ОКВоДи: Отображатель Качества Воздуха Дома и так далее

# Оглавление

1. [Сокращения](#_Сокращения)
2. [Описание](#_Описание)
3. [Актуальность](#_Актуальность)
4. [Устройство ОКВоДи](#_Устройство_ОКВоДи)
5. [Основные функции](#_Основные_функции)
6. [Прототип](#_Прототип)
7. [Архитектура устройства](#_Архитектура_устройства)
8. [Технические характеристики](#_Технические_характеристики)

# Сокращения

PM 1.0, 2.5, 10 - particulate matter (взвешенные твердые микрочастицы размером <1 мкм, <2.5 мкм и <10 мкм соответственно. Примеры: пыль, вирусы и пыльца)  
TVOC - total volatile organic compounds (общее количество летучих органических соединений. Примеры: сигаретный дым, бытовые и строительные аэрозоли, краски)  
ppb - parts per billion (миллиардная доля, 1 ppb = 1 мм³/м³ - объемная доля или 1 ppb = 1 мкг/кг – массовая доля)  
ppm – parts per million (миллионная доля, 1% = 10 000 ppm)  
ОКВоДи – Отображатель Качества Воздуха Дома и так далее  
HAQuDA – Home Air Quality Display And so on

# Описание

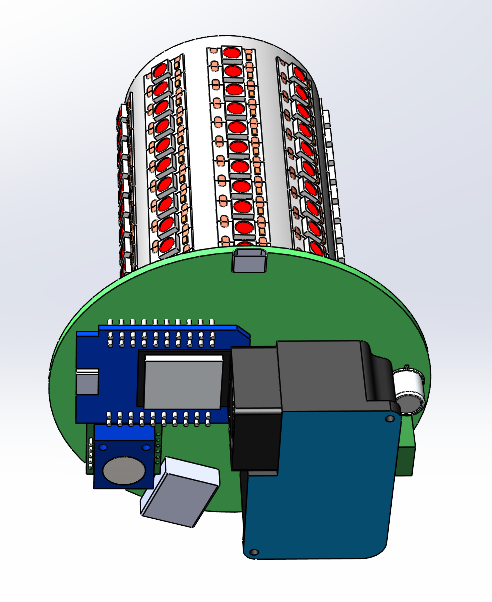
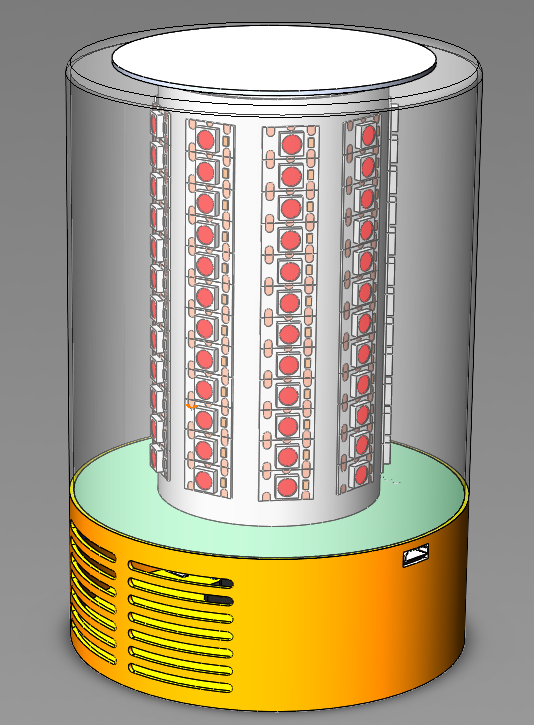
ОКВоДи – это настольная лампа, которая отображает данные о параметрах окружающей среды: качестве воздуха, температуре и влажности, при помощи цвета свечения. Если параметр в норме, то он зеленый, а если завышен или занижен, то красный или синий соответственно. У лампы есть несколько режимов отображения: стандартный, мульти, ночной, режим светильника.

# Актуальность

Основная идея устройства заключается в простоте передачи информации о состоянии дома человеку. Существующие модели датчиков качества воздуха передают информацию понятную специалистам, но специфичную для простых пользователей, например единица измерения CO2 – PPM, а количество летучей органики (формальдегиды, ацетон, этанол и т.д.) измеряется в микрограммах на кубический метр. ОКВоДи позволяет моментально и понятно отображать информацию о качестве воздуха, за счет ее отображения цветом: от зеленого – качество воздуха хорошее, до красного - когда уже пора проветрить помещения. В этом устройстве заложен принцип “преаттентивности” (от англ. pre-attention) - показывать тот объем информации, который необходим для принятия решения, что позволит человеку быстрее обрабатывать информации, не фокусируя на ней внимание. Этот принцип уже протестирован на устройстве, которое сделал мой брат: ОПЭДИ (<https://habr.com/ru/post/523988/>) и оно получило одобрение сообщества.

# Устройство ОКВоДи

Отображатель качества воздуха дома и так далее представляет собой лампу цилиндрической формы (90x130мм) состоящую из двух частей: матовая полупрозрачная белая верхняя часть и основание из непрозрачного пластика. Внутри верхней части на цилиндре закреплены адресные светодиоды WS2812B, в количестве 12x9 штук. Труба вставляется в плату и закрепляется в ней. На плате расположены ESP-32 mini и следующие датчики: датчик влажности и температуры – DHT-11 (<https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>), датчик летучих органических соединений и датчик угарного газа – CCS811 (<https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/1/4/3/CCS811_Datasheet-DS000459.pdf>), датчик озона - ZE25-O3 (<https://www.winsen-sensor.com/sensors/o3-gas-sensor/ze25-o3.html>). Под платой располагается датчик взвешенных частиц - ZH03B (<https://www.winsen-sensor.com/sensors/dust-sensor/zh3b.html>). Отладочный комплект Silicon Labs будет подключаться снаружи по протоколу UART. Для изменения яркости лампы в зависимости от яркости окружающего света, установлены датчики освещения. В верхней крышке расположены сенсорные кнопки, чтобы отслеживать касания и менять режим отображения, и датчик расстояния, для ручного управления яркостью. Также на плате располагается два USB-A выхода для зарядки устройств и один USB-Micro вход питания. В комплектации к лампе идет адаптер питания 5В 2А с выходом на USB-A и кабель USB-A – USB-Micro. Для работы требуется подключение в сеть электропитания, по этой причине в сети ZigBee ОКВоДи будет выступать в роли координатора. Режим работы у лампы только рабочий.



Расположение компонентов

Модель лампы

# Основные функции

ОКВоДи умеет отображать следующие параметры микроклимата дома:

* Летучие органические соединения (TVOC) – измеряется в частицах на миллиард [ppb]
* Количество озона (O3) – измеряется в частицах на миллиард [ppb]
* Твердые частицы PM1.0, PM2.5, PM10 (Dust) – измеряется в микрограммах на метр кубический [мкг/м3]
* Углекислый газ (CO2) - измеряется в частицах на миллион [ppm]
* Температура – измеряется в градусах Цельсия [°C]
* Влажность – измеряется в процентах [%]
* Общее качество воздуха (TotalAirQuality) – рассчитывается на основе всех предыдущих показателей

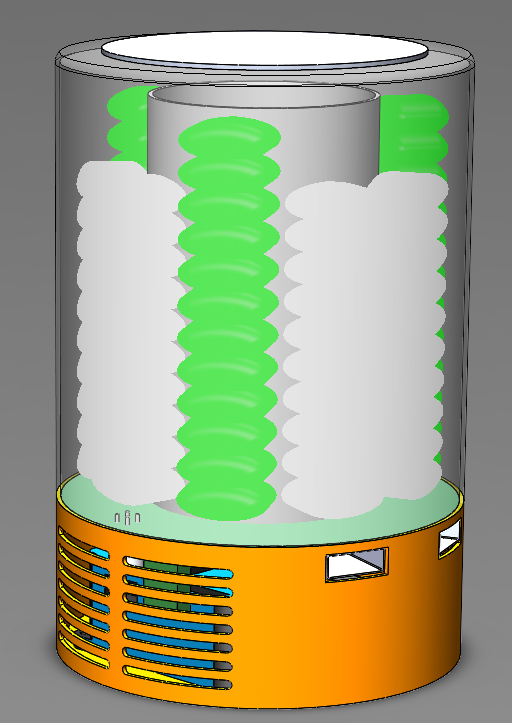
Выбор именно этих показателей качества воздуха связан с тем, что они оказывают основное долговременное воздействие на человека. Исследования, доказывающие влияние качества воздуха на состояние человека и международные нормы количества этих показателей в помещениях:

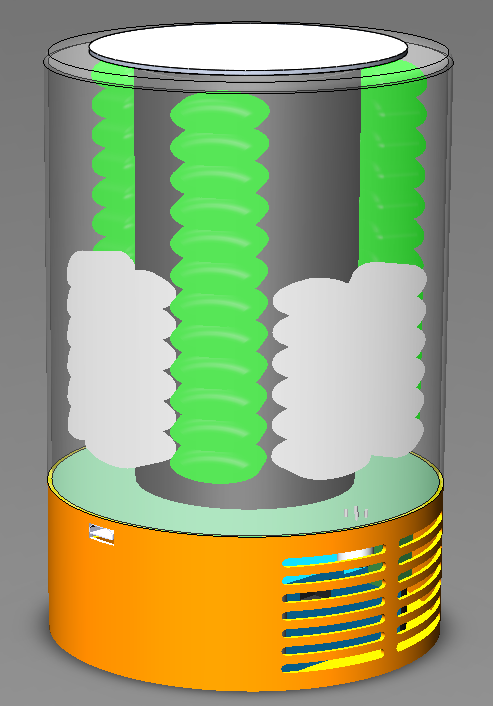
1. Ioannis Manisalidis, Elisavet Stavropoulou, Agathangelos Stavropoulos and Eugenia Bezirtzoglou Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review / Front. Public Health, 20 February 2020 - <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.00014/full>
2. Vinh Van Tran, Duckshin Park, and Young-Chul Lee Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality / Int J Environ Res Public Health. 2020 Apr; 17(8) -https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7215772/
3. Мансуров Р.Ш. Гурин М.А. Рубель Е.В. Влияние концентрации углекислого газа на организм человека / Universum: технические науки 2017 № 8 (41) - <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/5045>
4. 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 Том 93, № 6 (2014) https://elibrary.ru/item.asp?id=22804038
5. Occupational Safety and Health Administration OSHA and Ozone - <https://ozonesolutions.com/blog/osha-and-ozone/>

Режимы отображения:

* Основной (Standard-mode) – все светодиоды задействованы для одного конкретного параметра
* Мульти-режим (Multi-mode) – светодиоды делятся на три секции и отображают три параметра, выбранные пользователем
* Ночной (Night-mode) – три вертикальные линии светодиодов выделяются под отображение одного параметра, заданного пользователем, остальные выполняют роль подсветки-ночника и отображают время. Пользователь вводит временной диапазон, например от времени засыпания, до будильника, по умолчанию установлен с 21.00 до 09.00. Каждый час загорается следующий светодиод подсветки, таким образом яркость ночника увеличивается с наступлением утра. Отображение времени тоже преаттентивно: по уровню заполнения подсветки можно примерно определить оставшееся время для сна. В итоге получается progress bar времени вашего сна.

Пример мульти-режима, выключенные светодиоды не отображены





Пример ночного режима с установленным по умолчанию диапазоном времени. Зеленые – полосы отображения, например качества воздуха, белые - подсветка. Первая картинка соответствует 3 часам ночи, вторая – 7 часам утра

Так как это лампа, у нее есть одноцветная подсветка любым цветом (Lamp-mode), и несколько эффектов (Effect-mode): горящее пламя, огоньки, радуга. Пользователь может управлять автоматической регулировкой яркости, она происходит благодаря датчикам освещенности. Также менять яркость можно с помощью дальномера: поднесите руку над ОКВоДи и поднимая руку вы будете увеличивать яркость и наоборот. Для полного выключения освещения лампы достаточно хлопнуть по верхней крышке, в которой установлен сенсорный датчик.

Для удаленного управление лампой на модуле ESP-32 будет развернут веб-сервер, который позволит менять режимы отображения параметров, включать одноцветную подсветку и эффекты. На веб-сервере будут отображаться текущие показатели микроклимата дома, графики показателей за несколько дней.

ОКВоДи будет интегрирована с Яндекс Алисой для голосового управления. С помощью навыка “Домовенок Кузя” Алиса будет отправлять HTTP запросы на веб-сервер ESP-32 и, например, включать ночной режим или выключать лампу. Выбор Алисы обусловлен ее популярностью, поддержкой русского языка и простотой ее навыка. Так же для поддержки iOS устройств будет реализована интеграция с Apple HomeKit посредством ESP HomeKit SDK.

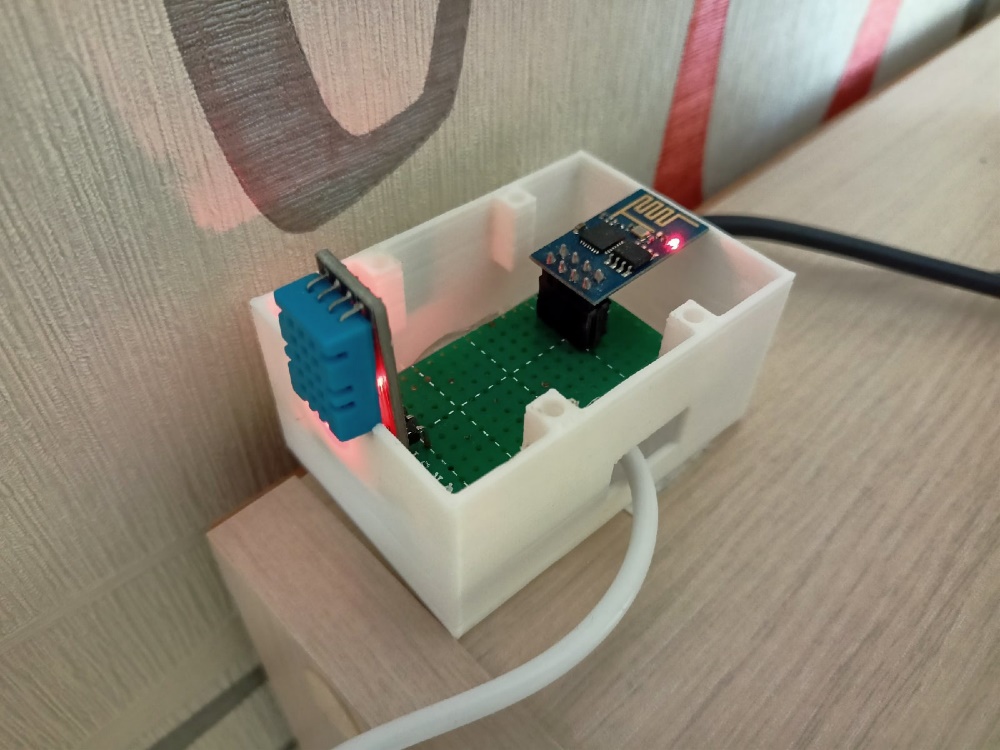
В сопряжении с другими устройствами умного дома, ОКВоДи сможет работать и как информационный модуль, и как управляющий. ОКВоДи будет получать информацию от других датчиков и так же отображать ее цветом светодиодов. Например, датчик энергопотребления будет сообщать свои данные лампе, а та в свою очередь будет отображать их, для контроля за энергопотреблением в реальном времени. Это можно будет применить и в сценариях, подобным, "Выход из дома", то есть показать, что основная часть электроприборов отключена. Другой вариант - отображать усредненные параметры качества воздуха с нескольких датчиков, расположенных в доме. В случае ухудшения качества воздуха, например увеличении концентрации CO2, ОКВоДи сможет подать команду на открытие окна или включения бризера. Общение между модулями будет реализовано с помощью Wi-Fi или ZigBee, в зависимости от внешнего устройства. Для отображения данных других датчиков необходимо будет добавить соответствующее значение атрибуту Description (0x001C) кластеров Display param 1-3.

# Прототип

Уже имеется прототип ОКВоДи – умная лампа Ambient Orb, выполненная на WiFi модуле ESP-8266 и адресных светодиодах. Она умеет отображать температуру или влажность в помещении цветом светодиодов.

Плата Ambient Orb

Однако из-за небольшого количества светодиодов, на лампе нельзя реализовать много режимов отображения. Также отображение температуры в рамках одной комнаты оказалось не столь необходимым, так как человек сразу ощущает, что в комнате некомфортная температура, но с качеством воздуха все обстоит немного иначе, комнатный воздух – тихий убийца: вы не сразу почувствуете, что он ухудшился, однако последствия этого могут быть очень неприятными, от головной боли до инсульта, сердечно-сосудистых заболеваний, и даже рака легких. Поэтому я решил доработать AmbientOrb, сделать его более функциональным, полезным и совместить с другими устройствами умного дома. Так и родилась идея ОКВоДи!

Для измерения влажности и температуры собран внешний датчик на DHT-11 и ESP-8266, который отправляет данные на Ambient Orb для их последующего отображения.

Датчик температуры и его плата

Яркость Ambient Orb может менять автоматически, в зависимости от внешнего освещения с помощью датчика света на фоторезисторе и платформе Node MCU.

Датчик света

Все эти устройства подключены к домашней сети Wi-Fi, датчики отправляют свои данные на Ambient Orb через HTTP запросы. Питаются все устройства от 5В и у всех есть для этого USB-A выходы. На Ambient Orb развернут веб-сервер, на котором можно настроить параметры лампы. Для голосового управления я подключил к Ambient Orb голосового помощника от Google через сервис IFTTT, который отправлял HTTP запросы на веб сервер. Видео демонстрацию работы Ambient Orb доступно на Яндекс Диске <https://disk.yandex.ru/i/SMD_wlGtvY4n-g>.

# Архитектура устройства

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Endpoint 1. HAQuDa-general** | | | |
| Cluster | Description | | |
| Basic cluster 0x0000 (0) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | ZCL version | 2 |
| 0x0003 (3) | HW version | 0x01 |
| 0x0004 (4) | Manufacture name | IlorDash |
| 0x0005 (5) | Model identifier | HAQuDA |
| 0x0006 (6) | Date Code | 2021.6.09 |
| 0x0007 (7) | Power source | 0x04 |
| Identify cluster 0x0003 (3) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | Identify Time | 0x0000 |
| On/Off cluster 0x0006 (6) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | OnOff | 1 |
| Mode 0xfc01 (64512) (CUSTOM) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x001C | Description | Standard (Other modes: Multi, Night, Lamp, Effects) |
|
|

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Endpoint 2. Standard-mode** | | | |
| Cluster | Description |  |  |
| Basic cluster 0x0000 (0) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | ZCL version | 2 |
| 0x0003 (3) | HW version | 0x01 |
| 0x0004 (4) | Manufacture name | IlorDash |
| 0x0005 (5) | Model identifier | HAQuDA |
| 0x0006 (6) | Date Code | 2021.6.09 |
| 0x0007 (7) | Power source | 0x04 |
| Identify cluster 0x0003 (3) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | Identify Time | 0x0000 |
| Level Control 0x0008 (8) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 | CurrentLevel | - |
| 0x0001 | RemainingTime | 0x0000 |
| 0x0010 | OnOffTransitionTime | 0x0000 |
| 0x0011 | OnLevel | 0xff |
| Display param 1 0xfc01 (64513) (CUSTOM) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x001C | Description | TotalAirQuality (Other parameters to display: TVOC, O3, Dust, CO2, Temp, Humid) |
|
|
|

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Endpoint 3. Multi-mode** | | | |
| Cluster | Description |  |  |
| Basic cluster 0x0000 (0) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | ZCL version | 2 |
| 0x0003 (3) | HW version | 0x01 |
| 0x0004 (4) | Manufacture name | IlorDash |
| 0x0005 (5) | Model identifier | HAQuDA |
| 0x0006 (6) | Date Code | 2021.6.09 |
| 0x0007 (7) | Power source | 0x04 |
| Identify cluster 0x0003 (3) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | Identify Time | 0x0000 |
| Level Control 0x0008 (8) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 | CurrentLevel | - |
| 0x0001 | RemainingTime | 0x0000 |
| 0x0010 | OnOffTransitionTime | 0x0000 |
| 0x0011 | OnLevel | 0xff |
| Display param 1 0xfc01 (64513) (CUSTOM) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x001C | Description | TotalAirQuality (Other parameters to display: TVOC, O3, Dust, CO2, Temp, Humid) |
|
|
|
| Display param 2 0xfc02 (64514) (CUSTOM) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x001C | Description | Temp (Other parameters to display: TVOC, O3, Dust, CO2, TotalAirQuality, Humid) |
|
|
|
| Display param 3 0xfc03 (64515) (CUSTOM) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x001C | Description | Humid (Other parameters to display: TVOC, O3, Dust, CO2, TotalAirQuality, Temp) |
|
|
|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Endpoint 4. Night-mode** | | | | | Cluster | Description |  |  | | Basic cluster 0x0000 (0) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** | | 0x0000 (0) | ZCL version | 2 | | 0x0003 (3) | HW version | 0x01 | | 0x0004 (4) | Manufacture name | IlorDash | | 0x0005 (5) | Model identifier | HAQuDA | | 0x0006 (6) | Date Code | 2021.6.09 | | 0x0007 (7) | Power source | 0x04 | | Identify cluster 0x0003 (3) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** | | 0x0000 (0) | Identify Time | 0x0000 | | On/Off cluster 0x0006 (6) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** | | 0x0000 (0) | OnOff | 1 | | Level Control 0x0008 (8) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** | | 0x0000 | CurrentLevel | - | | 0x0001 | RemainingTime | 0x0000 | | 0x0010 | OnOffTransitionTime | 0x0000 | | 0x0011 | OnLevel | 0xff | | Display param 1 0xfc01 (64513) (CUSTOM) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** | | 0x001C | Description | TotalAirQuality (Other parameters to display: TVOC, O3, Dust, CO2, Temp, Humid) | | | | | | Time bounds 0xfc04 (64516) (CUSTOM) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** | | 0x0000 | UpperBound (in minutes from midnight) | 0x021C (09:00 AM) | | | 0x0001 | LowerBound (in minutes from midnight) | 0x04EC (09:00 PM) | | | 0x0002 | TimeZone | 0x00000000 |   **Time bounds Attribute Set** | | | | | |  | |  |  |
| **Identifier** | **Name** | **Type** | **Range** | **Acces** | **Default** | | **M/O** |
| 0x0000 | UpperBound (in minutes from midnight) | uint16 | 0x0000 – 0x05A0 | Read Write | 0x021C (09:00 AM) | | M |
|
| 0x0001 | LowerBound (in minutes from midnight) | uint16 | 0x0000 – 0x05A0 | Read Write | 0x04EC (09:00 PM) | | M |
|
| 0x0002 | TimeZone | int32 | -86400 - +86400 | Read Write | 0x00000000 | | M |

Сервер принимает только команды на чтение/запись данных атрибутов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Endpoint 5. Lamp-mode** | | | |
| Cluster | Description |  |  |
| Basic cluster 0x0000 (0) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | ZCL version | 2 |
| 0x0003 (3) | HW version | 0x01 |
| 0x0004 (4) | Manufacture name | IlorDash |
| 0x0005 (5) | Model identifier | HAQuDA |
| 0x0006 (6) | Date Code | 2021.6.09 |
| 0x0007 (7) | Power source | 0x04 |
| Identify cluster 0x0003 (3) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | Identify Time | 0x0000 |
| Level Control 0x0008 (8) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 | CurrentLevel | - |
| 0x0001 | RemainingTime | 0x0000 |
| 0x0010 | OnOffTransitionTime | 0x0000 |
| 0x0011 | OnLevel | 0xff |
| Color Control 0x0300 (768) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 | CurrentHue | 0x00 |
| 0x0001 | CurrentSaturation | 0x00 |
| 0x0008 | ColorMode | 0x00 |
| 0x4001 | EnhancedColorMode | 0x00 |
| 0x400a | ColorCapabilities | 0x0000 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Endpoint 6. Effects-mode** | | | |
| Cluster | Description |  |  |
| Basic cluster 0x0000 (0) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | ZCL version | 2 |
| 0x0003 (3) | HW version | 0x01 |
| 0x0004 (4) | Manufacture name | IlorDash |
| 0x0005 (5) | Model identifier | HAQuDA |
| 0x0006 (6) | Date Code | 2021.6.09 |
| 0x0007 (7) | Power source | 0x04 |
| Identify cluster 0x0003 (3) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 (0) | Identify Time | 0x0000 |
| Level Control 0x0008 (8) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x0000 | CurrentLevel | - |
| 0x0001 | RemainingTime | 0x0000 |
| 0x0010 | OnOffTransitionTime | 0x0000 |
| 0x0011 | OnLevel | 0xff |
| Effect 0xfc05 (64517) (CUSTOM) | **Attributes ID** | **Name** | **Default value** |
| 0x001C | Description | Flame (Other parameters to display: Lights, Rainbow) |
|
|
|

# Технические характеристики

## Связь

* Wi-Fi (802.11): 2.4 GHz (up to 150 Mbps)
* ZigBee

## Общие характеристики

* Управление: систему Умный дом DREHOME&TV, через веб-сервер
* Тип подключения: ZigBee, Wi-Fi

## Питание

* Источник питания: блок питания в комплекте
* Параметры входа: 220V - 50Hz
* Параметры выхода: 5V - 2A

## Измерения

* Температура: 0 – 50 ℃ ±5 %
* Влажность: 20 – 90 %RH ± 2%
* Летучие органические соединения: 0 – 1187 ppb
* Количество озона: 0 – 10 ppm ±0.01ppm
* Твердые частицы PM1.0, PM2.5, PM10: 0~100μg/m3: ±15μg/m3 101~1000μg/m3: ±15%
* Углекислый газ: 400 – 8192 ppm