

**ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПРЕДМЕТОВ ДЛЯ НЕЗРЯЧИХ  
НА БАЗЕ ARDUINO И nRF24L01+:  
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АЛГОРИТМЫ И ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ**

*С.И. Хакимзянова, студентка,*

*Г.В. Никишина, канд. техн. наук, доц.*

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева–КАИ, Казань, Россия, Республика Татарстан*

*В статье рассматривается программная реализация системы поиска предметов для незрячих, включающей два элемента аппаратной части: управляющий пульт и метки, закрепляемые на различных объектах. Описаны алгоритмы передачи сигнала, режимы энергосбережения, а также программное обеспечение для каждой части системы. Основное внимание уделено организации глубокого сна для Arduino Nano и модуля nRF24L01+, что позволяет значительно снизить энергопотребление.*

***Ключевые слова:** система поиска предметов, незрячие, Arduino Nano, nRF24L01+, энергосбережение, программирование, режим глубокого сна, радиосигнал.*

**Введение.** Система поиска предметов для незрячих позволяет пользователям быстро находить необходимые предметы, на которых закреплены метки с радиомодулем nRF24L01+ и Arduino Nano [1]. Управление системой осуществляется через пульт, передающий уникальные сигналы каждой метке. Программное обеспечение системы направлено на минимизацию энергопотребления, что достигается за счет использования глубокого сна для микроконтроллеров и радиомодулей.

### **1. Структура системы**

Аппаратная составляющая:

- Пульт: Arduino Nano, радиомодуль nRF24L01+, несколько кнопок для выбора меток, двухслотовый батарейный отсек.
- Метки: Arduino Nano, радиомодуль nRF24L01+, пьезоизлучатель, батарейный отсек.

### **2. Алгоритм работы системы**

Основная логика работы системы:

1. При нажатии на кнопку на пульте происходит пробуждение Arduino Nano и модуля nRF24L01+[2].
2. Пульт отправляет уникальный сигнал, соответствующий определенной метке.
3. Модуль nRF24L01+ на метке, получив сигнал, пробуждает Arduino и активизирует пьезоизлучатель, который начинает издавать звуковой сигнал.

### **3. Программное обеспечение**

#### **3.1. Код для пульта управления**

- Инициализация компонентов: настройка Arduino Nano и nRF24L01+ для передачи сигнала.

– Функция отправки сигнала: при нажатии кнопки формируется и отправляется сигнал.

– Энергосбережение: активируется режим глубокого сна для Arduino и радио-модуля, если пульт не используется.

Пример кода:

```
cpp
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <avr/sleep.h>

RF24 radio(9, 10); // Настройка модулей nRF24L01+ для связи
const byte address[6] = "00001";

void setup() {
  pinMode(2, INPUT_PULLUP); // Кнопка для метки 1
  radio.begin();
  radio.openWritingPipe(address);
  radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
  radio.stopListening();
}

void loop() {
  if (digitalRead(2) == LOW) { // Проверка нажатия кнопки
    byte signal[1] = {1}; // Уникальный сигнал для метки 1
    radio.write(&signal, sizeof(signal));
  }
  enterDeepSleep();
}

void enterDeepSleep() {
  radio.powerDown(); // Отключение nRF24L01+
  set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
  sleep_enable();
  sleep_cpu();
  sleep_disable();
  radio.powerUp(); // Пробуждение nRF24L01+}
```

### 3.2. Код для метки

– Инициализация компонентов: настройка приемника nRF24L01+[3].

– Функция приема сигнала: метка ждет сигнал от пульта и активирует пьезоизлучатель при совпадении.

– Энергосбережение: метка переходит в глубокий сон, когда не получает сигнал.

Пример кода:

```
cpp
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <avr/sleep.h>

RF24 radio(9, 10);
const byte address[6] = "00001";

void setup() {
```

```

pinMode(3, OUTPUT); // Пьезоизлучатель
radio.begin();
radio.openReadingPipe(0, address);
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
radio.startListening();
}

void loop() {
if (radio.available()) {
byte signal[1];
radio.read(&signal, sizeof(signal));
if (signal[0] == 1) { // Сравнение сигнала
activateBuzzer();
}
}
enterDeepSleep();
}

void activateBuzzer() {
digitalWrite(3, HIGH); // Активация пьезоизлучателя
delay(1000); // Время сигнала
digitalWrite(3, LOW);
}

void enterDeepSleep() {
radio.powerDown();
set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
sleep_enable();
sleep_cpu();
sleep_disable();
radio.powerUp();
}

```

#### 4. Анализ энергопотребления

Приведем расчет энергопотребления [4]:

– В режиме глубокого сна Arduino потребляет около 1 мкА [5], а nRF24L01+ – около 900 нА.

– nRF24L01+ при активной передаче или приеме потребляет около 12 мА. Arduino Nano в рабочем режиме потребляет 15 мА.

– Пьезоизлучатель в активном режиме потребляет 2 мА, в режиме покоя не потребляет.

– Рабочий цикл системы предполагает частоту активации метки не более 5 раз в сутки примерно на 1 минуту.

– При использовании двух батареек CR2032, емкостью 190 мАч:

$$190 \cdot 2 = 380 \text{ мАч}$$

$$1 \text{ мин} * 5 \text{ раз/день} = 5 \text{ минут} = 0,083 \text{ часов/день}$$

Метка:

$$\text{Arduino Nano: } (15 + 0,001) * 0,083 = 1,245 \text{ мАч/день}$$

$$\text{nRF24L01+: } (0,0009 + 12) * 0,083 = 0,996 \text{ мАч/день}$$

Пьезоизлучатель:  $2 * 0,083 = 0,166$  мАч/день

Итого:  $1,245 + 0,996 + 0,166 = 2,571$  мАч/день

– В теории, батареи хватит на  $380 / 2,571 = 148$  дней, приблизительно полгода.

Пульт:

Arduino Nano:  $(15 + 0,001) * 0,083 = 1,245$  мАч/день

nRF24L01+:  $(0,0009 + 12) * 0,083 = 0,996$  мАч/день

Итого:  $1,245 + 0,996 = 2,241$  мАч/день

– В теории, батареи хватит на  $380 / 2,241 = 170$  дней, приблизительно полгода.

**Заключение.** Разработанная система предоставляет надежное и экономичное решение для поиска предметов незрячими людьми. Реализованные программные решения позволяют значительно снизить энергопотребление за счет использования режимов глубокого сна, что расширяет срок службы устройства на одном комплекте батарей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров О.С. Современные технологии в разработке устройств для людей с ограниченными возможностями / О.С. Захаров, М.В. Котов // Инновационные технологии и разработки. – 2022. – № 1. – С. 15–23.
2. Соколова Н.А. Основы работы с радиомодулями nRF24L01+ / Н.А. Соколова, С.В. Иванов // Электроника и связь. – 2020. – № 4. – С. 45–52.
3. Иванов И.И. Программное обеспечение для систем радиосвязи на базе nRF24L01+ / И.И. Иванов // Технические науки: от теории к практике. – 2021. – № 2. – С. 62–68.
4. Беляев Р.В. Использование микроконтроллеров Arduino для реализации энергоэффективных решений / Р.В. Беляев // Вестник современных технологий. – 2019. – № 5. – С. 39–44.
5. Радионов А.Н. Программирование и использование режима глубокого сна на микроконтроллерах / А.Н. Радионов // Микропроцессорные системы. – 2018. – № 3. – С. 27–34.