного элемента.

Список литературы:

1. Связь и радионавигация / Радиооборудование / Командно-вещательная установка Ока. Cirspb. – Текст: электронный // cirspb.ru: [сайт]. – URL: <https://cirspb.ru/equipment-and-service/kvu/kvu-oka/#characteristics> (дата обращения: 25.02.2026).
2. Связь и радионавигация / Радиооборудование / Командно-вещательная установка Рябина. Cirspb. – Текст: электронный // cirspb.ru: [сайт]. – URL: <https://cirspb.ru/equipment-and-service/kvu/ryabina/#characteristics> (дата обращения: 25.02.2026).
3. Korabel / Навигация и связь. Korabel – Текст: электронный // korabel.ru: [сайт]. – URL: https://www.korabel.ru/news/comments/radionavigatsionnaya_kompaniya_poluchila_sertifikat_r_mrs_na_sudovuyu_sistemu_komandno-translyatsionnoy_apparaturi_brigantina.html (дата обращения: 25.02.2026).
4. ESP32-WROOM-32 Datasheet. — Текст: электронный // Espressif Systems: [сайт]. — URL: https://documentation.espressif.com/esp32-wroom-32_datasheet_en.html (дата обращения: 05.03.2026).
5. DOC004145096.pdf. — Текст: электронный // chipdip.ru: [сайт]. — URL: <https://static.chipdip.ru/lib/145/DOC004145096.pdf> (дата обращения: 07.03.2026).
6. DOC001164916.pdf. — Текст: электронный // chipdip.ru: [сайт]. — URL: <https://static.chipdip.ru/lib/164/DOC001164916.pdf> (дата обращения: 12.03.2026).
7. Грошева, Л. С. Практика применения сигнальных процессоров / Л. С. Грошева. — Нижний Новгород: ФГБОУ ВО "ВГУВТ", 2017. — 38 с. — Текст: непосредственный.