

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты
«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Қайрат Заманбек Қайраұлы

IoT құрылғыларын жасау үшін ESP32 микросхемасы

дипломдық жобасына

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

5B071600 - Аспап жасау мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

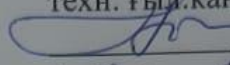
Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. кандидаты

 Қ.А. Ожикенов

« 20 » 05 2019 ж.

дипломдық жобаның

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

Тақырыбы: «IoT құрылғыларын жасау үшін ESP32 микросхемасы»

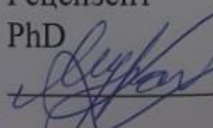
5B071600 - Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындаған

Қайрат З.Қ.

Рецензент

PhD

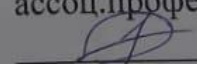
 Муратов М.М.

« 17 » 05 2019 ж.

Ғылыми жетекшісі

м.-ф.техн.ғыл. канд.,

ассоц.профессор

 Утебаев Р.М.

« 20 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев Университеті


Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау

БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылымдарының
кандидаты

 К.А. Ожикенов
« 01 » 05 2019 ж.

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Қайрат Заманбек Қайратұлы

Тақырыбы: IoT құрылғыларын жасауға арналған ESP32 микросұлбасы.

Университет Ректорының 2018 жылғы «06» қараша №1252 -б бұйырығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жылғы «__» _____

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: жобаның құрылымдық сұлбасы,
принципиалды сұлбалары құрастырылып, сипатталды.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- 1.1. Кешенді интеграциялық шешім
- 1.2. Негізгі хаттамалар
- 1.3. Bluetooth
- 1.4. MCU және кеңейтілген функциялар
- 1.5. Процессор және жады
- 1.6. Сағат және таймерлер
- 1.7. Кеңейтілген перифериялық интерфейстер
- 1.8. Сыртқы жаркыл және SRAM

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс) 14
слайд

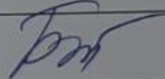
Ұсынылған негізгі әдебиеттер 25 әдебиеттер тізімі

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер қарастырылатын сұрақтардың тізімі	атауы,	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескертулер
Негізгі бөлім		05.02 – 10.03.2019 ж.	орындалған.
Құрастыру бөлімі		14.03 – 04.04.2019ж.	орындалған.
Бағдарламалау бөлімі		05.04 – 07.05.2019 ж.	орындалған.

Аяқталған дипломдық жұмыс (жобаға) және оған қатысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтанба қойылған мерзімі	Қолы
Қалып бақылаушы	Ж.С.Бигалиева, техника ғылымдары магистрі, лектор	13.05.2019ж	

Ғылыми жетекшісі



Р.М. Утебаев

(ҚОЛЫ)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



З. К. Кайрат

(ҚОЛЫ)

Күні « 21 » 05 2019 ж.

АННОТАЦИЯ

Менің осы дипломдық жұмысымда қозғаған тақырыбым: IoT құрылғыларын жасау үшін ESP32 чипі. Бұл жерде мен барынша ESP32 туралы біліп, жинаған мәліметтер туралы айтып кетем: ESP32 деген не, оның қандай түрлері бар, айырмашылықтары қандай және де т.б. Бұдан бөлек осы микроконтроллердің қазіргі заманға алып келетін пайдасы туралы да айтылып кетіледі.

Тема, затронутая в моей дипломной работе: чип ESP32 для создания устройств IoT. Здесь я узнаю о ESP32 и расскажите о собранных сведениях: что такое ESP32, какие ее виды, какие различия и т. д. б. Кроме того, речь идет о пользе этих микроконтроллеров в современном мире.

The topic covered in my thesis work: the ESP chip 32 to create IoT devices. Here I learn about ESP32 and tell you about the information collected: what is ESP32, what are its types, what are the differences, etc. b. In addition, we are talking about the benefits of these microcontrollers in the modern world.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ

Негізгі бөлім

1.1 Таңдаулы шешімдер

1.1.1 Аса аз қуатты тұтыну

1.1.2 Кешенді интеграциялық шешім

1.2 Негізгі хаттамалар

1.2.2 Bluetooth

1.3 MCU және кеңейтілген функциялар

1.3.1 Процессор және жады

1.3.2 Сағат және таймерлер

1.3.3 Кеңейтілген перифериялық интерфейстер

1.3.4 Қауіпсіздік

1.3.5 Дамуды қолдау

1.4 Қолдану

1.5 Блок-схема

1.6 Қуат схемасы

2 ФУНКЦИОНАЛДЫҚ СИПАТТАМАСЫ

2.1 ЦП және жады

2.1.1 ЦП

2.1.2 Ішкі жады

2.1.3 Сыртқы жарқыл және SRAM

2.1.4 Жад картасы

2.2 Таймерлер мен күзет таймерлері

2.2.1 64 биттік таймерлер

2.2.2 Күзет таймерлері

2.3 Жүйелік сағаттар

2.3.1 ЦП

2.3.2 RTC сағаты

2.4 Радио

2.4.1 2,4 ГГц Қабылдағыш

2.4.2 2,4 ГГц таратқыш

2.4.3 Тактілік генератор

2,5 Wi-Fi

2.5.1 Радио Wi-Fi және негізгі жолақ

2.5.2 Wi-Fi MAC

2.5.3 Wi-Fi микробағдарламасы

2.5.4 Пакеттік трафик Арбитраж (РТА)

2.6 Bluetooth

2.6.1 Bluetooth радиосы және негізгі жолақ

2.6.2 Bluetooth интерфейсі

2.6.3 Bluetooth стегі

2.6.4 Bluetooth Байланыс Контроллері

2.7 РТК және басқару қуаты аз

3 Lora

3.1 LoRa Бағдарламалары

3.2 LoRaWAN

3.3 Қалай LoRa үйде автоматтандыру жобалары пайдалы болуы

мүмкін

ҚОРЫТЫНДЫ

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

ГЛОССАРИЙ

КІРІСПЕ

2018 жылдың қаңтар айында Espressif Systems (Шанхай, Қытай) компаниясы – жоғары өнімді аз қуатты Wi-Fi және Wi-Fi / Bluetooth шешімдерін әзірлеу және өндіру саласындағы әлемдік көшбасшы. Компанияның чипирленген және модульдік шешімдері ірі өнеркәсіптік форумдар мен тұтыну қауымдастықтарының көптеген наградаларымен атап өтілді.

2014 жылы ESP8266 чипі SoC (System-on-a-Chip) IoT әлемдік нарығы үшін бұрылыс сәті болып танылды. ESP8266 әсері ағымдағы флагмандық SoC-Чип ESS 32 2016 жылы іске қосылды.

Бүгінгі күні Espressif шешімдері көптеген танымал жоғары технологиялық өнімдерде, планшеттерден, теледидар құрылғыларынан, басқарушы құрылғылардан бастап интеллектуалды жарықтандыру құралдарына және HVAC климат-бақылауына дейін қолданылады. Espressif чиптері-бақылау камералары, кіруді бақылау тетіктері, телеметриялық жүйелер, сенсорлық желілер мен роботтар сияқты жоғары қорғалған кәсіби шешімдердің негізі.

Espressif өз кодтарына ашық қол жеткізу арқылы It-те төңкеріс жасады. Бұл тәсілдің жалғасы болып оның ортасында көптеген клиенттік жобалар мен платформалар құруға мүмкіндік беретін IoT – ESP-IDF бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу платформасы және әртүрлі дауыстық қосымшаларды (дауыстық басқару жүйесін қоса алғанда) жасауға мүмкіндік беретін Espressif ESP-ADF (Audio Development Framework) әзірлеу ортасы болды).

Негізгі бөлім

ESP 32 – арзан микроконтроллерлер сериясы төмен энергия тұтынады. Бұл жүйе интеграцияланған Wi-Fi және Bluetooth контроллерлері мен антенналары бар кристалдағы жүйе болып табылады. ESP 32 сериясында екі және бір ядросы бар нұсқаларда tensilica Xtensa LX6 микроконтроллерлік ядросы қолданылады. Жүйеге радиожилікті тракт: балун (симметриялы трансформатор), кіріктірілген антенналық коммутаторлар, радиожилікті компоненттер, аз шуды күшейткіш, қуатты күшейткіш, қоректендіруді басқару сүзгілері мен модульдері біріктірілген. ESP 32 Шанхайда орналасқан Қытай компаниясы Espressia Systems компаниясымен құрылды және әзірленді, ал ТЕХПРОЦЕССИ 40 нм бойынша TSMC компаниясымен өндіріледі. Серия ESP8266 микроконтроллерлерінің мұрагері болып табылады.

ESP 32 сипаттамалары

ESP32 бұл функцияны SPI / SDIO немесе I²C / UART интерфейстері арқылы қамтамасыз ететін Wi-Fi 802.11n және BT4.2 протоколдарының бүкіл жинағын қолдайды.

Espressia ESP 32 ТЖ орталық процессор (Open CPU қолдауы) және микроконтроллермен басқарылатын бағынышты құрылғы (slave device) ретінде жұмыс істей алады.

Ерекшеліктері:

CPU: Xtensa Dual-Core 32-bit LX6, 160 MHz или 240 MHz (до 600 DMIPS)

Memory: 520 KByte SRAM, 448 KByte ROM

Модульдегі Flash: 1, 2, 4... 64 Мб

Wireless:

- Wi-Fi: 802.11b/g/n/e/i, до 150 Mbps с HT40
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR и BLE

Peripheral interfaces:

- 12-биттік SAR АСТ 18 арнаға дейін
- 2 × 8-bit DAC
- 10 × touch сенсоры
- Температура сенсоры
- 4 × SPI
- 2 × I²S
- 2 × I²C
- 3 × UART

- 1 host (SD/eMMC/SDIO)
 - 1 slave (SDIO/SPI)
 - DMA және IEEE 1588 қолдайтын Ethernet MACCAN 2.0
 - IR (TX/RX)
 - Motor PWM
 - LED PWM до 16 каналов
 - Хол сенсоры
 - Аналогты алдын ала жоғары қуатты күшейткіш
-

Security:

- IEEE 802.11 безопасность WPA, WPA/WPA2 и WAPI
 - Secure boot
 - Flash encryption
 - 1024-bit OTP, включая до 768-bit под задачу
 - Криптографиялық қозғалтқыш: AES, SHA-2, RSA, ECC, RNG
-

1.1 Таңдаулы шешімдер

1.1.1 Аса аз қуатты тұтыну

ESP 32 ұялы құрылғыларға, алып жүретін электроникаға және интернет заттарға арналған (IoT). Қуатты төмен заманауи микросхемалар көптеген ерекшеліктері бар, рұқсат ету қабілеті және динамикалық қуаты масштабтау.

Мысалы, ESP 32 төмен энергия тұтынуы бар IoT концентраторының сценарийінде мезгіл-мезгіл іске қосылады және тек белгілі бір шарт анықталған кезде ғана; төмен толтыру коэффициенті микросхеманың шығындалатын энергия мөлшерін азайту үшін қолданылады.

Қуат күшейткішінің шығыс қуаты коммуникациялардың арасындағы оңтайлы келісімге қол жеткізу үшін реттеледі.

1.1.2 Кешенді интеграциялық шешім

ESP 32-кемінде 10 сыртқы компоненттері бар саладағы Wi-Fi + Bluetooth қолданбаларына арналған ең интеграцияланған шешім. ESP 32 антенна қосқышын, радиожилік шарикті, Қуат күшейткішін, аз шулы күшейткішті, сүзгілерді, және қуат басқару модульдерін қамтиды. Осылайша, барлық шешім ең аз баспа ақысын алады (PCB) аймақ.

ESP32 бір кристалды, толық интеграцияланған Радиобайланыс және негізгі жиілік жолақтары үшін CMOS қолданады, сондай-ақ сыртқы схеманың

кемшіліктерін жою немесе сыртқы шарттардың өзгерістерін теңшеу үшін динамикалық теңшеуге мүмкіндік беретін кеңейтілген схема калибрлеуін біріктіреді.

Осылайша, ESP 32 шешімдерін жаппай өндіру үшін қымбат және мамандандырылған Wi-Fi тест жабдығы қажет емес.

1.2 Негізгі хаттамалар

- Фрагментация және дефрагментация
- Маяқтың Автоматты мониторингі / сканерлеу
- 802.11 қауіпсіздік функциялары: алдын ала аутентификация және TSN.
- Wi-Fi қорғалған қол жеткізу (WPA) / WPA2 / WPA2-Enterprise / қорғалған Wi-Fi теңшеу (WPS)
- Инфрақұрылым режимі BASS Station / softap режимі
- Wi-Fi Direct (P2P), P2P Discovery, P2P тобының иесі режимі және P2P қуат көзін басқару
- VGA-үйлесімді және сертифицирталған
- Антенналардың алуан түрлілігі және таңдау

1.2.2 Bluetooth

- Bluetooth v4 2 BR / EDR және BLE ерекшелігіне сәйкес келеді
- сыртқы қуат күшейткішсіз 1-класты, 2-класты және 3-класты таратқыш
- Қуатты жақсартылған бақылау
- +10 дБм берілетін қуат
- Сезімталдығы бар NZIF қабылдағышы -98 дБ
- Бейімделу секіру тәрізді жиіліктің өзгеруі (AFH)
- SDIO / SPI / UART негізінде стандартты HCI
- UART HCI жоғары жылдамдығы, 4 Мбит / с дейін
- BT 4.2 контроллері және хост-стек
- Қызметтерді анықтау ХАТТАМАСЫ (SDP)
- Жалпы кіру профилі (GAP)
- Қауіпсіздікті басқару хаттамасы (SMP)
- Bluetooth Төмен Энергия (BLE)
- ATT / GATT
- GATT негізінде барлық профильдер қолдау
- GATT негізіндегі SPP-профилі
- BLE Beacon
- A2DP / AVRCP / SPP, HSP / HFP, RFCOMM

- Аудио кодек үшін CVSD және SBC
- Bluetooth Piconet және Scatternet
- Экспрессивті Жүйелер

1.3 MCU және кеңейтілген функциялар

1.3.1 Процессор және жады

- Xtensa ® Dual-Core 32 биттік микропроцессорлар, LX6 до 600 DMIPS
- 448 КБ ROM
- 520 Кбайт SRAM
- 16 Кбайт SRAM в RTC
- QSPI Flash / SRAM, до 4 x 16 МБ
- Қорек көзі: 2,2 В-тен 3,6 В дейін

1.3.2 Сағат және таймерлер

- Калибрлі 8 МГц ішкі генераторы
- Калибрлеу ішкі RC генераторы
- 2 МГц-дан 40 МГц-қа дейінгі сыртқы кварц генераторы
- Сыртқы кварц генераторы 32 кГц RTC үшін калибрлеу
- Әрбір топта 2 x64-биттік таймерді және 1 x негізгі күзет таймерін қоса алғанда, таймерлердің екі тобы
- RTC таймері секундқа дейінгі дәлдікпен
- RTC күзетші

1.3.3 Кеңейтілген перифериялық интерфейстер

- 12 биттік SAR ADC дейін 18 Арна
- 2 × 8-биттік ЦАП САТ
- 10 × сенсорлы датчиктері
- температура датчигі
- 4 × SPI
- 2 × I2S
- 2 × I2C
- 3 × UART
- 1 хост (SD / eMMC / SDIO)
- 1 бағынышты (SDIO / SPI)
- DMA және IEEE 1588 қолдайтын Ethernet MAC интерфейсі

- CAN 2.0
- ИК (TX / RX)
- Қозғалтқыш ШИМі
- 16 арнаға дейінгі LED ШИМі
- Холл датчигі
- Өте аз Аналогты алдын ала күшейткіш

1.3.4 Қауіпсіздік

- WPA, WPA / WPA2 және WAPI қоса, IEEE 802.11 стандартының барлық қауіпсіздік мүмкіндіктеріне қолдау көрсетіледі.
- Қауіпсіз жүктеу
- Флэш-шифрлау
- 1024-биттік OTP, клиенттер үшін 768-биттік
- Криптографиялық аппараттық жеделдету:
 - AES
 - HASH кітапханасы (SHA-2)
 - RSA
 - ECC
 - Кездейсоқ сандар генераторы (ГСЧ)

1.3.5 Дамуды қолдау

- Жылдам онлайн бағдарламалау үшін SDK
- GCC негізіндегі ашық бастапқы коды бар құралдар жиынтығы

1.4 Қолдану

- IoT жалпы төмен энергетикалық сенсоры
- Төмен энергия тұтынатын типтік IoT-логгерлер
- Камерадан ағын бейне
- Over The Top (OTT) устройства
- музыкалық плеерлер
- Интернет-плеерлер
- Аудио ағындық құрылғылар
- Ойыншық қолдайтын Wi-Fi
- тіркеушілер
- жақындауды анықтауға арналған ойыншықтар

- Wi-Fi қолдайтын сөйлеуді тану құрылғылары
- Аудиогарнитуралар
- Ақылды шанышқы
- Үй автоматтандыру
- Тор желісі

1.5 Блок-схема

- Өнеркәсіптік сымсыз басқару
- радионяни
- Алып жүретін электроника
- Орналасқан жерді анықтау мүмкіндігі бар Wi-Fi құрылғылары
- Қауіпсіздік id тегтері
- денсаулық сақтау
- жақындау мен қозғалысты бақылаудың триггер құрылғылары
- Температура тіркеушілері

1.6 Қуат схемасы

ESP32 сандық қорытындылары үш түрлі қуат саласына бөлінген:

- VDD3P3_RTC
- VDD3P3_CPU
- VDD_SDIO

VDD3P3_RTC RTC және CPU үшін кіріс қуат көзі болып табылады. VDD3P3_CPU-ақ CPU үшін қуат көзі.

VDD_SDIO ішкі LDO шығысына қосылады, оның кірісі – VDD3P3_RTC. VDD_SDIO VDD3P3_RTC бірге сол баспа желісіне қосылған кезде; ішкі LDO автоматты түрде өшіріледі.

Ішкі LDO 1,8 В немесе vdd3p3_rtc сияқты кернеуге теңшелуі мүмкін. Терең ұйқы режимінде ағымдағы Flash / SRAM азайту үшін бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы өшірілуі мүмкін.

Ескертпе:

VDD3P3_RTC қуат көзі, VDD3P3_CPU және аналогтың CHIP_PU контактісіне дейін жоғары деңгейде тұрақты болуы қажет.

2 ФУНКЦИОНАЛДЫҚ СИПАТТАМАСЫ

Бұл тарауда ESP32 жүзеге асырылған функциялар сипатталады.

2.1 ЦП және жады

2.1.1 ЦП

ESP 32 төмен энергия тұтынумен және келесі функциялармен екі 32 биттік LX6 Xtensa ® микропроцессорын қамтиды.

- 240 МГц дейінгі тактілік жиілікті қолдауға арналған 7-сатылы конвейер
- 16/24-биттік Нұсқаулық жинағы кодтың жоғары тығыздығын қамтамасыз етеді
- Қалқымалы үтірлі блокты қолдау
- 32 биттік көбейткіш, 32 биттік бөлгіш және 40 биттік MAC сияқты DSP командаларын қолдау
- Шамамен 70 ұзу көздерінен 32 ұзу векторларын қолдау.

Екі процессор осы параметрлер арқылы байланысады:

- Xtensa RAM / ROM Нұсқаулық және деректер интерфейсі
- Перифериялық құрылғыларға жылдам қатынауға арналған Extensa жергілікті жады интерфейсі
- Сыртқы және ішкі көздерден үзу
- Jtag жөндеу интерфейсі

2.1.2 Ішкі жады

ESP 32 ішкі жады қамтиды:

- Жүктеу және негізгі функциялар үшін 448 КБ ROM
- Деректер мен нұсқаулар үшін 520 Кбайт SRAM орнатылған жады
- 8 RTC SLOW Memory деп аталатын және терең ұйқы режимінде сопроцессорға кіру үшін пайдаланылуы мүмкін RTC SRAM 8 Кбайт SRAM
- RTC FAST Memory деп аталатын және терең ұйқы режимінен RTC жүктеу кезінде деректерді және негізгі процессорды сақтау үшін пайдаланылуы мүмкін
- 1 кбит EFUSE, оның ішінде 256 бит жүйе үшін (MAC-мекен-жайы және микросхеманың конфигурациясы) пайдаланылады және қалған 768 бит Flash-Encryption және Chip-ID қоса, пайдаланушылық қосымшалар үшін сақталған

2.1.3 Сыртқы жарқыл және SRAM

ESP 32 бағдарлама мен әзірлеушінің деректерін қорғау үшін AES негізіндегі аппараттық шифрлау SPI және SRAM 4 x 16 МБ Сыртқы флэш жадын қолдайды.

ESP 32 жоғары жылдамдықты кәштермен сыртқы SPI Flash және SRAM қол жеткізеді:

- 16 МБ дейін сыртқы флэш-жады 8 биттік, 16 биттік және 32 биттік қолжетімділікті сақтай отырып, ОК кодының кеңістігінде бейнеленеді. Кодты орындау қолдау.
- 8 МБ дейін сыртқы флэш-жады / SRAM БҚ кеңістігіндегі деректер жадында көрсетіледі, 8 биттік 16 биттік және 32 биттік қолжетімділікті қолдайды. Деректерді оқу Flash және SRAM қолдайды. SRAM деректер жазбасына қолдау көрсетіледі.

2.1.4 Жад картасы

Адресстерді салыстыру құрылымы 2-суретте көрсетілген, ESP32 жадының және перифериялық құрылғылардың көрінісі кестеде көрсетілген,

1-кесте: Жад және перифериялық бейнелеу

Категория	Мақсаты	Бастапқы мекен-жайы	Соңғы мекен-жайы	Мөлшері
Кірістірілген жады	Ішкі ROM 0	0x4000_0000	0x4005_FFFF	384 KB
	Ішкі ROM 1	0x3FF9_0000	0x3FF9_FFFF	64 KB
	Ішкі SRAM 0	0x4007_0000	0x4009_FFFF	192 KB
		0x3FFE_0000	0x3FFF_FFFF	128 KB
	Ішкі SRAM 1	0x400A_0000	0x400B_FFFF	
		0x3FFA_E000	0x3FFD_FFFF	200 KB
	RTC жылдам жады	0x3FF8_0000	0x3FF8_1FFF	8 KB
Баяу жады РТК	0x400C_0000	0x400C_1FFF		
Шеткі жады	Сыртқы Flash	0x5000_0000	0x5000_1FFF	8 KB
		0x3F40_0000	0x3F7F_FFFF	4 MB
		0x400C_2000	0x40BF_FFFF	11 MB 248 KB
	Сыртқы SRAM	0x3F80_0000	0x3FBF_FFFF	4 MB
	Dport Регистрі	0x3FF0_0000	0x3FF0_0FFF	4 KB
	AES Жеделдеткіш	0x3FF0_1000	0x3FF0_1FFF	4 KB
	RSA Жеделдеткіш	0x3FF0_2000	0x3FF0_2FFF	4 KB

SHA Жеделдеткіш	0x3FF0_3000	0x3FF0_3FFF	4 KB
Қауіпсіз Жүктеу	0x3FF0_4000	0x3FF0_4FFF	4 KB
Cache MMU Table	0x3FF1_0000	0x3FF1_3FFF	16 KB
АИТ-реттеуші	0x3FF1_F000	0x3FF1_FFFF	4 KB
UART0	0x3FF4_0000	0x3FF4_0FFF	4 KB
SPI1	0x3FF4_2000	0x3FF4_2FFF	4 KB
SPI0	0x3FF4_3000	0x3FF4_3FFF	4 KB
GPIO	0x3FF4_4000	0x3FF4_4FFF	4 KB
RTC	0x3FF4_8000	0x3FF4_8FFF	4 KB
IO MUX	0x3FF4_9000	0x3FF4_9FFF	4 KB
SDIO Slave	0x3FF4_B000	0x3FF4_BFFF	4 KB
UDMA1	0x3FF4_C000	0x3FF4_CFFF	4 KB
I2S0	0x3FF4_F000	0x3FF4_FFFF	4 KB
UART1	0x3FF5_0000	0x3FF5_0FFF	4 KB
I2C0	0x3FF5_3000	0x3FF5_3FFF	4 KB
UDMA0	0x3FF5_4000	0x3FF5_4FFF	4 KB
SDIO Slave	0x3FF5_5000	0x3FF5_5FFF	4 KB
RMT	0x3FF5_6000	0x3FF5_6FFF	4 KB
PCNT	0x3FF5_7000	0x3FF5_7FFF	4 KB
SDIO жұм	0x3FF5_8000	0x3FF5_8FFF	4 KB
LED PWM	0x3FF5_9000	0x3FF5_9FFF	4 KB
Efuse Контроллері	0x3FF5_A000	0x3FF5_AFFF	4 KB
Flash Encryption	0x3FF5_B000	0x3FF5_BFFF	4 KB
PWM0	0x3FF5_E000	0x3FF5_EFFF	4 KB
TIMG0	0x3FF5_F000	0x3FF5_FFFF	4 KB
TIMG1	0x3FF6_0000	0x3FF6_0FFF	4 KB
SPI2	0x3FF6_4000	0x3FF6_4FFF	4 KB
SPI3	0x3FF6_5000	0x3FF6_5FFF	4 KB
SYSCON	0x3FF6_6000	0x3FF6_6FFF	4 KB
I2C1	0x3FF6_7000	0x3FF6_7FFF	4 KB
SDMMC	0x3FF6_8000	0x3FF6_8FFF	4 KB
EMAC	0x3FF6_9000	0x3FF6_AFFF	8 KB
PWM1	0x3FF6_C000	0x3FF6_CFFF	4 KB
I2S1	0x3FF6_D000	0x3FF6_DFFF	4 KB
UART2	0x3FF6_E000	0x3FF6_EFFF	4 KB
PWM2	0x3FF6_F000	0x3FF6_FFFF	4 KB
PWM3	0x3FF7_0000	0x3FF7_0FFF	4 KB
RNG	0x3FF7_5000	0x3FF7_5FFF	4 KB

2.2 Таймерлер мен күзет таймерлері

2.2.1 64 биттік таймерлер

ESP32-де жалпы тағайындалған төрт таймер бар. Олардың барлығы 64-биттік жалпы таймерлер, олар 16-биттік prescaler және 64-биттік Автоматты қайта жүктеуге негізделген.

Таймерлер функциясы:

- 16 биттік сағат прескалері, 2-ден 65536-ға дейін
- 64 биттік уақыт есептегіші
- Теңшелетін жоғары / төмен уақыт есептегіші: ұлғайту немесе азайту
- Уақыт санауышын тоқтату және жаңарту
- Дабыл кезінде автоматты қайта жүктеу
- Бағдарламалық-басқарылатын жедел қайта жүктеу
- Деңгей мен фронттың үзілуі

2.2.2 Күзет таймерлері

ESP 32 үш таймерді сторожевого пса: бір әрбір екі модульдер таймер (деп аталатын негізгі таймером сторожевого пса немесе MWDT) және бір модульде RTC (деп аталатын таймером сторожевого пса RTC немесе RWDT). Бұл watchdog таймерлері күтпеген қатеден кейін қалпына келтіруге арналған, соның нәтижесінде қолданбалы бағдарлама өзінің әдеттегі жүйелерінен бас тартады. Күзет таймерінің 4 сатысы бар. Әрбір кезең осы кезең үшін бағдарламаланған уақыт кезеңі аяқталғаннан кейін, егер күзетші иті азықтырылмаса немесе өшірілмесе, үш немесе төрт әрекеттің бірін қабылдауы мүмкін. Әрекет: үзу, процессорды қалпына келтіру, ядроны қалпына келтіру және жүйені қалпына келтіру. Тек RWD жүйені қалпына келтіру мүмкін және барлық чип, соның ішінде RTC. Тайм-ауттың мәні әрбір кезең үшін жеке белгіленуі мүмкін. Flash RED жүктеу кезінде және бірінші MWDT мәселені жүктегеннен кейін анықтау және қалпына келтіру үшін автоматты түрде іске қосылады.

ESP32 күзет таймерлері келесі мүмкіндіктерге ие:

- Әрқайсысы жеке теңшелетін немесе ажыратылатын 4 кезең
 - Әрбір кезең үшін бағдарламаланатын уақыт кезеңі
 - Әрбір кезең аяқталғаннан кейін бір немесе 3 ықтимал әрекеттер (процессорды үзу, тастау, жүйені тастау және жүйені тастау)
 - 32 биттік аяқталу есептегіші
 - RW DT және MWDT теңшелімін әдейі өзгертуді болдырмау үшін жазбадан қорғау.
 - SPI Flash жүктеу кезінде қорғау
- SPI Flash-пен жүктеу процесі берілген уақыт кезеңінде аяқталмаса, күзет таймері барлық жүйені қайта жүктейді.

2.3 Жүйелік сағаттар

2.3.1 ЦП

Процессордың тактілік жиілігі ретінде тасталғаннан кейін әдепкі бойынша тактілік импульстердің сыртқы кварц көзі (2 МГц ~ 60 МГц) таңдалған. Кристалдық сағат сыртқы көзі (сондай-ақ 160 МГц ретінде белгілі). Бұдан басқа, ESP 32-де 8 МГц ішкі осцилляторы бар, оның дәлдігі дизайнмен кепілденеді және температурадан тұрақты (1% дәлдікпен). Демек, қолданба кварц сағаттарының сыртқы көзінен, PLL сағаттарын немесе 8 МГц ішкі генераторын таңдай алады. Таңдалған сағат көзі бағдарламаға байланысты тікелей немесе бөлінгеннен кейін процессор сағаттарын басқарады.

2.3.2 RTC сағаты

RTC сағат бес мүмкін көздері бар:

- * сыртқы төмен жылдамдықты (32 кГц) кристалды сағаттар
- * 4 бөлінген сыртқы кристалды сағаттар
- * RC ішкі генераторы (әдетте 150 кГц және реттелетін)
- * 8 МГц ішкі генераторы
- * ішкі сағат 31.25 kHz (8 MHz бөлінген ішкі генераторынан шығарылған 256)

Чип қоректендірудің қалыпты режимінде болғанда және процессорға жылдам қол жеткізуді қажет еткенде, бағдарлама 4 немесе 8 МГц ішкі генераторына бөлінген сыртқы жоғары жылдамдықты кристалды сағаттарды таңдай алады. Сынықтар төмен қуат режимінде жұмыс істегенде, қолдану сыртқы төмен жылдамдықты (32 кГц) кристалды сағаттарды, ҚР Ішкі сағаттарын немесе ішкі сағаттарды таңдайды 31.25 кГц

2.4 Радио

ESP32 радиостанциясы келесі негізгі блоктардан тұрады:

- 2, 4 ГГц қабылдағыш
- 2,4 ГГц таратқыш
- еңіс және реттеуіштер (алдын-алу және түзету) ((уклон и регуляторы))
- әуе шары және қабылдағыш таратқыш
- тактілік генератор

2.4.1 2,4 ГГц Қабылдағыш

2,4 ГГц қабылдағышы жиілік төмендеуімен 2,4 ГГц радиожілік сигналын негізгі жиілік жолағының квадраттық сигналдарына түрлендіреді және оларды жоғары рұқсат етілген 2 жоғары жылдамдықты АСТ сандық сигналына түрлендіреді. Сигнал арнасының өзгермелі шарттарына бейімделу үшін, РЧ сүзгілері, күшейтуді автоматты реттеу (AGC), тұрақты токтың жылжуын өтеу схемасы және негізгі жолақтың сүзгілері ESP32 біріктірілген.

2.4.2 2,4 ГГц таратқыш

2,4 ГГц таратқышы жиіліктердің негізгі жолағының квадраттық сигналдарын 2,4 ГГц радиожілік сигналына түрлендіреді және металл оксиді (CMOS) негізінде қуатты қосымша қуат күшейткіші бар антеннаны басқарады. Пайдалану сандық калибрлеу қуат күшейткішінің ұзындығын одан әрі арттырады, заманауи өнімділікті қамтамасыз етеді +20,5 дБм 802.11 b және +17 дБм 802.11 n беру үшін қамтамасыз етеді.

Қосымша калибрлеу радио кемшіліктерін болдырмау үшін міндетті емес:

- Тасушының ағуы
- I / Q фазалық келісу
- Негізгі жолақтың сызықсыз
- РЧ сызықсыз
- антеннаны келісу

Бұл кірістірілген калибрлеу процедуралары өнімді тестілеу үшін қажетті уақытты қысқартады және сынақ жабдығын қажетсіз етеді.

2.4.3 Тактілік генератор

Тактілік генератор қабылдағыш және таратқыш үшін 2,4 ГГц квадраттық тактілік сигналын генерациялайды. Тактілік генератордың барлық компоненттері барлық индукторларды, варакторларды, сүзгілерді, реттегіштерді және бөлгіштерді қоса алғанда, чипте біріктірілген.

Тактілік генераторға калибрлеу және өзін-өзі тексеру схемалары енгізілген. Квадраттық сағат фазалары мен фазалық Шу кристалда патенттелген калибрлеу алгоритмдерін оңтайландыру, ең жақсы қабылдағыш өнімділігін қамтамасыз ету және транс Mitter.

2,5 Wi-Fi

ESP 32 TCP / IP, 802.11 b / g / n / e / i WLAN MAC толық протоколын және Wi-Fi Direct спецификациясын іске асырады. Қолдайды:

1. Үлестірілген басқару функциялары (DCF) және P2P тобындағы STA және SoftAP базалық сервистік жиынтығының (BSS) операциялары
2. Жұмыс жаңа Wi-Fi P2P хаттамасымен үйлесімді.
3. Пассивті немесе белсенді сканерлеу, сондай-ақ P2P анықтау рәсімі тиісті командалар бойынша іске қосылғанда дербес орындалады. Қоректендіруді басқару Белсенді міндеттің минимумы кезең.

2.5.1 Радио Wi-Fi және негізгі жолақ

ESP 32 Wi-Fi Radio және Baseband келесі функцияларды қолдайды:

- деректерді беру жылдамдығы 802.11 b және 802.11 g
- 802.11 n MCS0-7 20 МГц және 40 МГц жиілік жолақтарында
- 802.11n MCS32
- 0,4 я S интервал 802.11 n күзет
- Деректерді беру жылдамдығы 150 Мбит / с дейін
- STBC 2x1 алу
- Беру қуаты 21 дБм дейін
- Реттелетін қуат беру
- Антенналардың алуан түрлілігі және таңдау (аппараттық-басқарылатын жабдық)

2.5.2 Wi-Fi MAC

ESP 32 Wi-Fi MAC төменгі деңгейдегі хаттама функцияларын автоматты түрде қолданады:

- Жіберу сұранысы (RTS), жіберу үшін тазалау (CTS) және растау (ACK / BASKETTEAM)
- Фрагментация және дефрагментация
- A MPDU және A MSDU агрегациясы
- WMM, U-APSD
- 802.11 e: сымсыз мультимедиялық технология үшін QoS
- CMP (CBC-MAC, есептеуіш режимі), TKIP (MIC, RC4), WAP (SMS 4), WEP (RC4) және CRC
- Кадрлар инкапсуляциясы (802.11 h / RFC 1042)
- Маяқтың Автоматты мониторингі / сканерлеу

2.5.3 Wi-Fi микробағдарламасы

ESP32 Wi-Fi тігісі келесі функцияларды қамтамасыз етеді:

- Инфрақұрылым режимі BASS Station / P2P / softap режимін қолдау
- P2P анықтау, P2P тобының иесі, P2P тобының клиенті және P2P қоректендіруді басқару
- WPA / WPA2 - Enterprise және WPS драйвері
- Қосымша қауіпсіздік функциялары 802.11 i, мысалы, алдын ала аутентификация және TSN
- TLS, PEAP, EAP, SIM, АКА немесе клиент үшін ерекше EAP деңгейлері үшін ашық интерфейс
- 802.11 стандартына сәйкес келетін қоректендіруді басқарумен бірге сағат / қоректендіруді синхрондау ағымдағы қосылу шартына динамикалық бейімделеді
- Жылдамдықты төмендетудің адаптивті алгоритмі нақты сигнал негізінде берудің оңтайлы жылдамдығы мен беру қуатын белгілейді.
- Шу коэффициенті (SNR) және пакеттердің жоғалуы туралы ақпарат
- Автоматты қайта жіберу және MAC жауап

2.5.4 Пакеттік трафик Арбитраж (РТА)

ESP 32 икемді және дәл Bluetooth синхрондауды қамтамасыз ететін теңшелетін пакеттік трафик (РТА) бар. Бұл жиілік бөлу (FDM) және уақыт бөлу (TDM) мультиплексирлеу комбинациясы және хаттамалар стектерін үйлестіреді.

- Wi-Fi BT кедергілерді азайту үшін 20 МГц Өткізу жолағы режимінде жұмыс істеген дұрыс.
- BT Wi-Fi өткізу жолағында арналарды пайдалануды болдырмау үшін AFH (Adaptive Frequency Hopping) қолданады.
- Wi-Fi MAC Wi-Fi пакеттерінің уақытын шектейді және ұзын Wi-Fi пакеттерін төмен жылдамдықпен жібермейді.
- Әдетте BT пакеттері әдеттегі Wi-Fi пакеттеріне қарағанда жоғары.
- Маяк беру мен қабылдауды, АСК / ВА беруді және алуды қоса алғанда, күрделі Wi-Fi пакеттерін қорғау.
- BT ең жоғары пакеттерін қорғау, соның ішінде анықтау жауап, жауап беттер, МП бойынша деректер және жауап, маяктар паркі, соңғы сауалнама кезеңі, SCO / eSCO слоттары және ble оқиғаларының тізбегі.
- Wi-Fi MAC BT беру уақытының ұзақтығын қорғау үшін CTS-To-self пакетін қолданады
- Wi-Fi MAC P2P (GO) тобының иесі режимінде BT үшін уақытты сақтау үшін Wi-Fi байланысын өшіру үшін жоқ (NoA) хабарлама пакетін қолданады
- SATA режиміне сымсыз Mac Интернетке кіру билігі бар нөлдік пакеттер қолданылады-сымсыз беруді өшіру үшін битті сақтау үшін BT үшін уақытты сақтау

2.6 Bluetooth

Негізгі жолақтар протоколдарын және басқа да төмен деңгейлі байланыс кіші бағдарламаларын алып тастайтын Bluetooth және baseband Bluetooth байланыс реттегішін интеграциялайды, модуляция/демодуляция, пакеттер өңдеу, бит ағыны өңдеу, жиіліктің секіру тәрізді өзгеруі, және т. б.

2.6.1 Bluetooth радиосы және негізгі жолақ

ESP32 Bluetooth радиосы және негізгі жолақ келесі мүмкіндіктерді қолдайды:

- * 1-Класс, 2-класс және 3-класс дБ 30 динамикалық реттеу қатарының үстінен шығу күшін береді
- * 4 DQPSK және 8 DPSK модуляциясы
- "НЗИФ" жоғары өнімділігі 98 дБ астам қабылдағыштың сезімталдығы динамикалық диапазоны
- * Сыртқы ПА-сыз 1-сынып қызметі
- * Ішкі срам толық жылдамдық, аралас дауысқа және деректерге және пиконеттің толық қызметіне деректерді беруге мүмкіндік береді
- Қателерді тікелей түзету логикасы, тақырып басқару қате, корреляция код қатынау, CRC, онда демодуляция, ұрпақ ағынын биттік шифрлау, ағарту және импульсті қалыптастыру
- * ACL, SCO, eSCO және AFH
- * A-law, μ -law және PCM интерфейсіндегі CVSD сандық аудио кодек
- * SBC Аудио кодек
- * Төмен қуатты қолдану үшін күш басқару
- * 128 биттік AES бар SMP

2.6.2 Bluetooth интерфейсi

- * UART HCI интерфейсін қамтамасыз етеді, 4 Mbps дейін
- * SDIO / SPI HCI интерфейсін қамтамасыз етеді
- * Конфигурацияны жасау үшін хост үшін I2C интерфейсін қамтамасыз етеді
- * PCM / I2S тоналды дыбыс интерфейсін қамтамасыз етеді

2.6.3 Bluetooth стегі

СтBluetooth ESP 32 Bluetooth v4 үйлесімді.2 BR / EDR және BLU ерекшелігі.

2.6.4 Bluetooth Байланыс Контроллері

Контроллер link жұмыс істейді үш негізгі жағдайлар: standby, connection және sniff. Бұл сұрау, бет және қауіпсіз қарапайым жұптастыру сияқты бірнеше қосылыстар мен басқа да операцияларды мүмкіндік береді, сондықтан Piconet және Scatternet қамтиды. Астында ерекшеліктері:

** Классикалық Bluetooth*

- Құрылғыны анықтау (сұрау және сканерлеу сұрау)
- Байланыс орнату (бет және бетті сканерлеу)
- Мультисоединения
- Деректерді асинхронды қабылдау және беру
- Синхронды байланыстар (SCO / eSCO)
- Master / Slave Қосқышы
- Жиілікті бейімдеу қайта құру және арнаны бағалау
- Кең таратылатын шифрлау
- Аутентификация және шифрлау
- Қауіпсіз Қарапайым Жұптастыру
- Көп нүкте және scatternet басқару
- Нюхат режимі
- Хабар таратудың қосылыстары (таратқыш және қабылдағыш)
- Ұлғайтылған қуат реттегіші
- Ысқырық

** Төмен Қуат Bluetooth*

- Жарнама
- Сканерлеу
- Бірнеше қосылыстар
- Деректерді асинхронды қабылдау және беру
- Жиілікті бейімдеу қайта құру және арнаны бағалау
- Қосылым параметрлерін жаңарту
- Деректер Ұзындығын Кеңейту
- Байланыс Деңгейін Шифрлау
- Лепинг

2.7 РТК және басқару қуаты аз

ЕСО 32 алдыңғы қатарлы қоректену технологиясы арқылы әртүрлі қоректену режимдері арасында ауыса алады (3,7-кестені қараңыз).

Тамақтану режимі

- Белсенді режим: сынық радиосы ары қарай іске қосылады. Чип қабылдауға, беруге немесе тыңдауға болады.
- Модем-ұйықтайтын режим: процессор жұмыс істейді және сағат теңшейді. Wi-Fi/Bluetooth және радио негізгі жолағы өшірілген.
- Light-sleep режимі: процессор уақытша тоқтатылды. RTC және ULP-сопроцессор жұмыс істейді. Кез келген оқиға ояту (MAC, хост, RTC таймері немесе сыртқы үзіліс) чип оятады.
- Терең ұйқы режимі: тек RTC қосылған. Wi-Fi және Bluetooth байланыс деректері RTC жадында сақталады. ULP-сопроцессор жұмыс істей алады.
- Гибернация режимі: 8 МГц ішкі генераторы және ULP-сопроцессор ажыратылған. RTC жад күш қалпына келтіру-төмен. Баяу сағаттарда тек бір RTC таймері және кейбір GPIO RTC белсенді. Бұл RTC таймер және нақты уақыт уақыты енгізу-шығару порттары гибернация режимінен чип оянуы мүмкін.

Ұйқы режимі

- Қауымдастық ұйқы үлгісі: қуат режимі белсенді режим мен сән арасында ауысады-ұйқы / жеңіл ұйқы режимі осы ұйқы үлгісі кезінде. Процессор, WiFi, Bluetooth және радио WiFi/BT байланысын қолдау үшін берілген аралықтармен оянады.
- ULP сенсоры-үлгі бақыланады: негізгі процессор терең ұйқы режимінде. OTP сопроцессор ма өлшеу датчигі және датчиктерден өлшенген деректерге негізделген негізгі жүйені оятады.

2-кесте: Тамақтану режимдеріне байланысты функционалдық мүмкіндіктер

Тамақтану режимі	Актив	Модем-ұйықтау режимі	Жеңіл ұйқы	Терең ұйқы	Әрекетсіздік
Ұйқы режимі (Режим сна)	Ұйқы қауымдастығы			OTP бақыланатын үлгі сенсоры	-
ЦП	Вкл	Пауза	Вкл	Выкл	Выкл
Беспроводной/БТ модем и радио	Вкл	Выкл	Выкл	Выкл	Выкл
РЦТ	Вкл	Вкл	Вкл	Вкл	Выкл
Сопроцессор OTP	Вкл	Вкл	Вкл	Вкл/Выкл	Выкл

3-кесте: Қуат режимі бойынша энергия тұтыну

Тамақтану режимі	Сипаттамасы	Тұтынылатын қуат
Белсенді (жұмыс РФ)	Wi-Fi Tx пакет 13 дБм ~ 21 дБм	160 ~ 260 мА
	Wi-Fi / BT Tx пакет 0 дБм	120 мА

	WiFi / BT Rx және тыңдау	80 ~ 90 мА
	Қауымдастық ұйқы үлгісі (жеңіл ұйқы)	DTM 3 кезінде 0,9 мА, DTIM1 кезінде 1,2 мА
Модем-ұйықтау режимі	Процессор қосулы	Максималды жылдамдығы: 20мА
		Қалыпты жылдамдық: 5 ~ 10 мА
		Баяу жылдамдығы: 3 маха
Жеңіл ұйқы	-	0.8 мА
Терең ұйқы	ULP сопроцессоры қосулы	0.15 мА
	ULP сенсоры-бақыланатын үлгі	25 мкА 1% баж (пошлин)
	RTC таймері + RTC жады	10 мкА
Әрекетсіздік	Тек RTC таймері	2.5 мкА

3 Lora

LoRa – Semtech LoRa қабылдағыш микросхемалармен генерацияланатын радиомодуляция әдісі қолданылатын сымсыз деректер беру технологиясы.

3.1 LoRa Бағдарламалары

Алыс әсер радиусы мен шағын MORA функциясы батареямен қуат беретін датчиктер үшін және төмен қуат тұтынатын қосымшалар үшін өте қолайлы:

Интернет заттар (IoT)

Ақылды үй

Машина аралық байланыс

Және басқа да көптеген...

Осылайша, LoRa-бұл катушканың элементінде немесе күн энергиясында жұмыс істейтін сенсорлық тораптар үшін жақсы таңдау.

LoRa жобалар үшін қолайлы емес екенін есте сақтаңыз:

- 1) Деректерді берудің жоғары жылдамдығын талап ету;
- 2) Өте жиі хабарлар қажет;
- 3) Немесе тығыз орналасқан желілерде.

LoRa қосу түрлері:

1. Екі нүктелі қарым-қатынас
2. Немесе LoRa желісін салу (мысалы, LoRa WAN)

Екі нүктелік қарым-қатынас

Екі нүктелі байланыс кезінде LoRa қолдайтын екі құрылғы Радиожиілік сигналдарының көмегімен бір-бірімен байланысады.

Мысалы, бұл бір-бірінен алыс орналасқан lora қабылдағыш таратқыштарының микросхемаларымен жабдықталған ESP32 екі платасы арасында немесе Wi-Fi жабынсыз орталарда деректер алмасу үшін пайдалы.

Тек қысқа қашықтықтарға байланысты қолдайтын Wi-Fi немесе Bluetooth айырмашылығы, екі LoRa құрылғысы тиісті антеннамен деректерді үлкен қашықтықта алмасуы мүмкін.

Сіз оңай lora чипі бар ESP 32 теңшеуге болады, 200 метрден астам қашықтықта сенімді ақпарат алу және алу үшін (Сіз lora ортасы мен параметрлеріне байланысты ең жақсы нәтиже ала аласыз). 30 км астам әсер ету радиусы жеңіл болуы мүмкін басқа LoRa шешімдері бар.

3.2 LoRaWAN

Сіз сондай-ақ LoRaWAN арқылы LoRa желісін салуға болады.

LoRaWan ХАТТАМАСЫ – бұл LoRa Alliance стандартталған lora технологиясына негізделген аз қуатты жаһандық желі (LPWAN) ерекшелігі. Біз осы Нұсқаулықта LoRaWAN зерттеу емес, бірақ қосымша ақпарат алу үшін LoRa Alliance және The Things Network веб-сайттарына келуге болады.

3.3 Қалай LoRa үйде автоматтандыру жобалары пайдалы болуы мүмкін?

Практикалық қолдануға қарайық.

Елестетіп, Сіз өлшеу ылғалдылық сіздің өрісінде. Ол жақын жерде сіздің үй, ол, бәлкім, Wi-Fi жабыны жоқ. Осылайша, сіз ESP 32 және ылғалдылық датчигі бар сенсорлық торапты жасауға болады, ол LoRa арқылы басқа ESP32 күніне бір немесе екі рет ылғалдылық көрсеткіштерін жібереді.

Кейінгі SP32 нұсқасы Wi-Fi қол жетімді және ылғалдылық көрсеткіштерін көрсететін веб-серверді іске қосуға болады.

Wifi-ге Heltec-ті қосу схемасы:

```
Arduino IDE interface showing a sketch for WiFi connection. The code includes comments in Russian and standard C++ syntax for Arduino. The sketch defines SSID and password, sets up a serial port, and attempts to connect to a WiFi network. The loop function prints status messages and IP address upon successful connection.
```

```
#include

// выставьте свои данные для точки доступа

const char* passwifi = "*****";
const char* ssidwifi = "*****";

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  delay(10);

  // Коннект к точке доступа
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssidwifi);

  WiFi.begin(ssidwifi, passwifi);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }

  Serial.print("WiFi connect ok!");
  Serial.print("Your IP address is ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop() {
  // Неверная библиотека найдена в C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\ADXL345-master: нет заголовочных файлов (.h),
  // Неверная библиотека найдена в C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\peak-detector-master: нет заголовочных файлов
  // Неверная библиотека найдена в C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\ADM1345-master: нет заголовочных файлов (.h),
  // Неверная библиотека найдена в C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\peak-detector-master: нет заголовочных файлов
  // Неверная библиотека найдена в C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\ADM1345-master: нет заголовочных файлов
  // Неверная библиотека найдена в C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries\peak-detector-master: нет заголовочных файлов
  ?
}
```