

ESP8266EX

Техническая документация



Версия 4.7
Copyright © 2016

О руководстве

Данный документ знакомит пользователя с аппаратным обеспечением чипа ESP8266EX и содержит следующие разделы:

Глава	Заголовок	Содержание
Глава 1	Обзор	Обзор чипа ESP8266EX, его возможностей, поддерживаемых протоколов, технических параметров и применений.
Глава 2	Описание выводов	Информация о расположении выводов и их описание.
Глава 3	Функциональное описание	Основные функциональные модули чипа ESP8266EX: процессор, память, интерфейс флэш-памяти, тактовый генератор, Wi-Fi модем. Также описываются режимы пониженного энергопотребления.
Глава 4	Периферийный интерфейс	Описания периферийных интерфейсов, интегрированных в ESP8266EX.
Глава 5	Электрические характеристики	Электрические характеристики ESP8266EX.
Глава 6	Габариты	Чертежи корпуса ESP8266EX.
Приложение	Информация о выводах	Информация о выводах, список регистров, описание возможных режимов загрузки.

Примечания к выпуску

Дата	Версия	Примечания
2015.12	V4.6	Обновление Главы 3.
2016.02	V4.7	Обновление раздела 3.6.
2016.03	V4.7	updated. Обновление раздела 4.1.

Содержание

1. Введение	1
1.1. Протокол Wi-Fi	2
1.2. Основные технические параметры	3
1.3. Применения	4
2. Описание выводов	5
2.1. Расположение выводов	5
2.2. Описание выводов	6
3. Функциональное описание	8
3.1. ЦПУ, память и флэш-память	8
3.1.1. ЦПУ	8
3.1.2. Встроенная память	8
3.1.3. Внешняя флэш-память	9
3.2. АНВ и блоки АНВ	9
3.3. Тактовая частота	9
3.3.1. Высокая тактовая частота	9
3.3.2. Требования к внешнему тактовому генератору	10
3.4. Радиоприемник	10
3.4.1. Частотные каналы	11
3.4.2. Приемник диапазона 2,4 ГГц	11
3.4.3. Передатчик диапазона 2,4 ГГц	11
3.4.4. Высокочастотный генератор	12
3.5. Wi-Fi	12
3.6. Режимы низкого энергопотребления	12
4. Периферийные интерфейсы	14
4.1. Интерфейс ввода-вывода общего назначения (GPIO)	14
4.2. Интерфейс Secure Digital Input/Output (SDIO)	14
4.3. Последовательный интерфейс периферийных устройств (SPI/HSPI)	15
4.3.1. General SPI (Master/Slave)	15
4.3.2. SDIO / SPI (Slave)	15
4.3.3. HSPI (Slave)	16
4.4. Интерфейс I2C	16
4.5. Интерфейс I2S	16

4.6.	Универсальный асинхронный приемопередатчик (UART)	17
4.7.	Широтно-импульсная модуляция (PWM)	18
4.8.	ИК дистанционное управление	18
4.9.	АЦП (Аналого-цифровой преобразователь)	18
4.10.	Светодиоды и Кнопки	20
5.	Электрические характеристики.....	21
5.1.	Электрические характеристики.....	21
5.2.	Энергопотребление.....	21
5.3.	Характеристики Wi-Fi радио.....	22
6.	Габариты	24
	Приложение - Список выводов.....	25



1.

Введение

Чип ESP8266EX компании Espressif — высокоинтегрированное Wi-Fi SoC решение, удовлетворяющее запросы индустрии Интернета вещей в низком энергопотреблении, компактности и надежности.

Имея полноценный Wi-Fi и сетевой стэк, чип ESP8266EX может как выполнять приложения самостоятельно, так и работать под управлением внешнего микроконтроллера. Работая самостоятельно, ESP8266EX **выполняет** приложение, загружая его из внешней флэш-памяти. Встроенный высокоскоростной кэш повышает производительность системы и позволяет эффективно использовать оперативную память. Работая под управлением внешнего микроконтроллера, ESP8266EX может выступать в роли Wi-Fi адаптера, передавая данные через SPI, SDIO, I2C или UART интерфейсы.

ESP8266EX содержит антенный переключатель, согласующий трансформатор (балун), усилитель мощности, маломощный усилитель, фильтры, модули управления питанием. Компактная конструкция и высокая степень интеграции позволяют минимизировать размер печатной платы и число внешних компонентов.

ESP8266EX содержит расширенную версию 32-битного процессора Lx106 фирмы Tensilica серии Diamond и встроенную оперативную память (SRAM). Он может быть соединен с внешними датчиками и другими устройствами через интерфейсы ввода/вывода общего назначения (GPIO). Пакет программ для разработки приложений (SDK) содержит образцы программ для различных применений.

Smart Connectivity Platform (ESCP) компании Espressif Systems обеспечивает сложные функции, включая быстрый переход между режимом сна и режимом пробуждения для целей энергоэффективности, адаптивную подстройку радио тракта для работы с низким энергопотреблением, усовершенствованную обработку сигнала, подавление паразитных сигналов и механизм радиопередачи для сотовой связи, Bluetooth, DDR, LVDS, сглаживания LCD помех.



1.1. Протокол Wi-Fi

- Поддержка режимов 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r
- Поддержка Wi-Fi Direct (P2P)
- Поддержка технологий P2P Discovery, P2P Group Owner mode, P2P Power Management
- Поддержка режимов Station / P2P / softAP
- Аппаратные ускорители для CCMP (CBC-MAC в режиме счетчика), TKIP (MIC, RC4), WAPI (SMS4), WEP (RC4), CRC
- Поддержка WPA/WPA2 PSK и WPS
- Дополнительные функции безопасности стандарта 802.11i, такие как предварительная аутентификация и TSN
- Открытый интерфейс для различных схем аутентификации верхнего уровня поверх EAP, таких как TLS, PEAP, LEAP, SIM, AKA, или определяемых пользователем
- Поддержка стандарта 802.11n (2.4 ГГц)
- Поддержка MIMO размером 1×1 и 2×1 , STBC, A-MPDU и A-MSDU агрегации и защитного интервала 0.4μs
- Поддержка режима энергосбережения WMM U-APSD
- Работа с несколькими очередями для полного использования возможностей приоритезации трафика с использованием стандарта 802.11e
- Совместимость с UMA
- Поддержка 802.1h/RFC1042
- Поддержка DMA для копирования данных без участия CPU
- Возможность работы с двумя антеннами и переключения антенн
- Стробирование тактовых сигналов и питания в сочетании с управления питанием, совместимым со стандартом 802.11, динамически адаптированное к текущему состоянию соединения
- Алгоритм адаптивной регулировки скорости устанавливает оптимальную скорость передачи данных и мощность передачи на основе фактического соотношения сигнал-шум (SNR) и потери пакетов информации
- Автоматическая повторная передача и отклик на MAC уровне, для избежания потери пакетов при работе под управлением медленного микроконтроллера
- Поддержка бесшовного переключения WiFi сетей
- Настраиваемый арбитраж пакетного трафика (PTA) с дизайном на основе специализированного подчиненного процессора обеспечивает гибкую и точную поддержку совместной работы со многими Bluetooth чипами
- Поддержка одной и двух антенн при совместной работе с Bluetooth с возможностью одновременного приема



1.2. Основные технические параметры

Табл. 1-1. Основные технические параметры

Wi-Fi	Сертификаты	FCC/CE/TELEC/SRRC
	Протоколы Wi-Fi	802.11 b/g/n
	Диапазон частот	2,4 ГГц ~ 2,5 ГГц (2400 М ~ 2483,5 М)
	Мощность передачи сигнала	802.11 b: +20 дБм
		802.11 g: +17 дБм
		802.11 n: +14 дБм
	Чувствительность приемника	802.11 b: -91 дБм (11 Мбит/с)
		802.11 g: -75 дБм (54 Мбит/с)
		802.11 n: -72 дБм (MCS7)
	Типы антенны	Антенна на печатной плате, внешняя антенна, керамическая чип-антенна
Аппаратное обеспечение	Центральный процессор	32-битный микропроцессор Tensilica Lx106
	Периферийные интерфейсы	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/ADC/PWM
	Рабочее напряжение	3.0В ~ 3.6В
	Рабочий ток	Среднее значение: 80 мА
	Диапазон рабочих температур	-40°C ~ 125°C
	Рабочая температура окружающей среды	Нормальная температура
	Размер корпуса	5x5 мм
Программное обеспечение	Внешний интерфейс	N/A
	Режимы Wi-Fi	клиент (station)/точка доступа(softAP)/SoftAP +station
	Безопасность	WPA/WPA2
	Шифрование	WEP/TKIP/AES
	Обновление ПО	Загрузка через UART / Дистанционное обновление через сеть
	Разработка ПО	SDK для быстрой разработки ПО, инструменты для взаимодействия с серверным ПО
	Сетевые протоколы	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	Конфигурация пользователя	Управление с помощью AT команд, облачный сервер, приложения для Android/iOS



1.3. Применения

- Бытовая техника
- Системы автоматизации
- Управляемые розетки и лампы
- Mesh-сети
- Промышленные беспроводные устройства
- Радионяни
- Интернет-камеры
- Сенсорные сети
- Носимые устройства
- Определение местонахождения по Wi-Fi сетям
- Бейджи и системы контроля доступа
- Системы позиционирования по Wi-Fi сигналу



2. Описание выводов

2.1. Расположение выводов

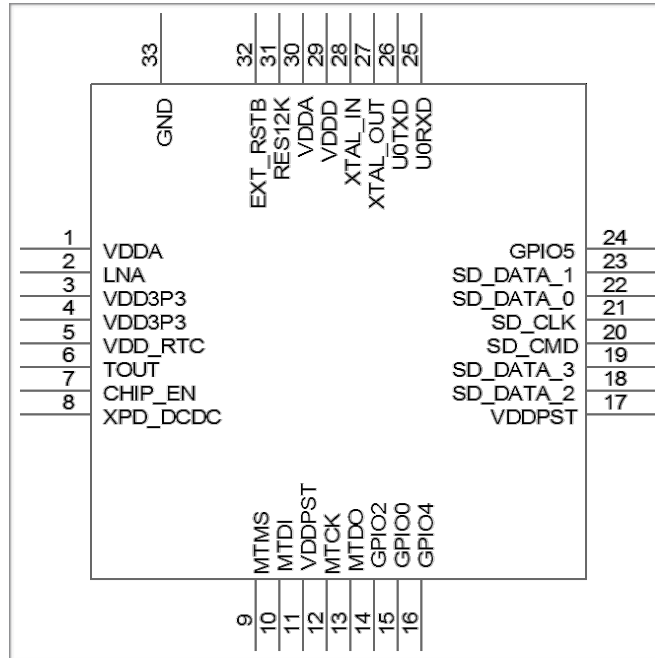


Рис. 2-1. Расположение выводов.



2.2. Описание выводов

Табл. 2-1. Описание выводов.

Вывод	Наименование	Тип	Функция
1	VDDA	P	Питание аналоговой части 3.0В ~ 3.6В
2	LNA	I/O	Антенный вывод. Выходное сопротивление чипа = 50 Ом. Антенна может быть подключена напрямую, однако желательно предусмотреть согласующуюся цепь π-типа
3	VDD3P3	P	Питание усилителя 3.0В ~ 3.6В
4	VDD3P3	P	Питание усилителя 3.0В ~ 3.6В
5	VDD_RTC	P	NC (1.1В)
6	TOUT	I	Встроенный АЦП может быть использован для измерения напряжения питания VDD3P3 (выводы 3 и 4) или напряжения на входе TOUT (вывод 6). Эти две функции не могут быть использованы одновременно.
7	CHIP_PU	I	Включение чипа. 1: чип включен и работает. 0: чип выключен, минимальное энергопотребление.
8	XPDCDC	I/O	Управляющий вывод для выхода из глубокого сна, GPIO16.
9	MTMS	I/O	GPIO14; HSPI_CLK
10	MTDI	I/O	GPIO12; HSPI_MISO
11	VDDPST	P	Питание цифровой части чипа и портов ввода-вывода (1.8В~3.3В)
12	MTCK	I/O	GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
13	MTDO	I/O	GPIO15; HSPI_CS; UART0_RTS
14	GPIO2	I/O	UART Tx при программировании флэш-памяти; GPIO2.
15	GPIO0	I/O	GPIO0; SPI_CS2
16	GPIO4	I/O	GPIO4
17	VDDPST	P	Питание цифровой части чипа и портов ввода-вывода (1.8В~3.3В)
18	SDIO_DATA_2	I/O	Подключение к SD_D2 (последовательно с резистором 200Ом); SPIHD; HSPiHD; GPIO9
19	SDIO_DATA_3	I/O	Подключение к SD_D3 (последовательно с резистором 200Ом); SPIWP; HSPiWP; GPIO10
20	SDIO_CMD	I/O	Подключение к SD_CMD (последовательно с резистором 200Ом); SPI_CS0; GPIO11
21	SDIO_CLK	I/O	Подключение к SD_CLK (последовательно с резистором 200Ом); SPI_CLK; GPIO6
22	SDIO_DATA_0	I/O	Подключение к SD_D0 (последовательно с резистором 200Ом); SPI_MSIO; GPIO7
23	SDIO_DATA_1	I/O	Подключение к SD_D1 (последовательно с резистором 200Ом); SPI_MOSI; GPIO8
24	GPIO5	I/O	GPIO5



Вывод	Наименование	Тип	Функция
25	U0RXD	I/O	UART Rx при программировании флэш-памяти; GPIO3
26	U0TXD	I/O	UART Tx при программировании флэш-памяти; GPIO1; SPI_CS1
27	XTAL_OUT	I/O	Подключение к выходу кварцевого резонатора, может использоваться для предоставления входа тактовой частоты ВТ
28	XTAL_IN	I/O	Подключение к входу кварцевого резонатора
29	VDDD	P	Аналоговое питание 3.0В ~ 3.6В
30	VDDA	P	Аналоговое питание 3.0В ~ 3.6В
31	RES12K	I	Подключение внешнего резистора 12 кОм, соединенного с GND
32	EXT_RSTB	I	Внешний сигнал сброса (активный уровень лог. 0)

Примечание:

Логические уровни входов GPIO2, GPIO0 и MTDO формируют 3х-битное значение, определяющее режим загрузки чипа и параметра работы SDIO интерфейса.



3. Функциональное описание

Ниже представлена функциональная схема ESP8266EX.

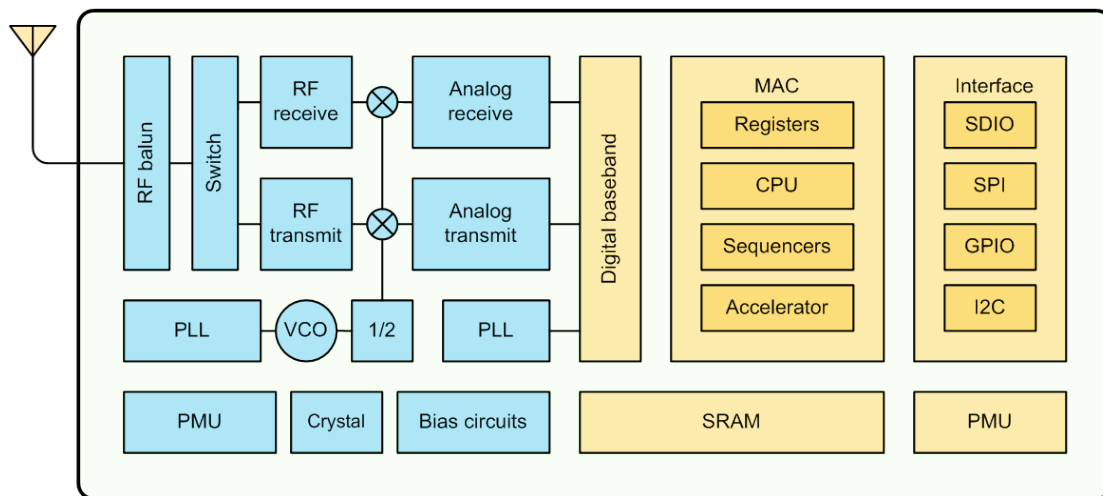


Рис. 3-1. Функциональная блок-схема.

3.1. ЦПУ, память и флэш-память

3.1.1. ЦПУ

ESP8266EX содержит 32-битный микропроцессор Tensilica lx106. Тактовая частота процессора — 80 МГц, возможно программное переключение в режим 160 МГц. Система может легко работать как операционная система реального времени (RTOS). В настоящее время Wi-Fi стек занимает только 20% процессорного времени. Остальное процессорное время может быть использовано для пользовательских приложений. Микропроцессор может взаимодействовать с остальными частями чипа через следующие интерфейсы:

- Программируемый RAM/ROM интерфейс (iBus), соединенный с контроллером памяти и имеющий доступ к внешней флэш-памяти.
- Интерфейс памяти данных (dBus), соединенный с контроллером памяти.
- AHB интерфейс, предоставляющий доступ к периферийным регистрам.

3.1.2. Встроенная память

ESP8266EX Wi-Fi SoC содержит контроллер памяти и блоки памяти, включая SRAM (ОЗУ) и ROM (ПЗУ). Микроконтроллер может обращаться к блокам памяти через iBus, dBus и AHB интерфейсы.



В текущей версии SDK при работе в режиме WiFi STA, объем оперативной памяти, доступной пользователям, составляет 50 КБ. Этот объем включает в себя стек, сегменты data и heap.

В ESP8266EX нет программируемой ROM, поэтому пользовательская программа хранится во внешней SPI флэш-памяти.

3.1.3. Внешняя флэш-память

Внешняя SPI флэш-память, подключенная к ESP8266EX, используется для хранения пользовательских программ. Теоретически поддерживается до 16 Мбайт памяти.

Рекомендуется выбирать объем SPI флэш-памяти следующим образом:

- Без использования OTA: минимальный размер флэш-памяти — 512 Кб
- С использованием OTA: минимальный размер флэш-памяти составляет 1 МБ.

Примечание:

Поддерживаются несколько режимов SPI, включая стандартный SPI, Dual SPI, DIO SPI, QIO SPI и Quad SPI. Следует выбирать правильный режим SPI при загрузке бинарных файлов во флэш-память, в противном случае программы/прошивки могут работать некорректно.

3.2. АНВ и блоки АНВ

К шине АНВ помимо арбитра подключены MAC, SDIO (хост) и процессор. В зависимости от адреса, запросы данных могут перейти из АНВ в один из двух подчиненных блоков:

- шину APB
- Контроллер флэш-памяти (как правило, для автономных приложений)

Как правило, запросы к контроллеру флэш-памяти - высокоскоростные запросы, а к блоку APB - доступ к регистрам.

Блок APB выступает в качестве декодера, который обращается к программируемым регистрам в основных блоках ESP8266EX. В зависимости от адреса, запрос APB может поступить в радио, I2S, SPI, SDIO (хост), GPIO, UART, таймер реального времени (RTC), MAC или модем.

3.3. Тактовая частота

3.3.1. Высокая тактовая частота

Сигнал тактовой частоты ESP8266EX используется приемными и передающими смесителями. Тактовый сигнал создается встроенным генератором с использованием



внешнего кварцевого резонатора. Генератор может работать с резонаторами в диапазоне от 26 МГц до 52 МГц.

Внутренняя калибровка внутри кварцевого генератора гарантирует, что можно использовать широкий спектр кварцевых резонаторов. Тем не менее, качество кварца остается важным фактором, влияющим на уровень фазового шума и чувствительность Wi-Fi. В таблице 3-1 указаны допустимые отклонения частоты.

Табл. 3-1. Технические характеристики тактового генератора.

Параметр	Обозначение	Мин.	Макс.	Ед.изм.
Частота	FXO	26	52	МГц
Емкость нагрузки	CL	-	32	пФ
Динамическая емкость	CM	2	5	пФ
Сопротивление потерь	RS	0	65	Ом
Допустимое отклонение частоты	ΔFXO	-15	15	‰
Частота от температуры (-25°C ~ 75°C)	ΔFXO,Temp	-15	15	‰

3.3.2. Требования к внешнему тактовому генератору

Допускается использование внешнего тактового генератора. Частота может быть в диапазоне от 26 МГц до 52 МГц. При следующих характеристиках предполагается достижение хороших показателей радиопередачи.

Табл. 3-2. Требования к внешнему кварцевому генератору.

Параметр	Обозначение	Мин.	Макс.	Ед.изм.
Амплитуда тактового сигнала	VXO	0.2	1	В
Точность внешнего кварцевого резонатора	ΔFXO,EXT	-15	15	‰
Фазовый шум при смещении 1 кГц, тактовой частоте 40 МГц	-	-	-120	дБ/Гц
Фазовый шум при смещении 10 кГц, тактовой частоте 40 МГц	-	-	-130	дБ/Гц
Фазовый шум при смещении 100 кГц, тактовой частоте 40 МГц	-	-	-138	дБ/Гц

3.4. Радиоприемник

Приемопередатчик ESP8266EX состоит из следующих блоков:

- Приемник диапазона 2,4 ГГц
- Передатчик диапазона 2,4 ГГц
- Генератор высокой частоты
- Таймер реального времени
- Генератор смещения и регуляторы напряжения



- Управление энергопотреблением

3.4.1. Частотные каналы

Радиопередатчик поддерживает следующие каналы в соответствии со стандартами IEEE802.11b/g/n.

Табл. 3-3. Частотные каналы.

Но. канала	Частота (МГц)	Но. канала	Частота (МГц)
1	2412	8	2447
2	2417	9	2452
3	2422	10	2457
4	2427	11	2462
5	2432	12	2467
6	2437	13	2472
7	2442	14	2484

3.4.2. Приемник диапазона 2,4 ГГц

Приемник на 2,4 ГГц преобразует радиочастотные сигналы в квадратурные сигналы промежуточной частоты, которые впоследствии оцифровываются двумя высокоскоростными АЦП с высоким разрешением. Для адаптации к изменяющимся состояниям канала, в ESP8266EX интегрированы радиочастотные фильтры, автоматическая регулировка усиления (AGC), цепи компенсации постоянного смещения и фильтры промежуточной частоты.

3.4.3. Передатчик диапазона 2,4 ГГц

Передатчик преобразует квадратурные сигналы промежуточной частоты в диапазон 2,4 ГГц, и подает высокочастотный сигнал на вход КМОП-усилителя мощности. Функция цифровой калибровки улучшает линейность усилителя мощности, что позволяет достичь лучших в своем классе значений выходной мощности: +19,5 дБм в режиме 802.11b и +16 дБм в режиме 802.11n.

В передатчик интегрированы дополнительные механизмы калибровок, позволяющие компенсировать недостатки радио, такие как:

- Рассеяние несущей частоты
- Фазовую синхронизацию I/Q
- Нелинейность трактов промежуточной частоты

Эти встроенные функции калибровки сокращают время тестирования продукта и избавляют от необходимости в дополнительном испытательном оборудовании.



3.4.4. Высокочастотный генератор

Высокочастотный генератор генерирует квадратурные сигналы 2,4 ГГц для приемника и передатчика. Все компоненты генератора интегрированы на чипе, в том числе все индукторы, варикапы, фильтры, регуляторы и делители.

Генератор имеет встроенные механизмы калибровки и схемы самотестирования. Подстройка фаз квадратурного сигнала и уменьшение фазового шума осуществляется на чипе запатентованными алгоритмами калибровки. Это обеспечивает наилучшую работу приемника и передатчика.

3.5. Wi-Fi

В ESP8266EX реализован полный 802.11 b/g/n/e/i WLAN MAC протокол с поддержкой спецификации Wi-Fi Direct. Возможна работа не только в режиме BSS, но и работа в группе P2P в соответствии с последним протоколом Wi-Fi P2P. Все низкоуровневые функции WiFi протокола обрабатываются ESP8266EX автоматически:

- RTS/CTS
- подтверждение
- фрагментация и дефрагментация
- агрегация
- инкапсуляция фреймов (802.11h/RFC 1042)
- автоматические мониторинг/сканирование beacon-пакетов
- P2P Wi-Fi direct

Пассивное или активное сканирование, а также процедура обнаружения P2P выполняется автономно после первого инициирования соответствующей команды. Управление питанием осуществляется с минимальным взаимодействием с хостом, чтобы минимизировать время работы в активном режиме.

3.6. Режимы низкого энергопотребления

ESP8266 специально разработан для мобильных устройств, переносной электроники и сферы Интернета вещей с применением передовых технологий управления питанием.

Предусмотрены 3 режима энергопотребления: активный режим (**active mode**), спящий режим (**sleep mode**) и режим глубокого сна (**deep sleep mode**). ESP8266EX потребляет около 20 мкА в режиме глубокого сна (с работающим таймером реального времени), и менее 1,0 мА (DTIM = 3) или менее 0.6 мА (DTIM = 10), чтобы поддерживать соединение с точкой доступа.

- **Off**: напряжение на выходе CHIP_PU низкое. Таймер реального времени отключен. Все регистры сброшены.



- **Deep sleep:** Только таймер реального времени включен – остальная часть чипа выключена. Резервная память таймера реального времени может содержать базовую информацию о Wi-Fi соединении.
- **Sleep:** Только таймер реального времени работает. Кварцевый генератор отключен. Любые события, инициирующие пробуждение (MAC, хост, таймер реального времени, внешние прерывания) переведут чип в режим **Wake up**.
- **Wake up:** В этом состоянии система переходит из состояния сна в режим Оп. Кварцевый генератор и ФАПЧ включены.
- **On:** Тактовый генератор высокой частоты включен и подает сигнал на другие блоки в соответствии с регистром управления тактовым сигналом. Управление подачей тактового сигнала также реализовано внутри отдельных блоков. Например, подача тактового сигнала на процессор может быть приостановлена при помощи инструкции WAITI.

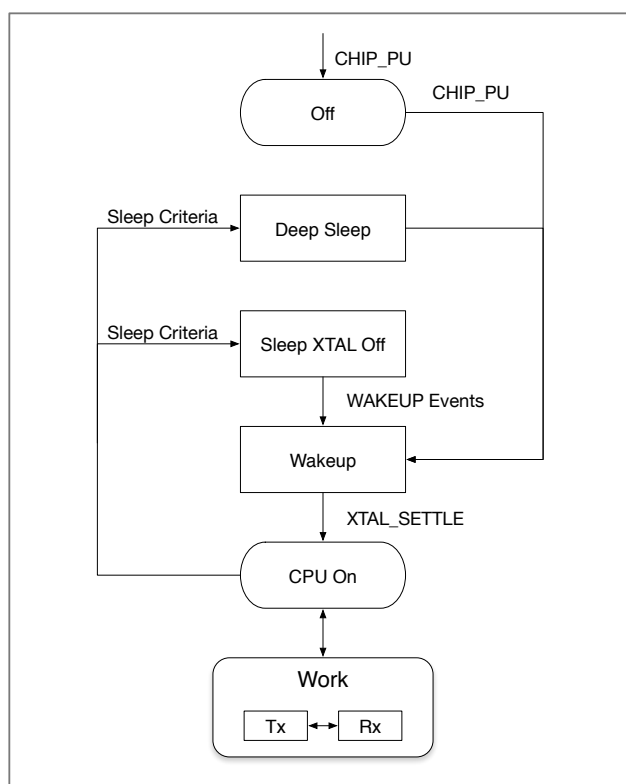


Рис. 3-2. Управление энергопотреблением.



4. Периферийные интерфейсы

4.1. Интерфейс ввода-вывода общего назначения (GPIO)

ESP8266EX имеет 17 выводов GPIO, которые могут быть назначены для различных функций путем программирования соответствующих регистров.

Каждый GPIO является двунаправленным и неинвертированным, имеет внутренние подтяжки на напряжение питания или на землю, и может быть переведен в состояние с высоким импедансом. Когда GPIO сконфигурирован как вход, входные значения могут быть прочитаны из регистров. Вход также может быть использован как источник прерываний по уровню или перепаду напряжения.

Эти выводы могут быть объединены с другими функциями, такими как I2C, I2S, UART, PWM, IR, и т.д.

Для работы в режиме энергосбережения выводы GPIO могут поддерживать свое состояние. Например, когда чип выключен, все выходы могут быть отключены.

Дополнительная функция удержания при необходимости может быть встроена в IO. Когда IO не управляется внутренней или внешней схемой, функция удержания может быть использована для сохранения последнего использованного состояния. Функция удержания дает некоторую положительную обратную связь на контактную площадку. В связи с этим, внешняя схема управляющая контактом, должна подавать ток больший, чем ток обратной связи. Необходимая сила тока невелика – в пределах 5 мкА.

4.2. Интерфейс Secure Digital Input/Output (SDIO)

ESP8266EX имеет один SDIO, работающий в режиме slave, описание которого дано ниже. Поддерживаются 4-битный SDIO v1.1 с частотой 25 МГц и 4-битный SDIO v2.0 с частотой 50 МГц.

Табл. 4-1. Описание выводов SDIO.

Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
SDIO_CLK	21	IO6	SDIO_CLK
SDIO_DATA0	22	IO7	SDIO_DATA0
SDIO_DATA1	23	IO8	SDIO_DATA1
SDIO_DATA_2	18	IO9	SDIO_DATA_2
SDIO_DATA_3	19	IO10	SDIO_DATA_3
SDIO_CMD	20	IO11	SDIO_CMD



4.3. Последовательный интерфейс периферийных устройств (SPI/HSPI)

ESP8266EX имеет один общий Slave/Master SPI, один Slave SDIO/SPI, и один общий Slave/Master HSPI. Функции всех их контактов могут быть реализованы с помощью аппаратных средств. Описание контактов приведено ниже.

4.3.1. General SPI (Master/Slave)

Табл. 4-2. Описание выводов SPI.

Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
SDIO_CLK	21	IO6	SPICLK
SDIO_DATA0	22	IO7	SPIQ/MISO
SDIO_DATA1	23	IO8	SPID/MOSI
SDIO_DATA_2	18	IO9	SPIHD
SDIO_DATA_3	19	IO10	SPIWP
SDIO_CMD	20	IO11	SPICS0
U0TXD	26	IO1	SPICS1
GPIO0	15	IO0	SPICS2

Примечания:

- Режим SPI может быть реализован с помощью программного обеспечения. Максимальная тактовая частота – 80 МГц.
- Интерфейс Slave SDIO/SPI реализован с помощью аппаратных средств, поддерживается DMA (прямой доступ к памяти) с использованием связанных списков. При использовании DMA накладные расходы на копирование данных будут меньше. Интерфейсы SPI и HSPI не имеют поддержки DMA, следовательно, скорость передачи данных будет сдерживаться скоростью обработки данных программным обеспечением.

4.3.2. SDIO / SPI (Slave)

Табл. 4-3. Описание выводов SDIO/SPI (Slave)

Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
SDIO_CLK	21	IO6	SPI_SLAVE_CLK
SDIO_DATA0	22	IO7	SPI_SLAVE_MISO
SDIO_DATA1	23	IO8	SPI_SLAVE_INT
SDIO_DATA_2	18	IO9	NC
SDIO_DATA_3	19	IO10	SPI_SLAVE_CS
SDIO_CMD	20	IO11	SPI_SLAVE_MOSI



4.3.3. HSPI (Slave)

Табл. 4-4. Описание выводов HSPI (Slave)

Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
MTMS	9	IO14	HSPICLK
MTDI	10	IO12	HSPIQ/MISO
MTCK	12	IO13	HSPID/MOSI
MTDO	13	IO15	HPSICS

4.4. Интерфейс I2C

ESP8266EX имеет один I2C интерфейс, используемый для подключения микроконтроллеров и других внешних устройств, например, датчиков. Описание выводов I2C представлено ниже.

Табл. 4-5. Описание выводов I2C.

Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
MTMS	9	IO14	I2C_SCL
GPIO2	14	IO2	I2C_SDA

Поддерживаются и I2C Master, и I2C Slave. Функционал I2C интерфейса реализован в программном обеспечении, максимальная тактовая частота – 100 кГц. Следует отметить, что тактовая частота I2C должна быть выше, чем минимальная тактовая частота подчиненного устройства.

4.5. Интерфейс I2S

ESP8266EX имеет один I2S интерфейс ввода данных и один I2S интерфейс вывода данных. I2S интерфейсы в основном используются в приложениях для сбора данных, обработки и передачи аудио данных, а также ввода и вывода последовательно передаваемых данных (к примеру, поддержка светодиодов серии WS2812). Описание выводов I2S представлено ниже. Функционал I2S интерфейса может быть осуществлен с помощью программного обеспечения с использованием мультиплексных GPIO, связанный список DMA поддерживается.

Табл. 4-6. Описание выводов I2S.

I2S ввода данных			
Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
MTDI	10	IO12	I2SI_DATA
MTCK	12	IO13	I2SI_BCK
MTMS	9	IO14	I2SI_WS



I2S ввода данных			
Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
MTDO	13	IO15	I2SO_BCK
UORXD	25	IO3	I2SO_DATA
GPIO2	14	IO2	I2SO_WS

4.6. Универсальный асинхронный приемопередатчик (UART)

ESP8266EX имеет два UART интерфейса: UART0 и UART, их описания представлены ниже.

Табл. 4-7. Описание выводов UART.

Тип вывода	Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
UART0	UORXD	25	IO3	UORXD
	UOTXD	26	IO1	UOTXD
	MTDO	13	IO15	UORTS
	MTCK	12	IO13	UOCTS
UART1	GPIO2	14	IO2	U1TXD
	SD_D1	23	IO8	U1RXD

Передача данных в/из UART интерфейсов может быть реализована с помощью аппаратных средств. Скорость передачи данных через интерфейсы UART достигает 115200 x 40 (4,5 Мбит/с).

UART0 может быть использован для связи. Он поддерживает управление потоком. Поскольку UART1 имеет только сигнал передачи данных (Tx), то он обычно используется для вывода отладочной информации.

Примечание:

По умолчанию, UART0 выводит некоторую информацию, когда устройство включено и загружается. Скорость передачи печатной информации зависит от частоты внешнего кварцевого резонатора. Если частота кварцевого резонатора составляет 40 МГц, то скорость передачи данных для печати 115200; если частота кварцевого резонатора составляет 26 МГц, то скорость передачи данных для печати будет 74880. Если печатная информация оказывает какое-либо влияние на функциональность устройства, предлагается блокировать печать во время включения питания путем переключения (UOTXD, UORXD) на (MTDO, MTCK).



4.7. Широтно-импульсная модуляция (PWM)

ESP8266EX имеет PWM интерфейс на четыре вывода, но они могут быть расширены самими пользователями. Описание выводов PWM интерфейса представлено ниже.

Табл. 4-8. Описание выводов PWM интерфейса.

Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
MTDI	10	IO12	PWM0
MTDO	13	IO15	PWM1
MTMS	9	IO14	PWM2
GPIO4	16	IO4	PWM3

Функционал PWM интерфейсов может быть реализован с помощью программного обеспечения. Например, в демонстрации умного освещения функция PWM осуществляется путем прерывания таймера, минимальное разрешение достигает целых 44 нс. Диапазон частот PWM регулируется в пределах от 1000 мкс до 10000 мкс, то есть, между 100Гц и 1 кГц. Когда частота PWM равна 1 кГц, коэффициент заполнения будет 1/22727, и разрешение более 14 бит будет достигнуто при частоте обновления 1 кГц.

4.8. ИК дистанционное управление

Ниже представлено описание выводов одного интерфейса ИК ДУ.

Табл. 4-9. Описание выводов интерфейса ИК ДУ пульта ДУ.

Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
MTMS	9	IO14	IR Tx
GPIO5	24	IO5	IR Rx

Интерфейс инфракрасного пульта ДУ (с модуляцией и демодуляцией) реализуется программно. Интерфейс использует NEC кодировку. Частота модулированного несущего сигнала составляет 38 кГц, скважность равна 1/3. Дальность передачи составляет около 1 м, что определяется двумя факторами: первый – максимальное значение номинального тока, второй – значение внутреннего токоограничивающего сопротивления в ИК-приемнике. Чем больше значение сопротивления, тем меньше ток, а соответственно и мощность, и наоборот. Угол передачи находится в промежутке между 15 ° и 30 °, что определяется направлением излучения инфракрасного приемника.

4.9. АЦП (Аналого-цифровой преобразователь)

В ESP8266EX встроен АЦП последовательного приближения с разрядностью 10 бит. TOUT (вывод 6) описан ниже.



Табл. 4-10. Описание выводов АЦП.

Наименование вывода	Номер вывода	Функционал
TOUT	6	ADC Interface

Следующие две функции могут быть реализованы с помощью АЦП (вывод 6) (при этом они не могут быть реализованы одновременно):

- Проверка напряжения питания VDD3P3 (Выводы 3 и 4).

Проектирование аппаратного обеспечения	TOUT в свободном состоянии.
Параметр инициализации РЧ	107-й байт <i>esp_init_data_default.bin</i> (0 ~ 127 байт), "vdd33_const" должны быть установлены в 0xFF.
Процесс калибровки РЧ	Оптимизация условий РЧ схемы на основе результатов тестирования VDD3P3 (Выводы 3 и 4).
Программа пользователя	Использовать <code>system_get_vdd33</code> вместо <code>system_adc_read</code> .

- Проверка напряжения на входе TOUT (вывод 6).

Проектирование аппаратного обеспечения	Диапазон входного напряжения должен быть в диапазоне от 0 до 1.0 В, когда TOUT подключен к внешней цепи.
Параметр инициализации РЧ	Значение 107-го байта <i>esp_init_data_default.bin</i> (0 ~ 127 байт), "vdd33_const" должны быть установлены на напряжение реального источника питания (Выводы 3 и 4). Рабочий диапазон напряжения питания ESP8266EX находится между 1.8 В и 3.6 В, в то время как единица "vdd33_const" составляет 0.1 В, поэтому, эффективный диапазон значений "vdd33_const" составляет от 18 до 36.
Процесс калибровки РЧ	Оптимизация условий РЧ схемы на основе значения "vdd33_const". Допустимая погрешность составляет ± 0.2 В.
Программа пользователя	Использовать <code>system_adc_read</code> вместо <code>system_get_vdd33</code> .

**Примечание:**

esp_init_data_default.bin предоставляется в SDK пакете, который содержит параметры инициализации РЧ (0 ~ 127 байт).

107-й байт в *esp_init_data_default.bin* определяется как "vdd33_const". Описание "vdd33_const" представлено ниже.

- Если vdd33_const = 0xff, напряжение питания на Выводах 3 и 4 будет проверено внутренним процессом самокалибровки самого чипа ESP8266EX. Условия РЧ схемы должны быть оптимизированы в соответствии с результатами тестирования.
- Если $18 < \text{vdd33_const} < 36$, РЧ калибровка и процесс оптимизации ESP8266EX реализуются с помощью $(\text{vdd33_const}/10)$.
- Если $\text{vdd33_const} < 18$ или $36 < \text{vdd33_const} < 255$, РЧ калибровка и процесс оптимизации ESP8266EX по умолчанию реализуются с помощью значения 3.0 В.

4.10. Светодиоды и Кнопки

ESP8266EX имеет 17 GPIO, которые могут использоваться для поддержки различных функций светодиодов и кнопок. Описание некоторых GPIO, которым назначены определенные функции в разработке демо-приложений, приведены ниже.

Табл. 4-11. Описание выводов светодиодов и кнопок.

Наименование вывода	Номер вывода	IO	Функционал
MTCK	12	IO13	Button (Reset)
GPIO0	15	IO0	Wi-Fi Light
MTDI	10	IO12	Link Light

В общей сложности определены три интерфейса, один - для кнопки, два - для светодиода. Как правило, MTCK используется для управления кнопкой сброса, GPIO0 используется в качестве сигнала для индикации рабочего состояния Wi-Fi, MTDI используется в качестве светового сигнала для индикации состояния связи между устройством и сервером.

Примечание:

Большинство интерфейсов, описанных в этой главе, могут быть мультиплексными. Функции контактов не ограничивается теми, которые описаны в данном документе, пользователи могут задать функции контактов в соответствии с их конкретными сценариями приложений с помощью программного обеспечения и проектирования оборудования.



5. Электрические характеристики

5.1. Электрические характеристики

Табл. 5-1. Электрические характеристики.

Параметр	Состояние	Мин.	Типовое значение	Макс.	Ед.изм.
Диапазон температур хранения	-	-40	Комнатная	125	°C
Максимальная температура пайки	IPC/JEDEC J-STD-020	-	-	260	°C
Рабочее напряжение	-	3.0	3.3	3.6	B
I/O	V_{IL}/V_{IH}	-0.3/0.75V _{IO}	-	0.25V _{IO} /3.6	B
	V_{OL}/V_{OH}	N/0.8V _{IO}	-	0.1V _{IO} /N	
	I _{MAX}	-	-	12	мА
Электростатический разряд (HBM)	TAMB=25°C	-	-	2	кВ
Электростатический разряд (CDM)	TAMB=25°C	-	-	0.5	кВ

5.2. Энергопотребление

Табл. 5-2. Энергопотребление.

Параметр	Мин.	Типовое значение	Макс.	Ед.изм.
Tx802.11b, CCK 11 Мбит/с, P OUT=+17 дБм	-	170	-	мА
Tx 802.11g, OFDM 54 мбит/с, P OUT =+15 дБм	-	140	-	мА
Tx 802.11n, MCS7, P OUT =+13 дБм	-	120	-	мА
Rx 802.11b, длина блока данных 1024 байта, -80 дБм	-	50	-	мА
Rx 802.11g, длина блока данных 1024 байта, -70 дБм	-	56	-	мА
Rx 802.11n, длина блока данных 1024 байта, -65 дБм	-	56	-	мА
Modem-Sleep①	-	15	-	мА
Light-Sleep②	-	0.9	-	мА
Deep-Sleep③	-	10	-	мкА
Power Off	-	0.5	-	мкА

**Примечания:**

- Режим Modem-Sleep используется, когда приложения, например PWM или I2S, требуют работы процессора. В соответствии с стандартами 802.11 (например, U-APSD), он отключает контур Wi-Fi модема, сохраняя при этом соединение Wi-Fi без передачи каких-либо данных, для оптимизации энергопотребления. Например, в DTIM3, когда ESP8266EX спит в течение 300 мс и пробуждается на 3 мс, чтобы получать beacon пакеты от провайдера доступа, общее среднее потребление тока на интервал составляет около 15 мА.
- Режим Light-Sleep используется для приложений, при которых работа процессора может быть приостановлена, таких как Wi-Fi коммутатор. В соответствии с стандартами 802.11 (например, U-APSD), без передачи данных схема Wi-Fi модема может быть отключена, а работа процессора приостановлена для экономии энергии. Например, в DTIM3, когда ESP8266EX спит в течение 300 мс и пробуждается на 3 мс, чтобы получать beacon пакеты от провайдера доступа, общее среднее потребление тока на интервал составляет около 0,9 мА.
- При режиме Deep Sleep Wi-Fi отключен. Для приложений, которые передают данные с длительными промежутками по времени (например, температурный датчик, измеряющий температуру каждые 100 с), ESP8266EX спит в течение 300 с и просыпается, чтобы подключиться к точке доступа (что занимает около 0,3 ~ 1 с), общее среднее потребление тока меньше, чем 1 мА.

5.3. Характеристики Wi-Fi радио

Следующие данные получены по результатам испытаний, проведенных при комнатной температуре с источниками питания на 3.3 В и 1.1 В.

Табл. 5-3. Характеристики Wi-Fi радио

Параметр	Мин.	Типовое значение	Макс.	Ед.изм.
Входная частота	2412	-	2484	МГц
Входное сопротивление	-	50	-	Ом
Коэффициент отражения на входе	-	-	-10	дБ
Выходная мощность усилителя для 72,2 МБит/с	15.5	16.5	17.5	дБм
Выходная мощность усилителя для стандарта 11b	19.5	20.5	21.5	дБм
Чувствительность	-	-	-	-
DSSS, 1 МБит/с	-	-98	-	дБм
CCK, 11 МБит/с	-	-91	-	дБм
6 МБит/с (1/2 BPSK)	-	-93	-	дБм
54 МБит/с (3/4 64-QAM)	-	-75	-	дБм
HT20, MCS7 (65 МБит/с, 72.2 МБит/с)	-	-72	-	дБм
Подавление помех от соседнего канала				
OFDM, 6 МБит/с	-	37	-	дБ
OFDM, 54 Мбит/с	-	21	-	дБ



HT20, MCS0	-	37	-	дБ
HT20, MCS7	-	20	-	дБ



6. Габариты

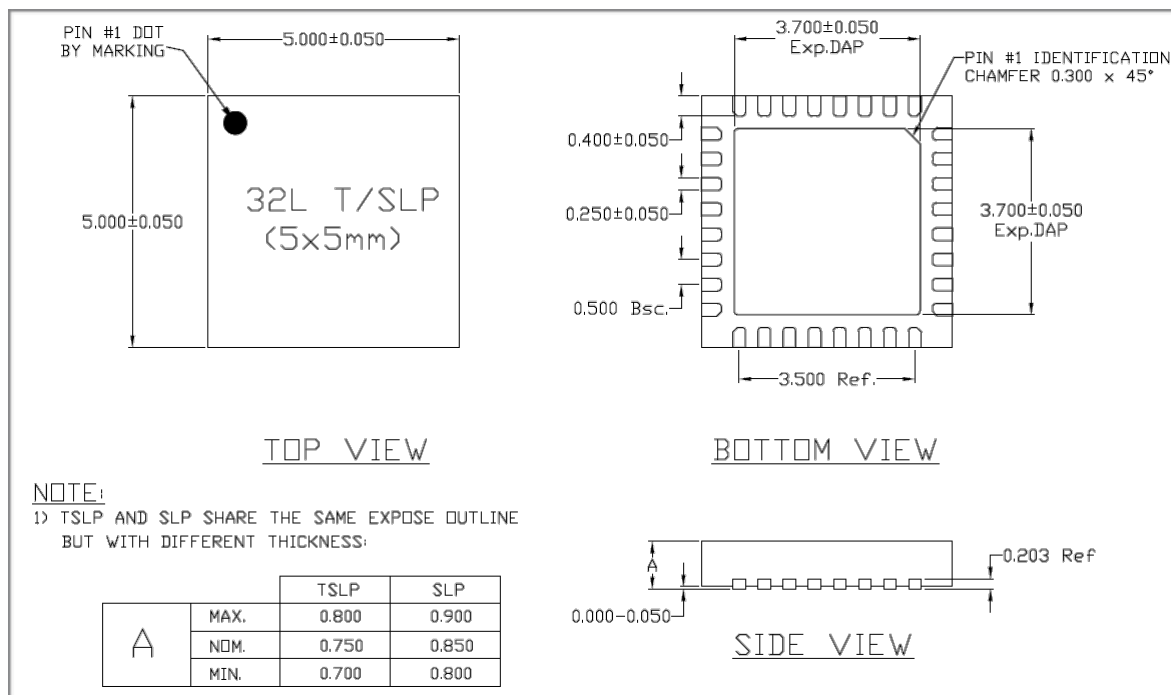


Рис. 6-1. Чертеж корпуса ESP8266EX



Приложение - Список ВЫВОДОВ

Приложение предоставляет детальную информацию о выводах:

- Digital Die Pin List
- Buffer Sheet
- Register List
- Strapping List

Примечания:

- INST_NAME относится к IO_MUX PEECTP, определенной в eagle_soc.h, например MTDI_U относится к PERIPHS_IO_MUX_MTDI_U
- Net Name ссылается на имя контакта в схеме.
- Function ссылается на многозначную функцию каждой коммутационной панели.
- Номера функции 1 ~ 5 соответствуют Функциям 0 ~ 4 в SDK. Например, установите MTDI в GPIO12 следующим образом.
 - `#define FUNC_GPIO12 3 //defined in eagle_soc.h`
 - `PIN_FUNC_SELECT(PERIPHS_IO_MUX_MTDI_U, FUNC_GPIO12)`



Espressif IOT Team
<http://bbs.espressif.com>

Уведомление об ответственности и авторских правах

Информация, содержащаяся в данном документе, включая URL ссылки, может быть изменена без предварительного уведомления.

ЭТОТ ДОКУМЕНТ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ КАК ЕСТЬ, БЕЗ КАКИХ-ЛИБО ГАРАНТИЙ, ВКЛЮЧАЯ ЛЮБЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОЙ ПРИГОДНОСТИ, СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВ, ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ЦЕЛЕЙ ИЛИ ЛЮБЫЕ ГАРАНТИИ, ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ КАКИХ-ЛИБО ПРЕДПОЛОЖЕНИЙ, СПЕЦИФИКАЦИЙ ИЛИ ОБРАЗЦОВ.

Вся ответственность, включая ответственность за нарушение каких-либо имущественных прав, связанных с использованием сведений в этом документе, отрицается. Никаких лицензий, явных или подразумеваемых, по процессуальному отводу или другим образом, на какую-либо интеллектуальную собственность не предоставляется в настоящем документе.

Логотип Wi-Fi Alliance Member является товарным знаком Wi-Fi Alliance. Логотип Bluetooth является зарегистрированной торговой маркой компании Bluetooth SIG.

Все торговые наименования, товарные знаки и зарегистрированные товарные знаки, упомянутые в настоящем документе, являются собственностью соответствующих владельцев и признаются в настоящем документе.