

Новый NB-IoT модуль Cinterion ENS22

от Gemalto

В начале 2018 года компания Gemalto, мировой лидер в изготовлении беспроводных M2M-модулей под торговой маркой Cinterion, объявила о старте производства нового модуля ENS22-E, предназначенного для работы в сетях NB-IoT (Cat NB1 LTE). Этот модуль может функционировать в частотных диапазонах: LTE Bands 3, 5, 8, 20, 28, при скоростях передачи DL/UL соответственно 27 и 63 кбит/с. К особенностям ENS22-E следует отнести режим сверхнизкого энергопотребления при сохранении регистрации в сети NB-IoT. Модуль, выполненный в конструктиве LGA-106, оснащен интерфейсами 13 GPIO, 2xUART, UICC/U-SIM (1,8 В/3 В), SPI, I²C. По основным параметрам и расположению контактных площадок ENS22-E совместим с BGS1, BGS2, BGS5, EHS5, EHS6, EHS8, ELS61, ELS81 и ENS22.

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н.

В марте 2018 года компания Gemalto опубликовала пресс-релиз о начале производства нового модуля Cinterion ENS22-E, предназначенного для сетей NB-IoT, а в последних числах октября на модуль были получены европейские сертификаты [1].

В настоящее время доступна полная техническая документация, опытные образцы и возможность поставки серийных партий нового устройства.

Модуль Cinterion ENS22-E, разработанный в полном соответствии с требованиями стандарта 3GPP Rel. 13, предъявляемыми к устройствам NB1, предназначен для работы в сетях NB-IoT в следующих частотных диапазонах LTE: B3 — 1800 МГц, B8 — 900 МГц, B5 — 850 МГц, B20 — 800 МГц, B28 — 700 МГц. Новинка является оптимальным решением для конструирования разного рода беспроводных интеллектуальных датчиков IoT. Структурная схема модуля показана на рис. 1 [2].

Основу радиочастотного блока модуля составляет чипсет Baseband IC, созданный ведущим производителем Hi-Silicon для цифровой обработки сигнала и для связи с другими устройствами.

Cinterion ENS22-E представляет собой универсальный NB-IoT-трансивер, способный действовать как в режиме Multi-tone, так и в режиме Single-tone, и функционировать в интервалах частот 698–960 МГц и 1695–2180 МГц с полосой 200 кГц.

Модуль оснащен следующими интерфейсами: 13 линий ввода/вывода GPIO, 2xUART, UICC/U-SIM (1.8В/3В), SPI, I²C. Их сигнальные линии выведены на контактные площадки корпуса LGA106. Расположение контактных площадок на корпусе модуля и их назначение показано на рис. 2.

Конфигурация выводов и посадочное место ENS22 спроектированы с учетом того, чтобы переход от моделей предыдущих поколений к новым технологиям в рамках одной продуктовой линейки мог быть реализован с наименьшими затратами. В таблице 1 приведены габаритные размеры модулей Cinterion различных поколений в продуктовой линейке Industrial. Модули 2G,

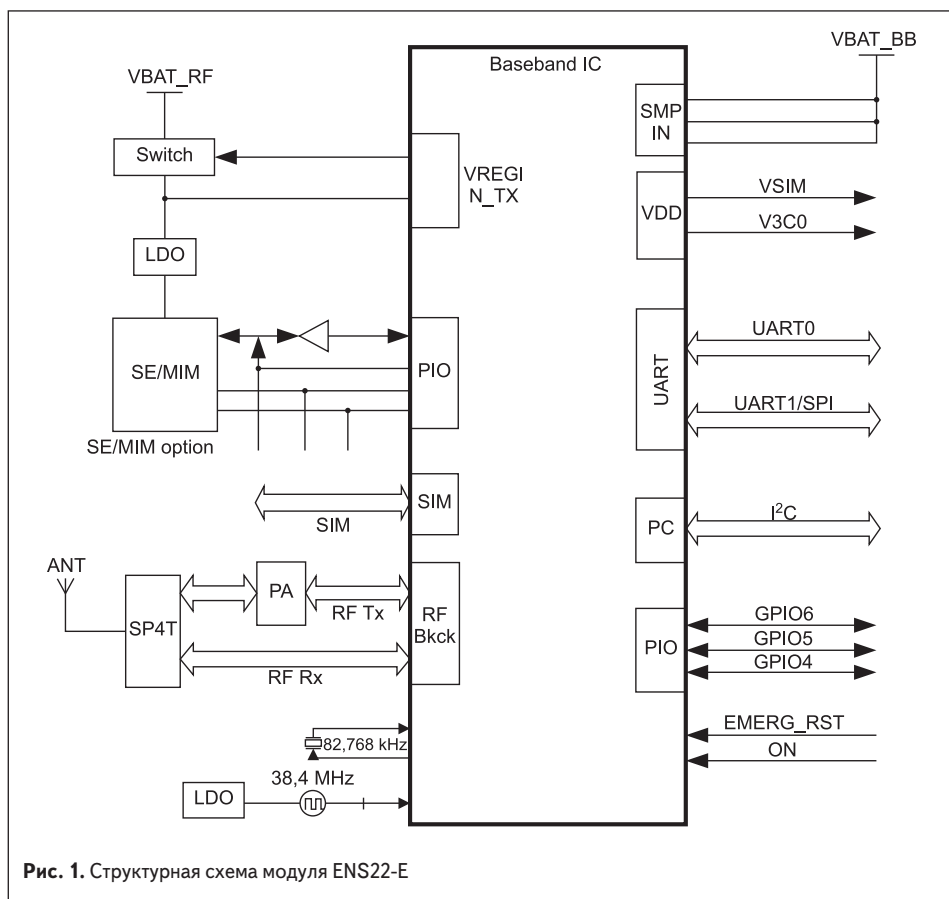


Рис. 1. Структурная схема модуля ENS22-E

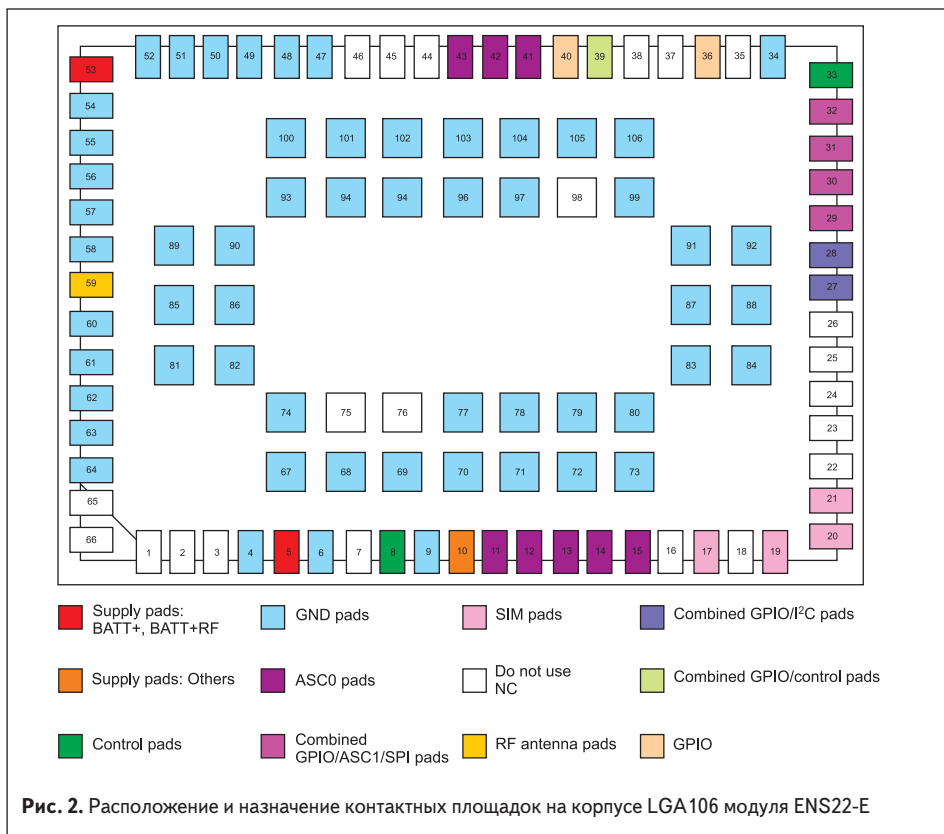


Таблица 1. Габаритные размеры модулей Cinterion различных поколений

Модуль	Длина/ширина, мм	Высота, мм	Количество контактных площадок (LGA)
BGS1	27,6×18,8	2,7	106
BGS2	27,6×18,8	2,7	106
BGS5	27,6×18,8	2,6	114
EHS5	27,6×18,8	2,2	106
EHS6, EHS8	27,6×25,4	2,2	120
ELS61	27,6×25,4	2,2	120
ELS81	27,6×25,4	2,2	120
ELS31	27,6×18,8	2,1	114
EMS31	27,6×18,8	2,17	114
ENS22	27,6×18,8	2,5	106

3G, 4G и NB-IoT совпадают по расположению и назначению ключевых контактных площадок. Поэтому переход от устройств, разработанных на базе модулей 2G, может быть осуществлен простой заменой модели и незначительными изменениями в схеме. Также предусмотрено создание универсального дизайна устройства, в котором возможно применение различных моделей модулей без изменения топологии печатной платы. Конструктив изделий Cinterion допускает взаимозаменяемость следующих модулей: BGS1, BGS2, BGS5, EHS5, EHS6, EHS8, ELS61, ELS81 и ENS22.

В документе [3] приведено подробное описание особенностей в назначении контактных площадок модулей BGSx, EHSx, ELSx, ENS22, что нужно учитывать при взаимной замене данных устройств. В том же документе указаны размеры и расположение контактных площадок универсальной платы, которую можно использовать для всех указанных модулей.

Основные технические характеристики модуля ENS22-E представлены в таблице 2.

Внешний вид ENS22-E на печатной плате отладочного модуля показан на рис. 3.



Таблица 2. Основные технические характеристики модуля Cinterion ENS22-E, NB-IoT

Стандарт	Cat. NB1, FDD
Частоты LTE-FDD	B3/B5/B8/B20/B28
Напряжение питания	Нормальный режим: 3,1–4,2 В. Расширенный режим: 2,8–4,2 В
Управление	AT-команды 3GPP 27.007/005 и Cinterion Enhanced AT
Скорость передачи данных	DL: 27 кбит/с; UL: 63 кбит/с
Протоколы Интернет	UDP, TCP/IP, IPv4 CoAP, Lightweight M2M
Токи потребления	3,2 мА @ PSM; 0,35 мА @ 81,92s eDRX; PTW = 2,56s; 4,8 мА @ 2,56s DRX; 214 мА @ TX, 23 дБм, Band 3
Выходная мощность	Class 3, 23±2,7 дБм
Режимы работы	Power Saving Mode (PSM), Multi-tone/single-tone UI, Guard-band, in-band, stand-alone operation
Вводы/выводы	13 GPIO; 10 GPIO могут быть сконфигурированы под ASC0, ASC1, I ² C, SPI; 3 GPIO – свободные
Интерфейсы	USIM (1.8/3.0V), 2×UART (ASC0 и ASC1), SPI, I ² C, антенный интерфейс, индикация состояния сети, RING-индикатор
Голосовая связь	Нет. Только прием/передача данных
SMS	PDU Mode, Point-to-point MT и MO
Замена и обновление ПО	С помощью UART и FOTA/Incremental FOTA
Температура	Рабочий режим: -30...+85 °C; экстремальный режим: -40...+85 °C
Сертификаты	GCF, CCC, SRRС (только ENS22-C), MNO approval: China Telecom (только ENS22-C), Radio Equipment Directive (RED), CE, RoHS, REACH, EuP
Включение/выключение	Аппаратное и программное с помощью AT-команд
Перезагрузка	Аппаратная перезагрузка с помощью сигнала EMERG_RST
Размеры, мм	27,6×18,8×2,7
Вес, г	2,7
Конструктив	LGA106
Отладочный модуль	Печатная плата с модулем и разъемами Cinterion ENS22 Evaluation module
Комплект разработчика	DSB-Mini/DSB75 – полностью законченное устройство с контрольными выводами контактов и разъемами для подключения питания, антенны, UART, SPI, I ² C и отладочного модуля

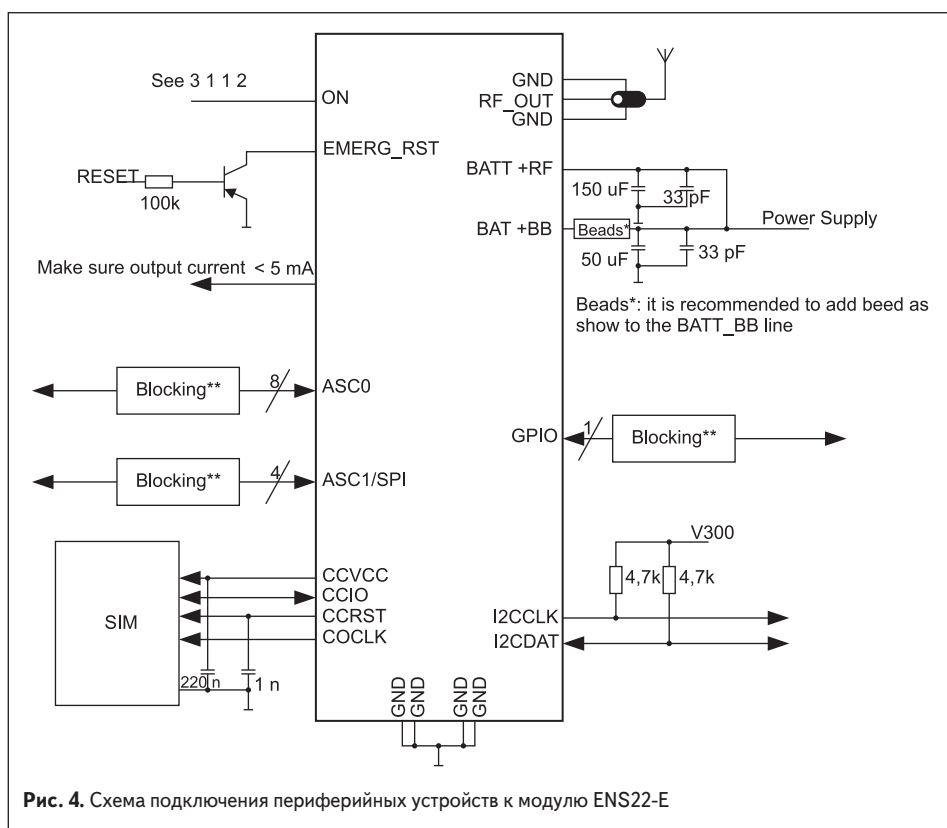


Рис. 4. Схема подключения периферийных устройств к модулю ENS22-E

Для питания ENS22-E используется две линии:

- BATT + BB — электропитание блока baseband;
- BATT + RF — электропитание усилителя мощности.

Эти два напряжения целесообразно брать от одного источника, обеспечивающего необходимый интервал (2,8–4,2 В) при пиковых нагрузках, возникающих при передаче по восходящей линии в диапазоне. Нормальный, рекомендуемый диапазон рабочих напряжений составляет 3,1–4,2 В. В режиме ограничения выходной мощности допускается работа модуля при напряжении 2,8 В. В этом режиме радиус действия модуля, а также уровни напряжения на цифровых выходах будут ограничены.

Функции контроля напряжения выполняет блок управления электропитанием аналогового контроллера, при этом обеспечивая стабилизированное напряжение для элементов схемы IC baseband, а также переключая питание в различных режимах работы модуля и SIM-карты.

Схема подключения питания модуля ENS22-E показана на рис. 4.

На контактную площадку № 10 модуля выведено управляющее внешними устройствами напряжение V300, которое в нормальном режиме работы равно 3,0 В при максимальной токе нагрузки 5 мА. В режиме ограниченной мощности при работе на нижней границе напряжения питания 2,8 В не гарантируется значение выходного напряжения V300. Следует также учитывать, что в режиме обновления программного обеспечения (ПО) напряжение V300 отключается, о чем нужно помнить при проектировании цепи контроля питания модуля.

В документе [4] даны подробные рекомендации по проектированию и выбору готовых источников питания модуля ENS22-E.

Необходимо отметить, что в модуле ENS22-E предусмотрено управление электропитанием с помощью AT-команд [5].

По умолчанию в ENS22-E все линии пользовательских интерфейсов сконфигурированы как GPIO. С помощью AT-команд их можно сконфигурировать для применения в качестве других интерфейсов.

Реализация интерфейсов модуля ENS22-E показана в таблице 3. Десять линий GPIO имеют альтернативную конфигурацию под интерфейсы UART0 (ASC0), UART1 (ACS1), SPI, I²C, а три линии ввода/вывода оставлены для пользовательских приложений.

Основной 8-проводной несимметричный, асинхронный, модемный последовательный интерфейс (Asynchronous Serial Interface — ASC0) выполнен в соответствии со стандартом ITU-T

Таблица 3. Реализация интерфейсов модуля ENS22-E

GPIO	I ² C	ASC0	ASC1	SPI
GPIO1		DTR0		
GPIO2		DCD0		
GPIO3		DSR0		
GPIO4				
GPIO5				
GPIO8				
GPIO9	I2CCCLK			
GPIO10	I2CDAT			
GPIO16			RXD1	SPI_MOSI
GPIO17			TXD1	SPI_MISO
GPIO18			RTS1	SPI_CLK
GPIO19			CTS1	SPI_CS
GPIO24		RING0		

V.24, protocol DCE signalling. Этот интерфейс предназначен для связи модуля с внешними периферийными устройствами. На контактные площадки LGA выведены четыре сигнальные линии интерфейса: линии данных RXD0 и TXD0, статусные линии RTS0 и CTS0, (пл. 11, 12, 13, 15). Логический уровень указанных линий совместим со стандартом 3,3 В. Еще четыре сигнала контрольных модемных линий ASC0 являются альтернативной конфигурацией GPIO 1–3, 24 (табл. 3) и имеют названия DTR0, DSR0, DCD0, RING0. Скорость передачи данных по ASC0 задается с помощью AT-команд в диапазоне 1200–921600 бит/с. Сигнальные линии аппаратного контроля потока (RTS0/CTS0) могут быть задействованы для вывода модуля из спящего режима. Линия RING0 используется для индикации системных сообщений (Unsolicited Result Codes — URC). Кроме того, эта линия может быть предназначена для вывода модуля из режима максимальной экономии энергопотребления. Интерфейс ASC0 конфигурируется с помощью команды AT+ICF. Стандартная конфигурация по умолчанию включает: 8 data bits, no parity, 1 stop bit.

Второй дополнительный последовательный интерфейс ASC1 модуля предназначен для отладочных целей и приложений, в которых нужно использовать одновременный доступ по двум последовательным портам. Например, можно организовать запрос статуса во время передачи данных по основному интерфейсу ASC0. Интерфейс ASC1 с ограниченной функциональностью выполнен в соответствии со стандартом TU-T V.24 protocol DCE signalling. Он имеет две линии данных TXD1, RXD1 и две линии контроля потока RTS1, CTS1. Интерфейс ASC1 управляется теми же AT-командами, что и ASC0, и может работать с аналогичными скоростями, являясь альтернативной конфигурацией GPIO 16–19 (табл. 3). Кстати, те же линии можно сконфигурировать как интерфейс SPI. Настройки GPIO не сохраняются в постоянной памяти модуля. Поэтому интерфейсы должны конфигурироваться приложением каждый раз после включения/выключения (или перезагрузки) модуля в соответствии с заданными параметрами. Естественно, ASC1 и SPI не могут работать одновременно — либо тот, либо другой активизируются попеременно.

Синхронный последовательный интерфейс SPI применяется для обмена данными между модулем и внешними устройствами. Этот интерфейс поддерживает четыре сигнальные линии: SPI_MOSI и SPI_MISO (данные), SPI_CLK (тактовый сигнал), SPI_CS (выбор линии чипа). В модуле ENS22-E интерфейс SPI может выступать в роли мастера при одновременной работе только с одним ведомым в режиме SPI Transfer Mode 0 (CPOL=0 CPHA=0). Режимы Mode 1/2/3 в текущей версии не поддерживаются. Скорость передачи по интерфейсу SPI модуля ENS22-E может принимать дискретные значения 100, 200, 400, 800 кбит/с. Выбор скорости осуществляется с помощью параметра <basicConfiguration> команд AT+SSPI.

В модуле ENS22 реализован последовательный интерфейс I²C (Inter-Integrated Circuit), поддерживающий

передачу сообщений 8 бит со скоростью 100 кбит/с. Работа с I²C регулируется командой управления последовательными интерфейсами AT[^]SSPI. Интерфейс предназначен для связи модуля с устройствами, которые используют для обмена данными две двунаправленные линии связи (SDA и SCL).

Сигнальные линии этого интерфейса I²CCLK — I²C Serial Clock и I²CDAT — I²C Serial Data выведены на контактные площадки GPIO 9 и GPIO 10.

В данном интерфейсе модуль ENS22-E может выступать в качестве ведущего устройства и управлять линией I²CCLK с одним ведомым. Линия I²CDAT по существу является двунаправленной шиной. Каждому устройству, подключенному к шине I²C, присваивается уникальной 7-битовый адрес, позволяющий организовать связь в режиме «мастер-ведомый».

С интерфейсом I²C модуль ENS22-E может работать в режиме ведущего — либо как передатчик, либо как приемник. При этом хост будет передавать или принимать данные только по запросу модуля.

ENS22-E имеет встроенный интерфейс UICC/SIM/USIM, предназначенный для работы с внешней SIM-картой (1,8/3 В) и обеспечивающий удаленное управление модулем по протоколу UICC-terminal interface. На внешней SIM-карте можно хранить SMS-сообщения и отдельные параметры, такие, например, как Radio Policy Manager — RPM. Подробно эти вопросы рассмотрены в документе [5]. Сигнальные линии интерфейса выведены на отдельные контактные площадки LGA под названиями CCCLK, CCVCC, CCIO, CCRST. На рис. 5 показана рекомендуемая схема подключения внешней SIM-карты к модулю ENS22-E.

Для того чтобы избежать возможных перекрестных помех сигналов CCCLK и CCIO, рекомендуется разнести эти линии и по возможности использовать максимально короткие проводники между модулем и SIM-картой. На схеме показаны высоковольтные диоды, защищающие интерфейс SIM-карты от электростатического разряда в соответствии с ETSI EN 301 489.

Помимо этого, при производстве модуля предусмотрена установка чип-SIM-карты внутрь его корпуса. На чип-SIM-карту может быть предустановлен или загружен удаленно профиль конкретного оператора благодаря поддержке модулем протокола VIP.

В соответствии со стандартом Rel. 13 модуль ENS22-E поддерживает базовые режимы передачи данных, обеспечивающие экономные условия энергопотребления:

- NB-IoT Rel. 12/Rel. 13 — DRX;
- NB-IoT Rel. 13 — eDRX;
- NB-IoT Rel. 13 — PSM.

Работа в ждущем режиме с перерывами приема Discontinuous Reception (DRX) заключается в том, что ENS22-E принимает данные от базовой станции (BS) не все время, а периодически. То есть в определенные моменты отключает свой радиоприемник и находится в режиме ожидания, тем самым снижая энергозатраты. Значение цикла DRX базовой станции назначается оператором сети

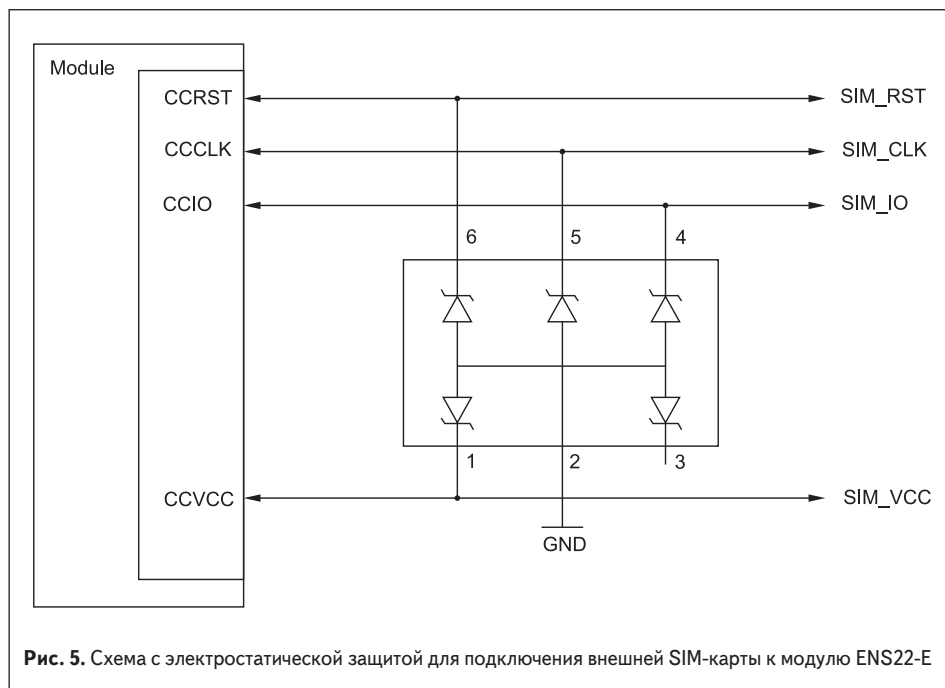


Рис. 5. Схема с электростатической защитой для подключения внешней SIM-карты к модулю ENS22-E

NB-IoT и может принимать одно из четырех значений: 128, 256, 512 и 1024.

Режим Extended Discontinuous Reception (eDRX) — ждущий режим с расширенным интервалом работы без обязательных сигнальных сообщений, позволяющий снизить периодичность сообщений, оптимизировать интервалы приема и получения информации, организовать поддержку длительных периодов молчания, в течение которых устройство остается подключенным к сети, не передавая и не получая информацию. Максимальный период eDRX, определенный в Rel. 13, составляет 10485,76 с (175 мин). В этом режиме модуль поддерживает функцию настройки сети при регистрации или во время выполнения обновления параметров Tracking Area Update — TAU, и Routing Area Update — RAU. Поскольку в режиме eDRX модуль только слушает эфир, то ток в этом случае составляет единицы миллиампер. Процедура TAU реализуется, когда модуль, зарегистрированный в сети NB-IoT, выполняет одно из следующих действий:

- регистрация в новой зоне отслеживания (TA — Tracking Area);
- завершение таймера обновления TA;
- перезагрузка при балансировке TAU;
- ручной выбор ячейки;
- аварийное отключение.

Режим eDRX конфигурируется с помощью общей команды AT+CEDRXS. Отдельные динамические параметры выбирают командой AT+CEDRXRDP.

Если сеть настроена для работы eDRX, модуль будет контролировать появление пейджинговых сообщений (Paging messages — PM) только в определенные интервалы времени PTW, значения которых определяются параметром <Paging_time_window> команды AT+CEDRXS [5]. Схема работы ENS22-E в режиме eDRX показана на рис. 6.

Режим Power Saving Mode (PSM), согласно 3GPP Rel. 13, в устройствах категории NB1 может быть реализован с помощью таймеров T3324 и T3412. Время действия PSM определяется как разница между обоими таймерами. Эти значения периодически передаются по сети. Иными словами, режим PSM характеризуется тем, что устройство NB1 само инициирует по расписанию сеанс связи.

В тот период, пока устройство находится в режиме PSM, оператор может использовать буферизацию входящих пакетов или SMS для дальнейшей их пересылки на устройство после его пробуждения. Следует обратить внимание, что режим PSM может быть реализован как в комплексе с eDRX, так и отдельно от него.

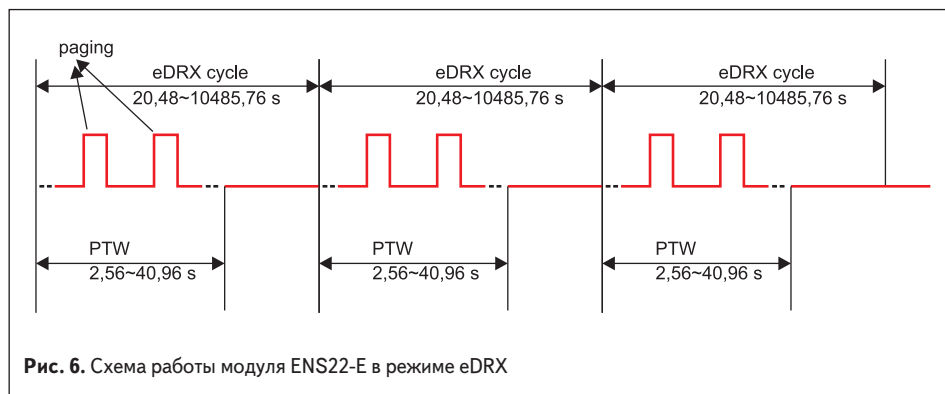


Рис. 6. Схема работы модуля ENS22-E в режиме eDRX

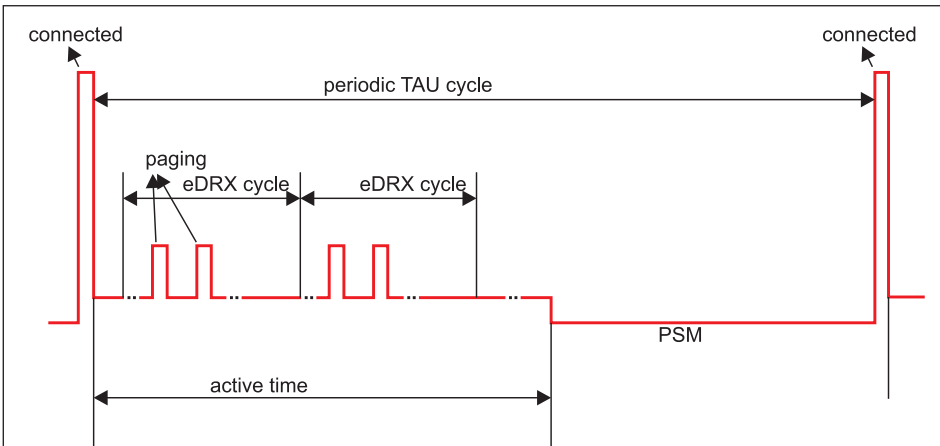


Рис. 7. Схема совместного использования режимов eDRX и PSM в модуле ESN22-E

На рис. 7 показана схема совместного использования режимов eDRX и PSM в модуле ESN22-E.

Для работы с режимами eDRX и PSM можно также использовать таймеры TAU и Periodic TAU, формализованные в Rel. 13. Процедура отслеживания и добавления зоны контроля TAU позволяет вернуть модуль в нормальный режим работы. В течение выполнения

процедуры TAU модуль отправляет запрос на вход в режим PSM — ATTACH REQUEST. После того как сеть приняла запрос, включается таймер активного режима (T3324). Когда время таймера T3324 истекает, модуль переходит в спящий режим на период T3412 (периодический таймер TAU). По окончании действия таймера модуль выйдет из спящего режима.

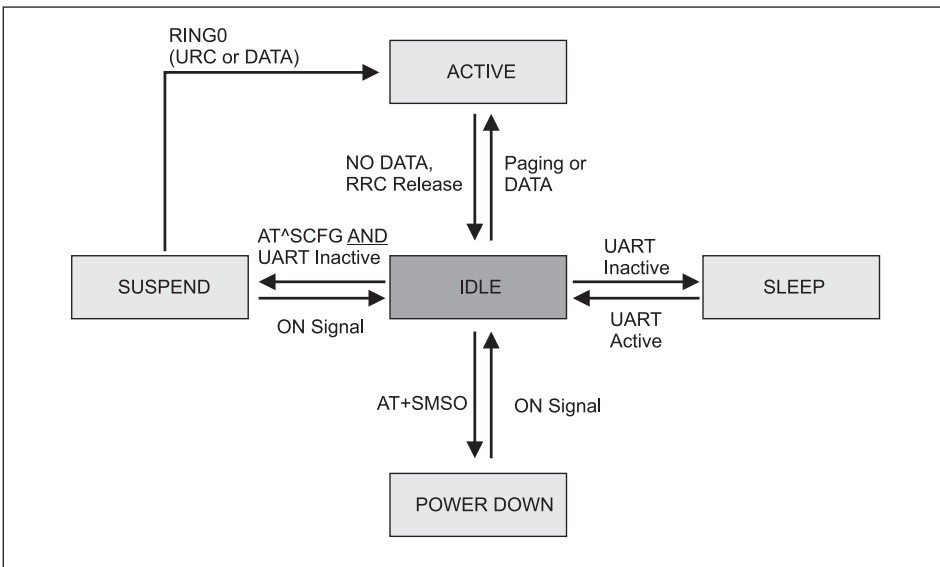


Рис. 8. Схема перехода модуля ESN22-E в различные состояния энергопотребления

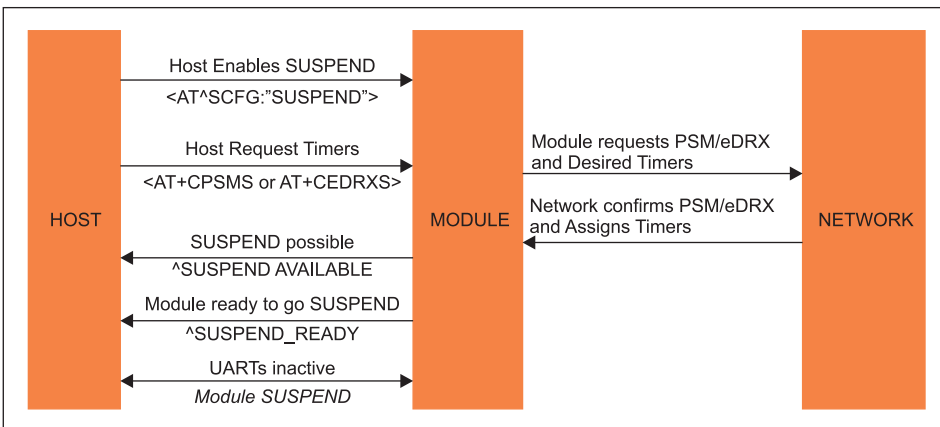


Рис. 9. Схема перехода модуля ESN22-E в состояние SUSPEND

Таблица 4. Периодический таймер TAU модуля ESN22-E

Таймер TAU (бит 8~6)	Таймер TAU (время)
000	10 мин
001	1 ч
010	10 ч
011	2 с
100	30 с
101	1 мин
110	320 ч
111	Таймер деактивирован

Значения, которые принимает таймер TAU модуля ESN22-E, приведены в таблице 4.

Модуль ESN22-E может находиться в нескольких состояниях: Normal operation, IDLE, SLEEP, SUSPEND и POWER DOWN. На рис. 8 показана схема, поясняющая переход модуля ESN22-E в различные состояния энергопотребления.

Режим Normal operation — режим полной функциональности, в котором активны все блоки модуля и поддерживаются все заявленные технические характеристики. В этом режиме могут быть два состояния модуля ESN22-E: ACTIVE TX и IDLE.

В состоянии ACTIVE TX устройство передает и принимает данные в полном объеме. Энергопотребление зависит от параметров сети, скорости передачи данных и текущего состояния RF-модуля.

В режиме IDLE нет передачи и приема данных, и модуль находится в одном из режимов: DRX, eDRX, PSM (или PSM+eDRX). Активен только последовательный интерфейс ASC0. Интерфейс ASC1 работает в ждущем режиме.

При функционировании в режиме SLEEP модуль находится в пассивном состоянии, причем сохраняя те настройки и параметры, которые были прежде, чем он перешел в режим SLEEP, включая предыдущие параметры GPIO.

В модуле ESN22-E сигналы RTS0 и STS0 (hardware flow control), выведенные отдельными линиями на контактные площадки 15 и 12, могут быть использованы для работы с режимом SLEEP mode. При переключении линии RTS0 из неактивного высокого уровня в активный низкий уровень внешние приложения практически мгновенно перейдут из экономичного режима в нормальный режим функционирования. При этом восстанавливается работа линии CTS0 и полноценное действие интерфейса AT-команд. Таким образом, режим SLEEP активируется после того, как хост-приложение перешлет по линии RTS0 сообщение о том, что оно не намерено отправлять модулю никакие данные в течение следующих пяти секунд. По умолчанию модуль переходит в режим SLEEP, если UART не активен в течение пяти секунд. Для того чтобы вывести модуль из этого режима, также используется линия RTS0. Переключение уровня сигнала на RTS0 с высокого на низкий определяется программным обеспечением модуля, как триггерное событие, запускающее механизм выхода из состояния SLEEP. Практически сразу активируется линия CTS0, ответственная за интерфейс AT-команд.

Если после этого события UART не начнет транслировать информацию в течение пяти секунд, то модуль снова вернется в состояние SLEEP и линия CTS0 будет деактивирована. Поэтому в настройках последовательного порта рекомендуется включать контроль потока RTS/CTS.

Режим SUSPEND — состояние наименьшего энергопотребления, которое может быть реализовано в модуле ENS22-E, зарегистрированном в сети NB-IoT. Поддержка режима SUSPEND дает возможность эксплуатировать устройство несколько лет от одной небольшой батареи (250 мА·ч). Преимущество данного состояния заключается в том, что минимальное энергопотребление достигается, если модуль остается в сети и его не надо повторно регистрировать и восстанавливать соединение после выхода из этого состояния.

В состоянии SUSPEND внутри модуля активны только внутренний таймер и схема пробуждения.

В этом состоянии модуль не сохраняет параметры, которые были до входа в режим SUSPEND, включая настройки GPIO. Схема перехода в состояние SUSPEND показана на рис. 9.

В режим SUSPEND модуль может перейти только при активации eDRX или PSM, которая может быть реализована в случае, если конфигурация сети позволяет предварительно осуществить эти режимы. Сложная параметрическая команда AT^SCFG="MeOpMode/PowerMgmt/Suspend", <Suspend> используется для выбора режима энергосбережения модуля ENS22-E.

Предварительные результаты измерений средних значений токов потребления в различных режимах работы модуля ENS22-E приведены в таблице 5.

После того как с помощью AT-команд начнется процесс перевода модуля в режим SUSPEND и сеть предоставит информацию о параметрах, необходимых для активации eDRX и PSM, появится предварительное URC, сообщение о готовности перехода модуля в новый режим энергосбережения: «^SUSPEND AVAILABLE». Если в процессе описанных операций не были зафиксированы какие-либо ошибки, то генерируется следующее URC-сообщение: «^SUSPEND READY». Если к этому моменту RTS0 будет постоянно находиться в высоком уровне в течение пяти секунд, модуль перейдет в состояние SUSPEND. При этом отключаются интерфейсы SPI и I²C и цепь индикации состояния питания (Power Indication Circuit) формирует соответствующий информационный сигнал о переводе модуля в режим максимальной экономии энергопотребления. Хост может вывести модуль из состояния SUSPEND с помощью сигнала RING0.

Для работы с режимом SUSPEND используются следующие AT-команды:

- <AT^SCFG:>"SUSPEND"> — запрос разрешения хоста на режим SUSPEND;
- <AT+CPSMS or AT+CEDRXS> — запрос хоста о параметрах и режимах таймеров;
- <AT^SUSPEND AVAILABLE> — доступность режима SUSPEND;

Таблица 5. Предварительные результаты измерений средних значений токов потребления в различных режимах работы модуля ENS22-E

Режим/Условия		Ток, mA (Vbat = 3,6В)
Режим Power Down		0,0032
Режим Power Saving (SUSPEND)		0,0032
20,48s eDRX	Cycle = 20,48s, PTW = 2,56s	0,7
81,92s eDRX	Cycle = 81,92s, PTW = 2,56s	0,35
2,56s DRX		4,8
No active Tx		55
Active Tx @ 0dBm Mid Frequency	Band 3	41
	Band 5	39
	Band 8	40
	Band 20	39
	Band 28	41
Active Tx @ 23dBm Mid Frequency	Band 3	214
	Band 5	196
	Band 8	201
	Band 20	199
	Band 28	286

- <AT^SUSPEND_READY> — готовность модуля к переходу в режим SUSPEND.

Для выхода модуля из режима SUSPEND применяется сигнал ON и AT-команды: AT^SYSRESUME; AT^SISO; AT^SISW, AT^CMT.

Подробное рассмотрение отмеченных выше команд, предназначенных для работы с SUSPEND, приведено в инструкции пользователя на AT-команды [5].

В режиме Power Down или SUSPEND все цифровые контакты модуля ENS22-E обесточены. В новых разработках рекомендуется использовать схему индикации мощности, которая позволяет контролировать состояние модуля в режимах Power Down или в режиме SUSPEND. В этих режимах все сигналы с высоким уровнем, поступающие на внешние цифровые интерфейсы модуля, должны переводиться в низкий уровень или в состояние высокого импеданса. Такой подход позволит предотвратить утечку тока через эти выводы и, как следствие, избежать повышенного энергопотребления.

Предельно допустимые значения напряжения питания приведены в таблице 6.

Модуль имеет защиту от перегрузок по напряжению и тепловую защиту.

Когда среднее напряжение питания, постоянно контролируемое непосредственно в модуле, приблизится к пороговому значению, модуль отправит следующее URC: «^SBC: Undervoltage warning». Предупреждение о минимальном напряжении отправляется только один раз. Если напряжение продолжает падать ниже заданного порога отключения минимального напряжения, будет отправлено URC «^SBC:

Undervoltage shutdown» и модуль автоматически отключится.

Установки минимального и максимального уровней напряжения питания, при которых модуль отключается, могут быть изменены с помощью команды AT^SCFG = «MEShutdown / sVsup / threshold».

Это может потребоваться в случае, если внешние компоненты имеют более узкий диапазон напряжения питания по сравнению с модулем.

Аналогичным образом работает защита от перегрузок по напряжению, проседанию напряжения и импульсным наводкам.

Также в модулях ENS22-E имеется тепловая защита. В том случае, когда температура модуля приблизится к допустимым пределам (-40...+90 °C), модуль выдаст сообщение о приближении к порогу отключения. Эта информация может быть использована для управления внешней системой терморегуляции. Если заданные тепловые параметры будут нарушены, модуль отключится автоматически.

Для ENS22-E предусмотрено обновление программного обеспечения с помощью команд AT+NFWUPD и ACS0 или ASC1. Процесс модификации программного обеспечения через последовательные порты подробно описан в документе [6].

Кроме того, возможно удаленное обновление программного обеспечения FOTA (Firmware Over-The-Air). Новое ПО может загружаться в модуль по беспроводному каналу связи, что исключает необходимость физического доступа к каждому устройству.

Таблица 6. Предельно допустимые значения напряжения питания модуля ENS22-E

Параметр	Описание	Мин.	Макс.	Единицы
БАТТ + напряжение питания	Непосредственное измерение контроллером модуля	3,1 (2,8)	4,2	В
Максимально допустимое проседание напряжения в пиковом режиме потребления	Нормальный режим работы		400	мВ
Импульсные наводки	Нормальный режим работы @ f ≤ 250 кГц; @ f > 250 кГц		90; 120	мВ (в размахе)

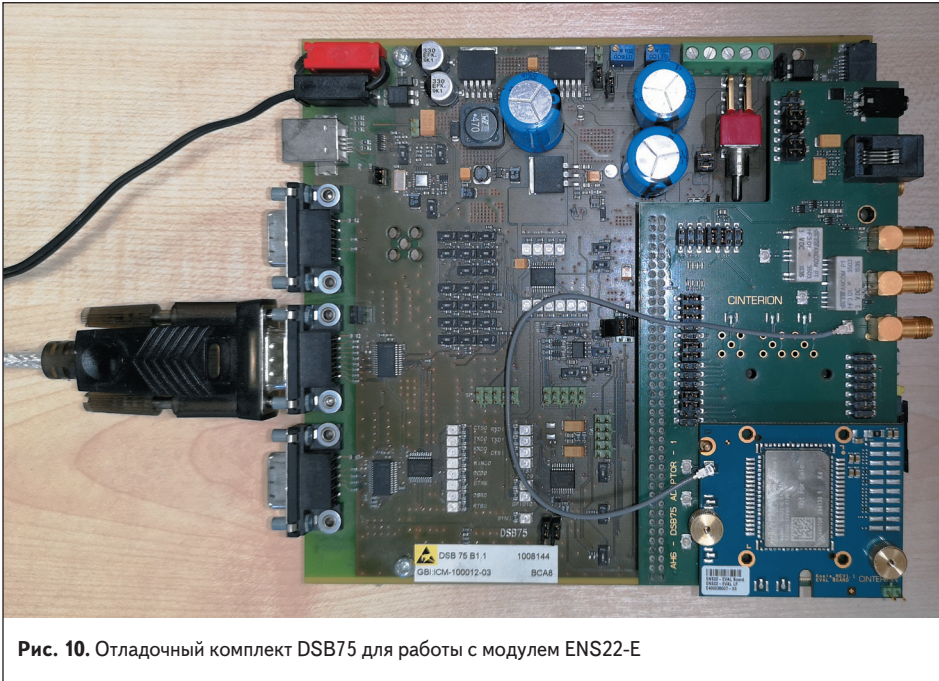


Рис. 10. Отладочный комплект DSB75 для работы с модулем ENS22-E

Модуль имеет поддержку Incremental FOTA — в этом случае передается не прошивка целиком, а только отличия между текущей и загружаемой прошивкой.

Такой подход значительно уменьшает количество передаваемых данных и ускоряет обновление прошивки. Протокол, необходимый для обновления, можно интегрировать

в пользовательское программное обеспечение. При этом внешний микропроцессор полностью контролирует процесс загрузки ПО, включая такие параметры, как скорость загрузки, место для хранения прошивки и кодирование пакетов. Данный процесс описан в документе [7].

Для тестирования и разработки изделий на базе ENS22-E можно использовать отладоч-

ную печатную плату с разъемом, на которой напаян модуль ENS22 evaluation module. Кроме того, для подбных целей Cinterion выпускает комплекты разработчика DSB-Mini и DSB75, представляющие собой полностью законченный прибор с контрольными выводами контактных площадок и разъемами для подключения питания, антенны, UART, SPI, I²C и отладочного модуля (рис. 10).

Использование DSB-Mini либо DSB75 позволяет сократить время и затраты на разработку, оптимизировать схему конечного устройства и уменьшить его стоимость.

Описание работы с комплектами приведено в [8, 9]. ■

Литература

1. www.globalcertificationforum.org/pub_product/7524.html
2. Cinterion ENS22-E Hardware Interface Description, v 00.9402, 2018-09-30.
3. Differences between BGSx, EHSx, ELSx and EMS22, v. 07. September, 10, 2018.
4. Power Supply for Wireless Applications, Version 09. 2018-09-13.
5. Cinterion ENS22-E AT Command Set, Version: 00.940. September 30, 2018.
6. Upgrading Cinterion ENS22 Firmware, Application Note, v. 01. 2018-09-21.
7. Over-the-Air Firmware Update Application Note 17, v. 01. 2018-09-21.
8. Getting Started with Cinterion ENS22, User Guide, v. 01, 2018-08-17.
9. SMT Module Integration, 2018-09-26.