

# AI-Модуль определения режимов работы и аномального поведения вентилятора

## Руководство разработчика

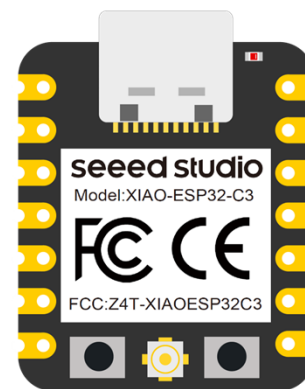


Предиктивное обслуживание оборудования, такого как вентиляторы, насосы и электродвигатели, играет ключевую роль в современной промышленности, подход, основанный на мониторинге состояния и производительности оборудования в реальном времени для определения вероятности его отказа.

Это позволяет операторам предпринять действия по устранению неполадок до того, как они приведут к серьезным последствиям, таким как простои в производстве или дорогостоящий ремонт, что помогает увеличить эффективность оборудования, продлить его срок службы и снизить затраты на ремонт и замену.

Кроме того, предиктивное обслуживание способствует безопасности рабочего места, предотвращая неожиданные отказы оборудования, которые могут привести к несчастным случаям на производстве.

**Давайте воспользуемся модулем определения режимов работы и аномального поведения вентилятора «Anomaly Detection for fan» с искусственным интеллектом для создания простого устройства, которое будет способно обучаться режимам работы вентилятора и сообщать о них или возникшей аномалии с помощью голосового интерфейса.**



Варианты использования устройства:

- Определение режимов работы оборудования и его неисправности
- Полевой датчик информации для систем предиктивного обслуживания

Примеры оборудования:

- Электродвигатели
- Помпы, насосы, турбины
- ДВС
- Генераторы
- Холодильные установки

Возможности модуля:

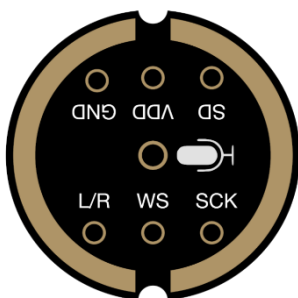
- «Запоминает» до трех режимов работы вентилятора (обучение пользователем непосредственно на целевом оборудовании)
- Определяет режим работы вентилятора
- Определяет, что вентилятор находится в неизвестном режиме работы (аномалия)
- Голосовое управление как вывод из спящего режима, так и подтверждение команд голосом)

## Подготовка

Нам потребуются следующие элементы



AI-модуль на базе  
Seeed Studio XIAO ESP32C3



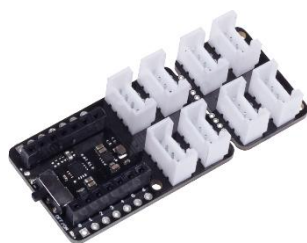
Микрофон  
INMP441



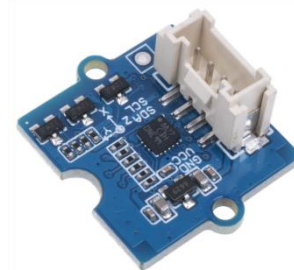
Динамик DX130N-A



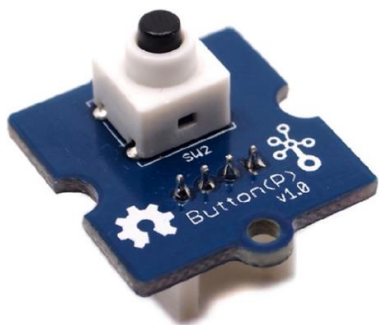
Усилитель  
класса D i2s MAX98357A



Опционально: Плата расшире-  
ния Grove Shield для XIAO с чи-  
пом управления батареей



Трёхосевой цифровой акселе-  
рометр Grove (LIS3DHTR) либо  
аналог



Кнопка Grove либо аналог



Универсальные 20см кабели  
Grove - с 4-мя контактами



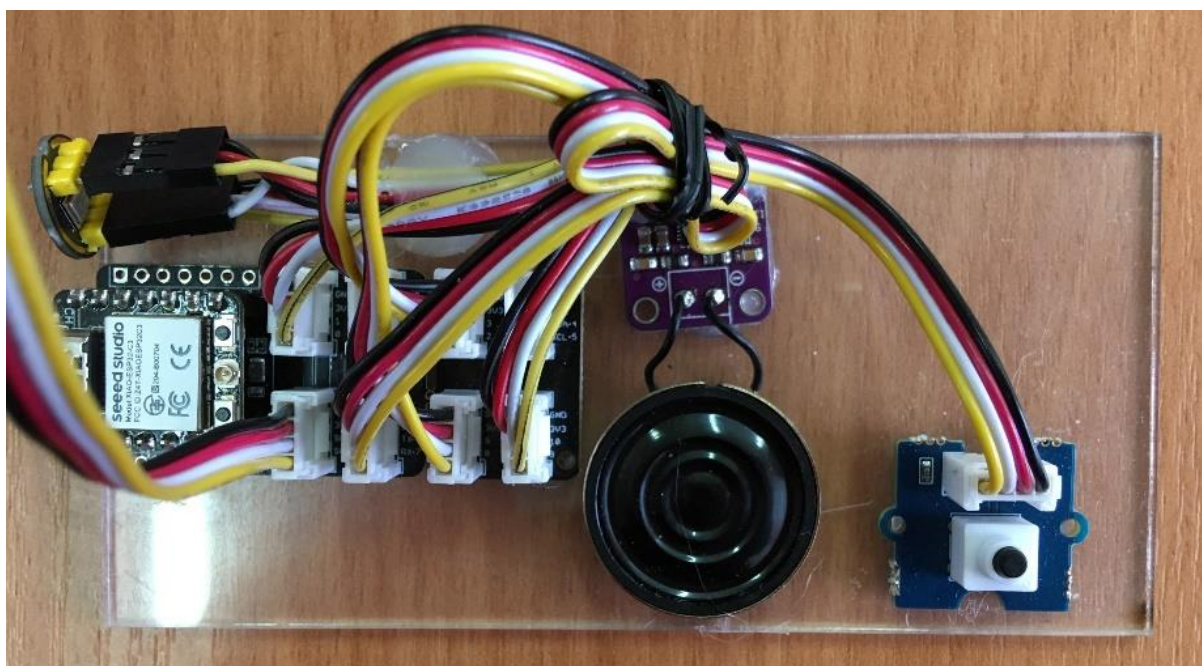
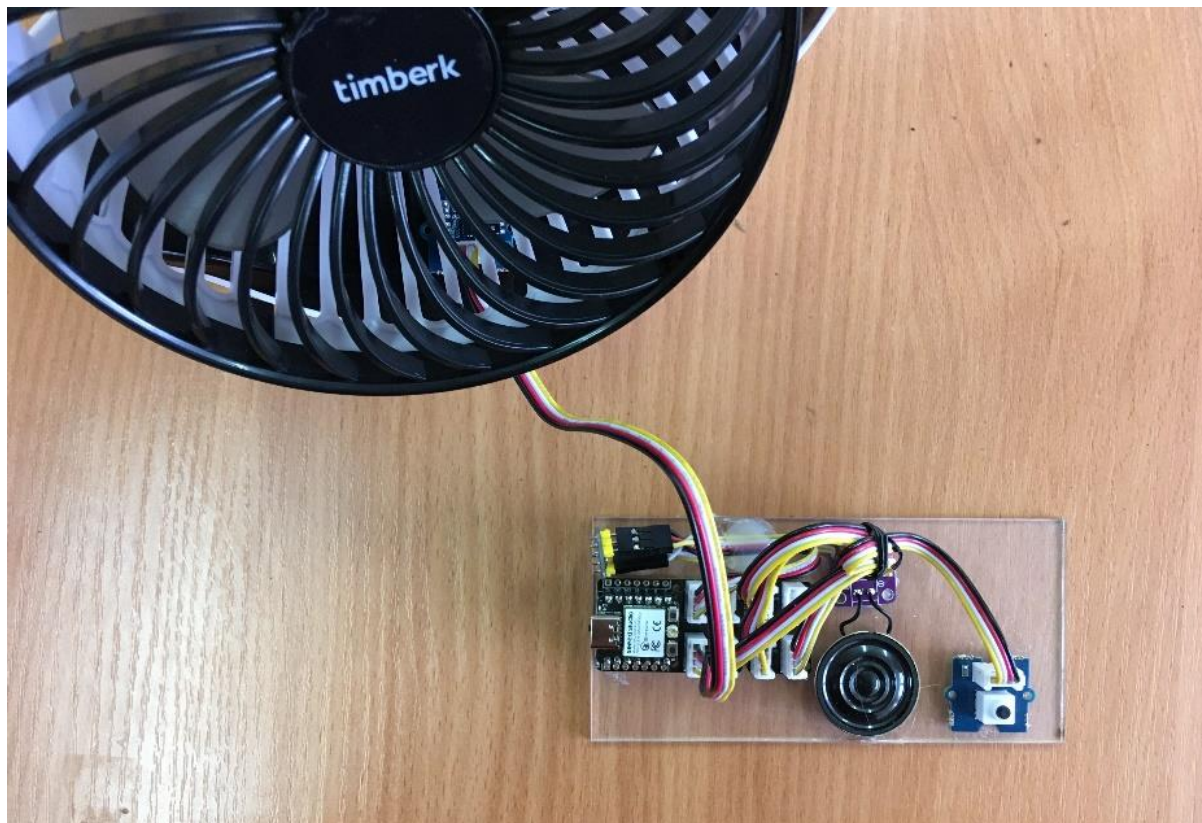
Переходные кабели Grove с  
четырьмя контактами и жен-  
ским разъёмом типа джампер

Вы можете использовать свои элементы, учитывайте, что модуль сконфигурирован для работы с элементами с определенными параметрами, которые указаны в Приложении.

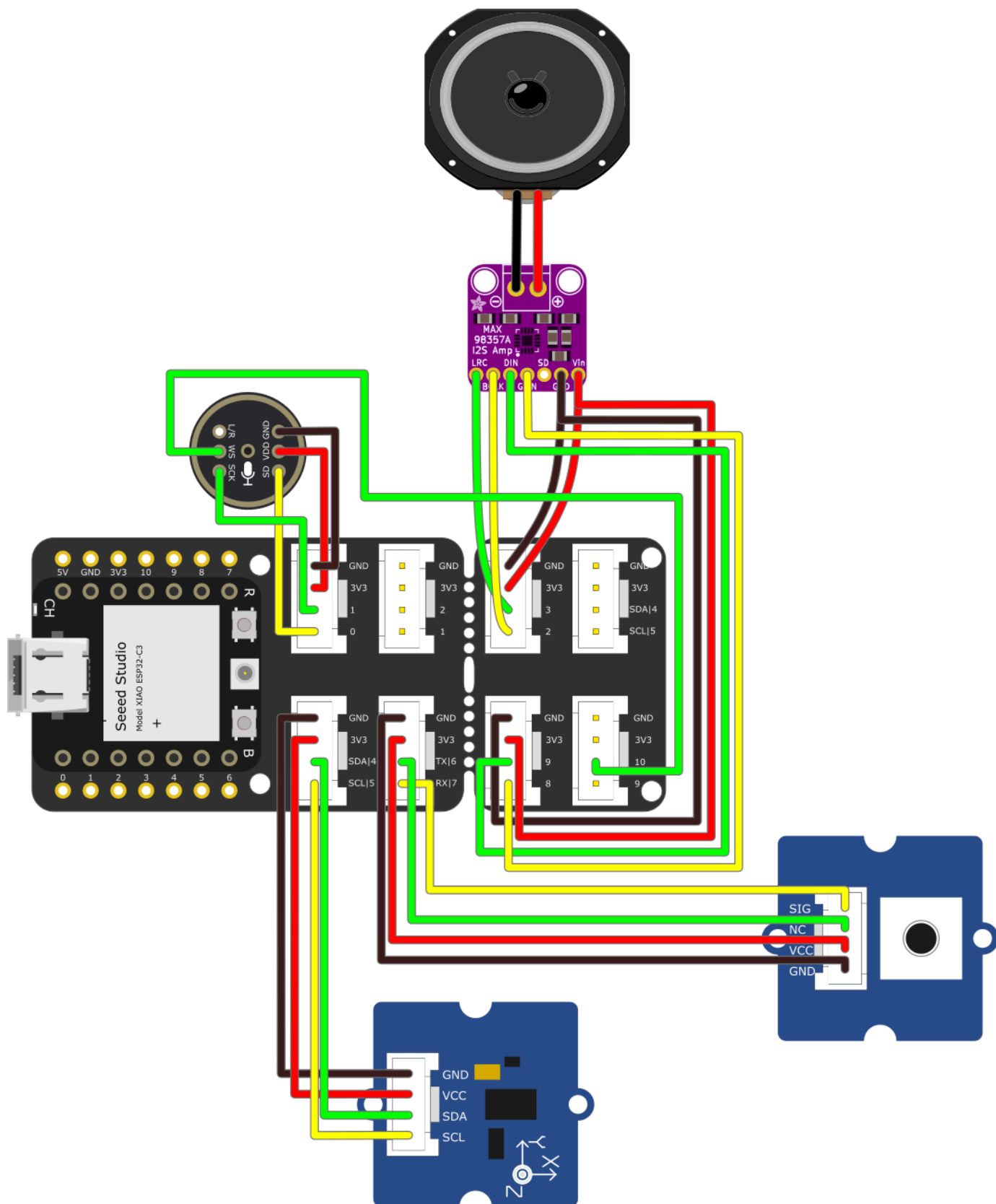
### Схема подключения

В качестве оборудования, диагностику которого будем производить, предлагаем использовать любой вентилятор, который может работать на нескольких скоростях (имеет несколько режимов работы).

Ниже фотография стенда, который мы собрали для примера, с использованием обычного вентилятора, на который установили акселерометр, подключили его к модулю детекции аномалий с помощью макетной платы Seeduino, и добавили рекомендуемое оборудование.



Для простой сборки макета устройства мы можете использовать плату расширения Grove Shield:





Или можно обойтись платы, подключая оборудование непосредственно к ножкам модуля:

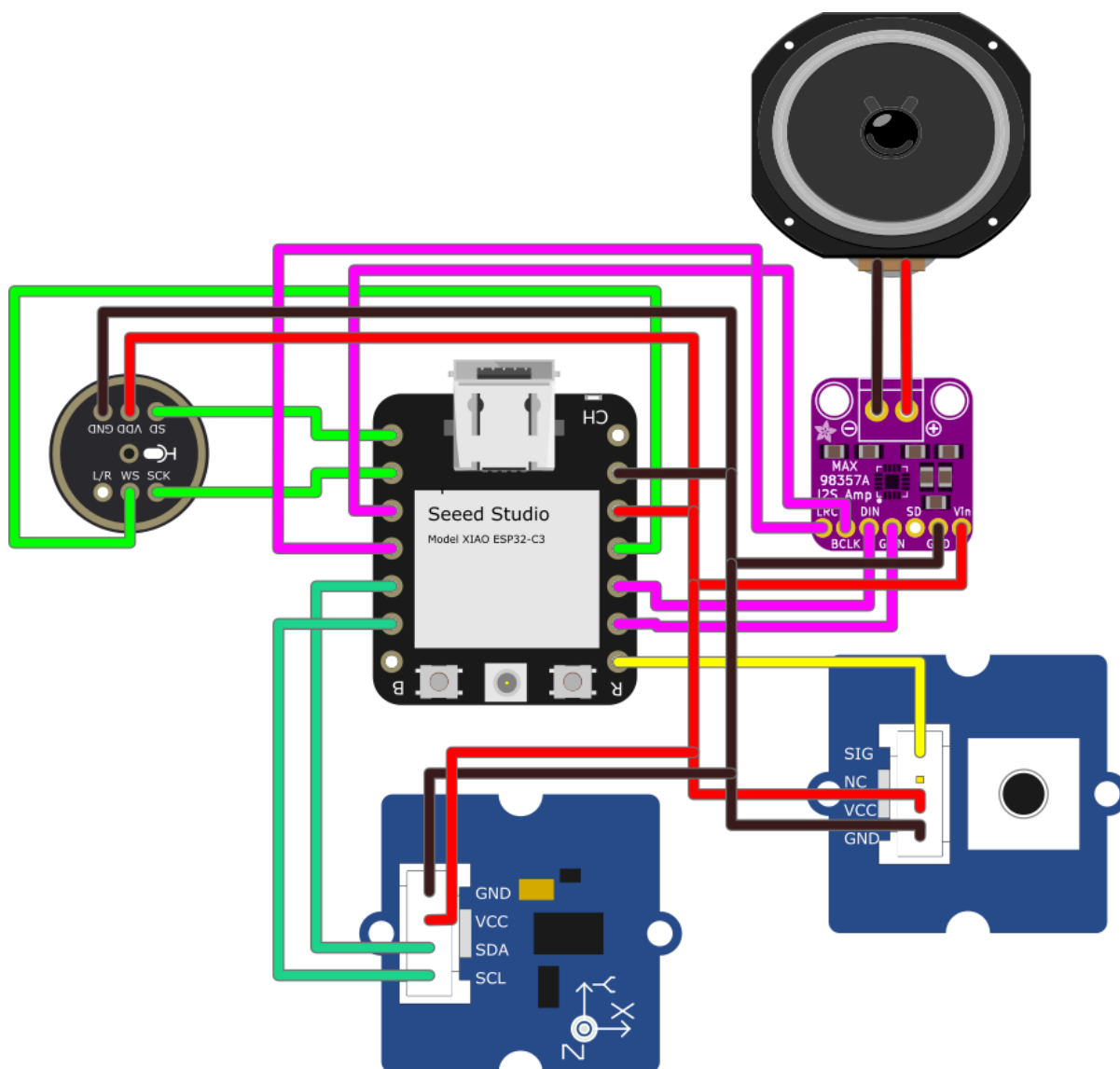
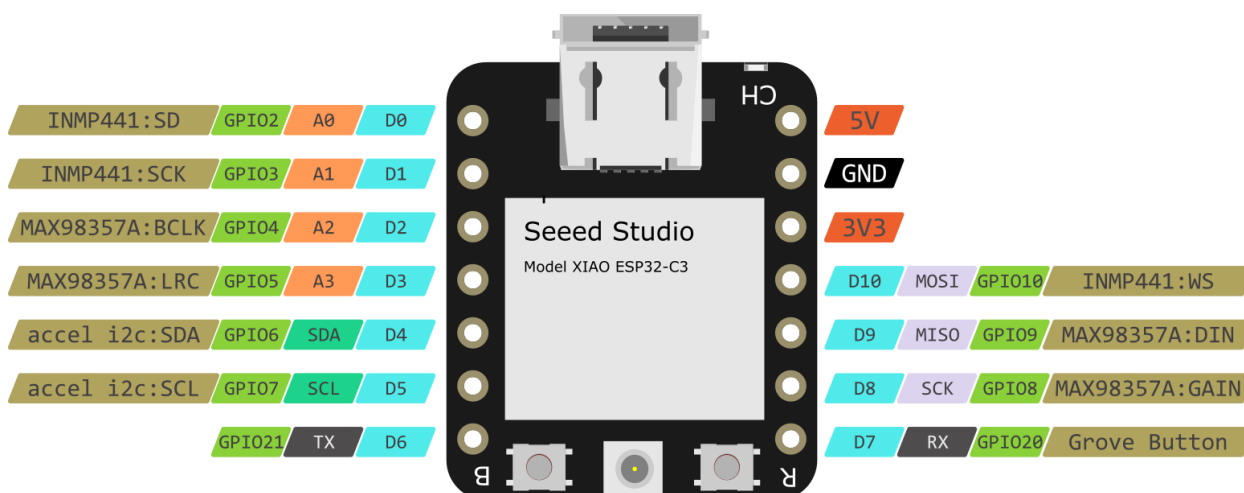


Схема какая ножка модуля за что отвечает:



## Принцип работы

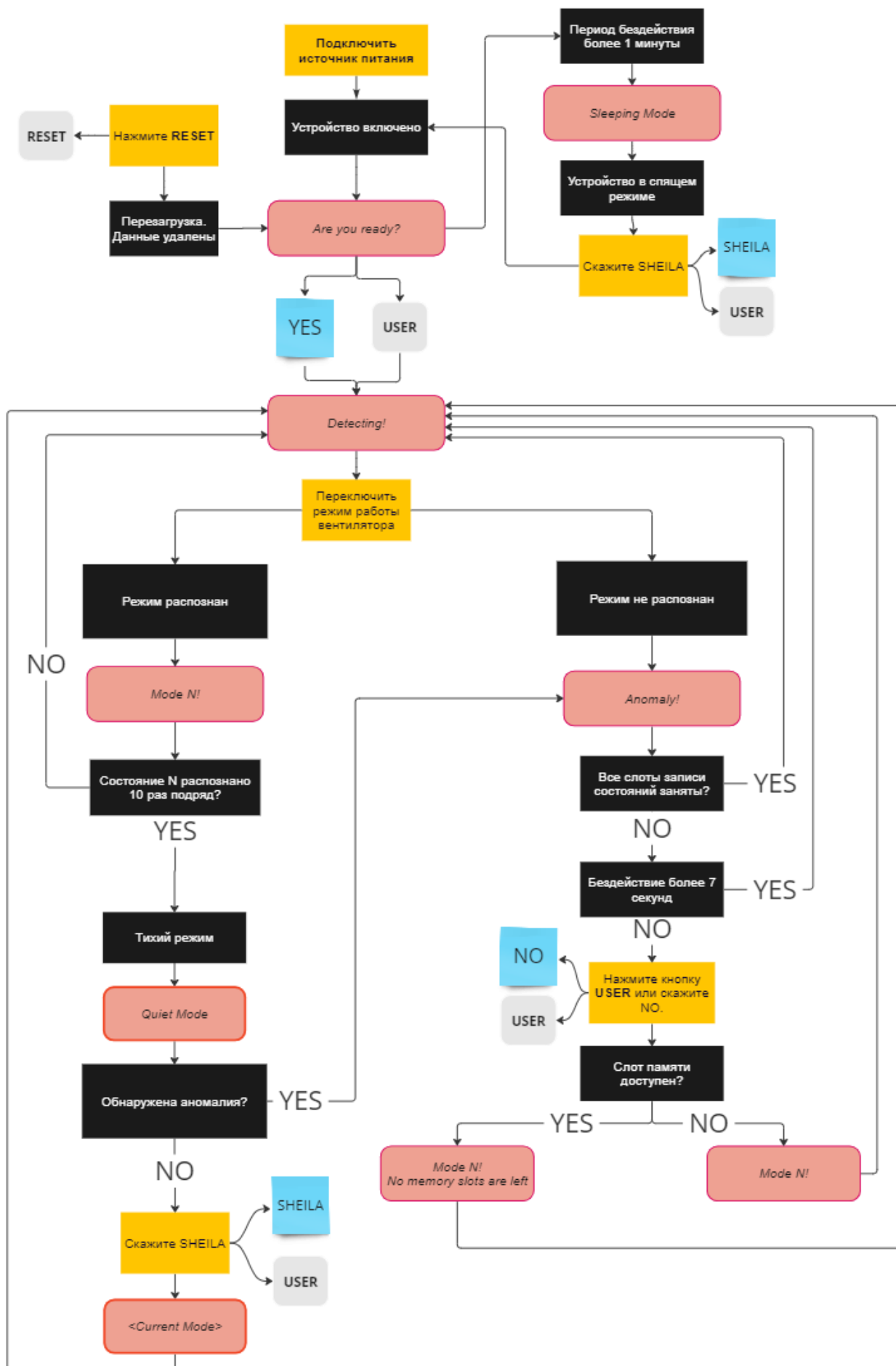
Устройство разработано с использованием чипа Seeed Studio XIAO ESP32C3.

Это миниатюрная плата с 32-bit RISC-V процессором, работающим на скорости 160 МГц, имеющая 400 KB SRAM и 4 MB Flash-памяти.

Чип уже прошит, на нём находится программное обеспечение необходимое для работы, в том числе рекуррентная нейронная сеть, отвечающая за распознавание режимов работы и поиск аномалии.

В отличие от общераспространенных сверточных нейросетей, для рекуррентной сети вам не нужен огромный датасет, чтобы научить устройство распознавать режим работы вашего оборудования – оно обучается прямо на вентиляторе, двигателе или турбине, на которую установлен акселерометр в процессе работы.

Общая блок-схема работы устройства и пояснения приведены на схеме ниже.

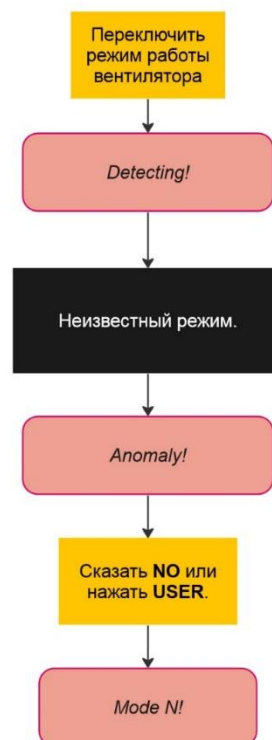


## Режим обучения

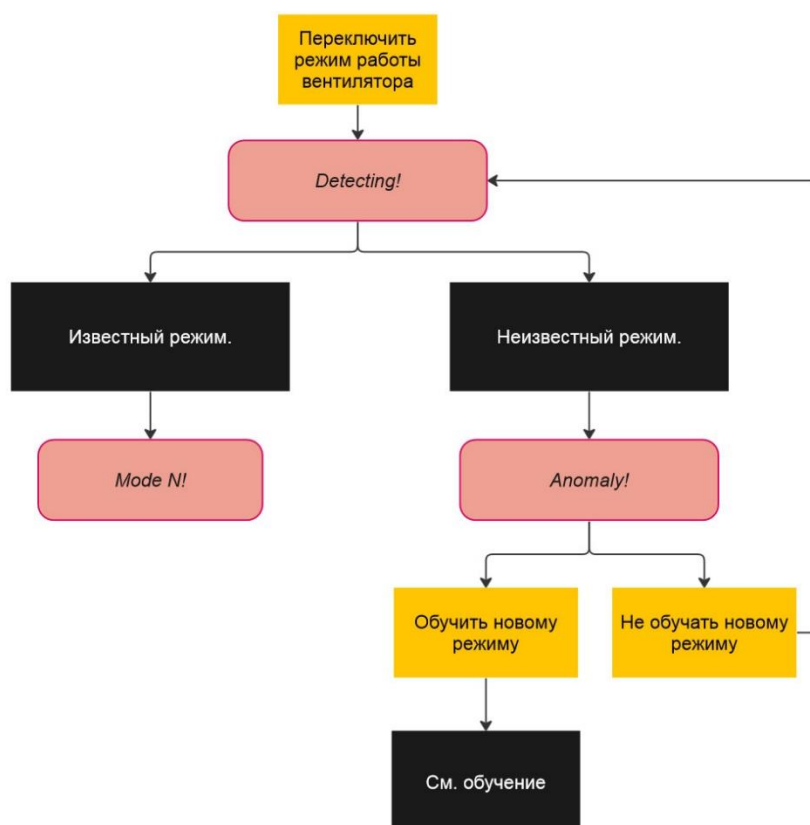
Обучение выполняется в процессе распознавания аномалий. Когда устройство распознаёт режим, который является стандартным в работе вентилятора или иного устройства, как аномалию, пользователь может записать данное состояние как один из базовых режимов. Для этого следует запустить процесс распознавания в базовом режиме работы вентилятора, дождаться голосового сообщения “Anomaly!” (Аномалия!) и сказать “NO” (“Нет”) или нажать кнопку **USER**.

*Примечание: Устройство ждёт голосовой команды или нажатия кнопки в течение семи секунд, если пользователь ничего не делает, то устройство по истечении данного периода уходит в режим распознавания снова.*

Если в памяти будут свободные слоты для записи (в текущей реализации: 3, см. Общую схему работы AD), то режим запишется как “Mode N”, где N - порядковый номер записи. После обучения устройство переходит в режим распознавания.



## Режим распознавания



При первом включении и после перезагрузки устройство готово перейти к распознаванию аномалий. При появлении запроса «Are you ready?» («Вы готовы?»), проверьте подключение акселерометра к вентилятору или иному устройству и скажите «YES» («Да») или нажмите кнопку «USER». После этого устройство начнёт сравнивать сохранённые в памяти записи состояний с текущей работой вентилятора. Если текущий режим работы не совпадает с сохранёнными образцами состояний, то устройство выдаёт голосовое сообщение: “Anomaly!” (Аномалия!). При необходимости пользователь может записать режим в память устройства как один из базовых (см. Режим обучения).



Если устройство распознаёт текущий режим как один из базовых, то выдаётся голосовое сообщение “*Mode N*” (“Режим N”), где N - номер записанного режима.

#### Режим ожидания

Устройство переходит в спящий режим после периода бездействия более 1 минуты до начала запуска режима распознавания.

Для вывода устройство из спящего режима и перехода к распознаванию скажите «Sheila».

## Приложение. Технические характеристики используемого оборудования

### AI-модуль на базе Seeed Studio XIAO ESP32C3

- Процессор: ESP32-C3 SoC. 32-битный одноподъёмный процессор RISC-V с четырехступенчатой конвейерной системой, который работает на частоте до 160 МГц.
- Беспроводной модуль: полная подсистема Wi-Fi 2,4 Гц. Bluetooth 5.0/ Bluetooth mesh.
- Встроенная память: SRAM-память - 400 Кб, флэш-память - 4Мб.
- Интерфейсы: 1x UART, 1x IIC, 1x SPI, 11x GPIO (ШИМ), 4x АЦП. 1x кнопка Reset , 1x кнопка Boot.
- Размеры: 21 x 17,5 мм.
- Питание: рабочее напряжение сети: 3.3В@200мА.
- Питание зарядки: 50мА/100мА.
- Напряжение на входе (VIN): 5В.
- Потребление питания в спящем режиме: Спящий режим >44 мА.
- Потребление питания при включённом Wi-Fi: Активный режим: <75 мА.
- Спящий режим модема: <25 мА.
- Режим неглубокого сна: <4 мА.
- Потребление питания при включённом BLE: Спящий режим модема: <27 мА.
- Режим неглубокого сна: <10 мА.
- Рабочая температура: -40°C ~ 85°C.

### Плата расширения Grove Shield для XIAO с чипом управления батареей

- Встроенная функция для зарядки и контроля работы литиевого аккумулятора.
- Grove разъёмы (Grove IIC x 2, Grove UART x 1), всего выведено 14 GPIO.
- Компактный и легко разбирающийся дизайн.
- Выделена контактная площадка для Flash SPI.
- Встроенный переключатель питания и световой индикатор зарядки.
- Рабочее напряжение: 3,3В / 3,7В литиевого аккумулятора.
- Электрическая ёмкость: 800мА.
- Питание зарядки 400мА (макс).

### Усилитель класса D i2s MAX98357A

- Выходная мощность: 3,2 Вт при 4 Ω, 10% КНИ, 1,8 Вт при 8Ω, 10% КНИ, с обеспечением в 5 В.
- PSRR: 77 дБ тип @ 1 КГц.
- Частота дискретизации I2Sot 8кГц до 96кГц.
- MCLK не требуется.
- Уменьшение лишних шумов.
- Пять коэффициентов усиления на выбор: 3дБ, 6 дБ, 9 дБ, 12 дБ, 15 дБ.
- Отличная система подавления щелчков и хлопков.
- Защита от перегрева

### Микрофон INMP441

- Цифровой интерфейс I<sup>2</sup>S с высокоточным 24-битными данными.
- Высокое ОСШ: от 61 дБА.
- Высокая чувствительность: от -26 dBFS.
- Плоская частотная характеристика от 60 Гц до 15 кГц.
- Низкое энергопотребление: 1.4 мА.
- Высокий PSR: -75 dBFS.
- Малые габариты: 4.72 мм × 3.76 мм × 1 мм.
- Пригоден для пайки с оловянно-свинцовым припоем и припоем без свинца.
- Соответствие стандартам RoHS/WEEE.

### Трёхосевой цифровой акселерометр Grove (LIS3DHTR)

- Питание: 3/5 В.
- Полный диапазон динамически выбираемых параметров  $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g/\pm 16g$ .
- Цифровой выходной интерфейс I<sup>2</sup>C/SPI/АЦП.
- 16-битный вывод данных.
- 2 независимых программируемых генератора прерываний для определения движения и свободного падения.
- Определение ориентации в 6D/4D.
- Распознавание свободного падения.
- Распознавание движения.
- Встроенный температурный датчик.
- Встроенный механизм самопроверки.
- Встроенные 32 уровня 16-битного вывода данных FIFO.

### Кнопка Grove

- Рабочее напряжение: 3,3/5В.
- Ресурс: 200 000 циклов.
- Усилие нажатия: 100 ± 50gf.
- Рабочая температура: -25°C до +70°C.
- Габариты: 20мм×20мм.

### Акустический динамик DX130N-A 0,5 Вт 8 Ом

- Эффективный рабочий диапазон частот 200-8000 Гц.
- Предельная мощность: шумовая - 0,5 Вт, пиковая - 1,5 Вт.
- Номинальное электрическое сопротивление (импеданс), Ω 8 Ом.
- Уровень характеристической чувствительности 85±3 дБ.
- Неравномерность АЧХ 18 дБ.
- Габаритные размеры Ø30×4,8 мм.