

# Новые функциональные возможности Release 3 GSM-модулей Cinterion.

## Часть 1. 2G BGS2 Rel.3, BGS8 Rel.3

В статье рассмотрены 2G/3G-модули Cinterion в разрезе выхода нового программного обеспечения, привнесшего дополнительный функционал в программную и аппаратную части.

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н

Денис Можайков  
Denis.Mozhaikov@euroml.ru

### Портфолио M2M-модулей Cinterion

Линейка M2M-модулей Cinterion включает в себя более 30 продуктов и идеологически делится на три группы:

- Модули серии Automotive. Разработаны в соответствии с высокими требованиям автомобильной индустрии и производятся по стандарту TS16949. В данную линейку входят высоконадежные 2G/3G/4G-модули, имеющие набор специальных «automotive» функций.
- Модули серии Industrial Plus. Спроектированы для приложений, требующих наиболее современных сотовых M2M-технологий и высокой надежности. Серия включает в себя модули стандартов EV-DO, HSDPA, Multi Mode, LTE, являющихся масштабируемой 3G/4G-платформой.
- Модули серии Industrial. Предлагают масштабируемость, совместимость, а также легкий путь к будущей модернизации и дополнительной функциональности. Преимущество данной серии включает в себя максимальную гибкость, высокую функциональность, простоту интеграции, а также прямую и обратную совместимость, которая обеспечивает надежное, функциональное, экономически эффективное решение, сохраняющее инвестицию в технологии.

В статье мы остановимся подробно на серии Industrial, поскольку именно эти модули затронуло обновление Release 3, а именно:

- Форм-фактор 27,6×18,8 мм (LGA 106 PAD): BGS2 Rel.3 — BGS5 Rel.3 — EHS5 Rel.3.
- Форм-фактор 27,6×25,4 мм (LGA 120 PAD): BGS8 Rel.3 — EHS6 Rel.3 — EHS6-A Rel.3.

### Обновление M2M-модулей Cinterion BGS2 и BGS8 версии Rel.3

Несмотря на то, что системы беспроводной связи 3G/4G/5G интенсивно развиваются, остается достаточно много областей, в которых не требуются большие скорости передачи данных и достаточно поддержки только сетей 2G. Для российских разработчиков представляют интерес GPRS-модули BGS2 и BGS8, а также модуль BGS5, имеющий встроенную Java-платформу.

### Cinterion BGS2-W Rel.3

Cinterion BGS2-W Rel.3 — это новый релиз миниатюрного, бюджетного GSM/GPRS-модуля, проверенного, надежного и уже зарекомендовавшего себя на рынке M2M в России и в мире. (В дальнейшем в тексте под названием BGS2 и BGS8 везде подразумеваются модули третьего релиза.) Модуль предназначен для использования в таких M2M-приложениях, как бортовые устройства спутникового мониторинга транспортных средств, переносные кассовые аппараты, медицинские приборы, беспроводные промышленные системы телеметрии, охранные системы, а также в других аналогичных M2M-устройствах. Модуль оптимально подходит для применений, где требуется малое энергопотребление прибора, высокое качество звука, надежная работа в GPRS и миниатюрность.

Архитектура BGS2 является базовой для всех последующих моделей серии Industrial. Поэтому имеет смысл остановиться на этом базовом модуле несколько подробнее, а все дальнейшие

Международный концерн Gemalto является мировым лидером в цифровых телеметрических системах аутентификации и безопасности. Головной офис находится в г. Амстердам (Нидерланды). Филиалы фирмы, на которых работают более 12 000 сотрудников, расположены в Европе, Азии, Китае, Северной и Южной Америке. M2M-подразделение компании является ведущим производителем GSM-модулей и терминалов Cinterion. Научно-исследовательские и проектные центры M2M-подразделения, с дизайн-центром в Берлине, оснащены самым современным оборудованием, позволяющим вести разработки с учетом последних достижений науки и техники. Продукция фирмы постоянно совершенствуется.



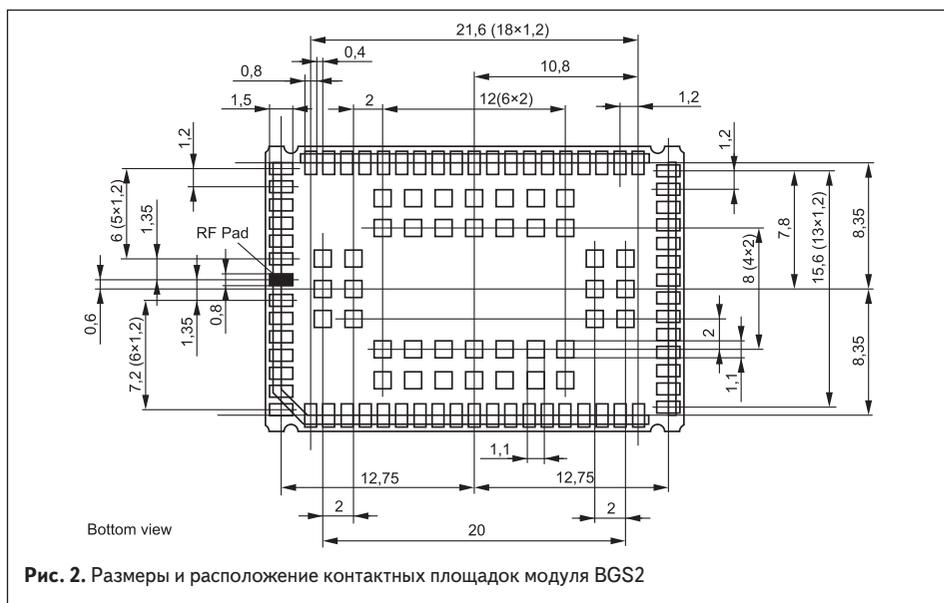


Рис. 2. Размеры и расположение контактных площадок модуля BGS2

Модуль выполнен в конструктиве LGA-106 PAD (Land Grid Array) со 106 контактными площадками под пайку для поверхностного монтажа. Размеры и расположение контактных площадок модуля BGS2 показаны на рис. 2.

Следует подчеркнуть, что точно в таком же конструктиве выполнен высокоскоростной модуль 3G Cinterion EHS5. Однако модули BGS8 и EHS6 имеют другой конструктив. Оба типа модулей BGS2 и EHS5 имеют одинаковую конфигурацию контактных площадок:

- 66 сигнальных площадок с размерами 1,5×0,8 мм, расположенных по периметру модуля;
- 40 резервных выводов с размерами 1,1×1,1 мм, расположенных в центральной части модуля.

Такая конфигурация выводов модулей позволяет оптимальным образом сконструировать печатную плату с точки зрения взаимозаменяемости и модернизации оборудования.

Взаимозаменяемость модулей обеспечивает в том числе и тем, что в архитектуре серии

Таблица 1. Технические характеристики модуля BGS2

Параметр	Значение
Диапазоны частот, МГц	BGS2-E: GSM 900/1800, BGS2-W – GSM 850/900/1800/1900 МГц
Выходная мощность (согласно Release 99, V5)	Класс4 (+33 дБм±2 дБ) для EGSM900, Класс1 (+30 дБм±2 дБ) для GSM1800
Напряжение питания	Напряжение питания в диапазоне 3,3–4,5 В распределено по двум линиям: питание усилителя мощности GSM радиочастотного блока и линия питания блоков общего назначения
Выводы под внешнее питание	Выводы 1,8 В, 10 мА и 2,85 В, 10 мА для прикладных целей
Контроль напряжения питания с помощью AT-команд	Команда AT^SBV выводит напряжение питания в контрольных точках
Энергосбережение	Три режима SLEEP mode: +CFUN=0 или 7 или 9
Память	Flash/PSRAM, 2 Мбайт
Температура эксплуатации, °C	Нормальный режим: -30...+85 Ограниченный режим: -40...+90 в соответствии с DIN IEC 60068-2-1 и ETS 300-019-2-7
Габаритные размеры, мм	27,6×18,8×2,7
Вес, г	3
Передача данных	GPRS: Multislot Class 10/Full PBCCH/Mobile Station Class B/Coding Scheme 1–4
SMS	Текст и PDU, передача SMS в режиме CSD или GPRS
Факсимильная связь	Группа 3, класс 1
Голосовая связь	Режим громкой связи, эхо-компенсация, подавление шума; 7 мелодий вызова Воспроизведение и запись голосовых сообщений в формате AMR
Управление	Стандартные AT-команды (Hayes 3GPP TS 27.007, TS 27.005). Специальные AT-команды (Cinterion cRIL)
Совместимость с Microsoft	RIL для КПК и смартфонов
Стек TCP/IP	Протоколы: TCP (сервер/клиент), UDP, HTTP, FTP, SMTP, POP3. Управление с помощью AT-команд
Основной последовательный интерфейс	ASCO: восьмипроводной несимметричный, асинхронный, модемный последовательный интерфейс в соответствии со стандартом ITU-T V.24 (protocol DCE signalling). Сигналы: TXD0, RXD0, RTS0, CTS0, DTR0, DSR0, DCDD, RING0. Переключаемое напряжение линий 1,8 или 2,85 В. Программируемая скорость передачи данных от 300 до 230400 бит/с. Режим мультиплексирования согласно протоколу мультиплексирования GSM 07.10
Дополнительный последовательный интерфейс	ASC1: четырехпроводной, несимметричный асинхронный, модемный последовательный интерфейс (ITU-T V.24) Сигналы TXD, RXD1, RTS1, CTS1
Конструктив	LGA (Land Grid Array), 106 контактных площадок
Аналоговый аудиоинтерфейс	Аналоговый микрофонный вход (с питанием микрофона). Дифференциальный вывод динамика EPP/EPN
Цифровой аудиоинтерфейс	Аудиоинтерфейс с импульсно-кодовой модуляцией (PCM): 256 кГц, режим «мастер» 16 бит, скорость обработки 8 кГц, задержка 125 мкс Последовательная шина аудиоинтерфейса Inter-IC Sound (Phillips I2S Bus Specifications, revised June 5, 1996)
Аудиокодеки	Полускоростной HR (Half Rate, ETS 06.20). Полноскоростной FR (Full Rate, ETS 06.10). Усовершенствованный полноскоростной EFR (Enhanced Full Rate, ETS 06.50/06.60/06.80). Адаптивный многоскоростной (Adaptive Multi Rate; AMR)
Интерфейс UICC	Поддерживаемые SIM/USIM-карты: 3 и 1,8 В в соответствии со стандартом ISO/IEC 7816 IC
Управление SIM/USIM-картой	SIM Application Toolkit (SAT Release 99)
Пользовательские входы/выводы GPIO	6 линий GPIO
Интерфейс I <sup>2</sup> C	I <sup>2</sup> C последовательный, двухпроводной, 8 бит, 400 кбит/с
Интерфейс PWM	PWM1 реализован через GPIO7 PWM2 реализован через GPIO6
АЦП	Диапазон входных напряжений 0–1,173 В. Разрешающая способность 1024. Погрешности линейности характеристики 0,3%
Индикация внешней заглушающей помехи	Функция Jamming Detection активируется с помощью AT-команд на GPIO6
Светодиодная индикация режимов работы	Подключается через GPIO5
Индикация входящего вызова	Прерывание по заднему фронту на сигнальной линии RING0 интерфейса ASC0
Антенна	Три контактные площадки GND1, ANT_GSM, GND2. Импеданс 50 Ом
Включение/выключение питания	Включение с помощью аппаратного сигнала ON. Выключение с помощью AT-команд. Автоматическое выключение при критической температуре или напряжении
Общее отключение	Полное отключение исполнительных модулей и прекращение GSM/GPRS-сессии (shutdown) и сброс по AT-команде
Быстрое отключение с сохранением GSM соединения	Быстрое отключение модуля (Fast Shutdown) с помощью подачи на вход FAST_SHTDWN импульса длительностью больше 10 мс
Стандартная и аварийная перезагрузка	Аппаратная перезагрузка по входу
Часы реального времени	Реализация функций таймирования с помощью AT-команд
Телефонная книга	SIM и телефон
Передача текстовых сообщений	Встроенный сетевой телефонный модуль (CTM) с поддержкой DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency) и TTY (Text Telephone Type-writer)
Шифрование	Программируемые с помощью AT-команд протоколы SSL (Secure Sockets Layer) и TLS (Transport Layer Security)
Поиск базовых станций	Обнаружение с помощью AT-команд 7 ближайших базовых станций
Привязка модуля к базовым станциям	Работа только с заданными приоритетными базовыми станциями в режиме Adaptive Cell Lock

предусмотрено сразу много дополнительных, зарезервированных выводов, которые подключаются в новых моделях по мере необходимости.

Полное описание и назначения контактных площадок приведено в [1]. Модули BGS2 предназначены для работы в расширенном диапазоне температур  $-40...+90$  °C. Технические характеристики модуля BGS2 приведены в таблице 1.

Для связи со внешними устройствами в модуле BGS2 используются два последовательных интерфейса.

Основной проводной несимметричный, асинхронный, модемный последовательный интерфейс (Asynchronous Serial Interface ASC0) выполнен в соответствии со стандартом ITU-T V.24, protocol DCE signalling, и предназначен для связи микроконтроллера со внешними периферийными устройствами. На контактные площадки LGA выведено восемь сигналов этого интерфейса: TXD0, RXD0, RTS0, CTS0, DTR0, DSR0, DCD0, RING0. Уровни сигналов ASC0 можно задать аппаратно.

Если контакт 10 (VDIG) соединить с контактом 35 (V180), то уровни сигналов будут 1,8 В. Для работы с уровнями 2,85 В контакт 10 (VDIG) нужно соединить с контактом 22 (V285). Для подключения к устройствам с внешним интерфейсом RS232 нужно использовать схему согласования уровней [9].

Второй последовательный интерфейс ASC1 модуля BGS2 предназначен для приложений, в которых нужно использовать одновременный параллельный доступ по последовательным портам. Например, можно организовать запрос статуса во время передачи данных по основному интерфейсу ASC0. Этот интерфейс имеет только четыре сигнальные линии TXD, RXD1, RTS1, CTS1 и ограниченную функциональность [1]. Он также соответствует стандарту ITU-T V.24. Интерфейс ASC1 конфигурируется с помощью специальной команды  $AT^{\wedge}SCFG$ . В заводских настройках для интерфейса ASC1 задан уровень сигналов 1,8 В.

Интерфейс пользовательских вводов/выводов содержит шесть линий, через которые могут быть реализованы программно следующие интерфейсы: I<sup>2</sup>C DAT (GPIO10), I<sup>2</sup>C CLK (GPIO9), Status LED (GPIO5), PWM1 (GPIO7), PWM2 (GPIO6), Jamming indicator (GPIO6).

Для настройки GPIO используются следующие AT-команды:

$AT^{\wedge}SPIO$ ,  $AT^{\wedge}SCPIN$ ,  $AT^{\wedge}SGIO$ ,  $AT^{\wedge}SSIO$ .

Кроме аналогового аудиоинтерфейса, модуль BGS2 оснащен современным аудио цифровым интерфейсом с поддержкой импульсно-кодовой модуляции (Pulse Code Modulation Interface, PCM).

Цифровой PCM-интерфейс поддерживает режим «мастер» с частотой дискретизации 256 кГц и обеспечивает перечисленные ниже параметры:

- 16 бит — линейность;
- 8 кГц — частота семплирования;
- самый старший бит передается первым (MSB-First);
- 125 мкс — продолжительность формирования кадра;

- общая синхронизация для приема и передачи.

Цифровой аудиоинтерфейс модуля BGS2 позволяет использовать его для связи с другими устройствами с поддержкой PCM в таких приложениях как, например, голосовая связь через Интернет (Voice over Networks, VoIP), цифровые беспроводные аудиосистемы, охранная сигнализация, беспроводные системы аварийного оповещения и т. д. Интерфейс DAI программируется с помощью AT-команды  $AT^{\wedge}SAIC$ .

Кроме того, в модуле BGS2 поддерживается последовательная шина аудиоинтерфейса Inter-IC Sound (Phillips I<sup>2</sup>S Bus Specifications, revised June 5, 1996).

Помимо этого, хочется напомнить об интересных программно-аппаратных функциях BGS2, доступных для пользователя еще с предыдущего релиза:

- Informal Network Scan — сканирование GSM-сети, получение информации от всех базовых станций в пределах «видимости» модуля (работает как с SIM-картой, так и без нее).
- 2 Мбайт Flash-памяти на «борту», доступно для пользователя через ASC0, ASC1.
- PING Command — запрос времени отклика от сервера.
- Adaptive Cell Lock — функция привязки модуля к базовой станции или группе станций.
- Audio Prompt — воспроизведение, сохранение, удаление аудиофайлов в формате AMR из внутренней памяти модуля (возможно применять для организации голосового меню).

Подробно интерфейсы модуля BGS2 рассмотрены в технической документации [1]. Работа с командами управления модулем подробно описана в документе [12]. Кроме того, есть достаточно много публикаций о модуле BGS2 на русском языке [3–8]. Поэтому в данной статье нет необходимости рассматривать детально все технические параметры этого модуля. Тем не менее представляется целесообразным выделить те отличия от предыдущей версии, которые отмечены в технической документации BGS2 HIDv03.001 [1].

### Функция Split Power Supply

В аппаратной части новых функций модуля BGS2 следует отметить раздельное питание усилителя мощности радиочастотного блока и блоков общего назначения. В предыдущих моделях модулей Cinterion M2M LGA применялась схема централизованного питания, в которой на все блоки подавалось одно питание BATT+.

В новых модулях Rel.3 используются два разных понятия для напряжения питания: одно для цифровой части «BATT+BB» и второе для напряжения питания GSM-усилителя мощности «BATT+RF». Эти напряжения питания подаются на две контактные площадки: площадку номер 5 — «BATT+BB», подводящую электропитание к блокам общего назначения (Transceiver, Switching, RF/BB-Linear regulator, GSM processor, GPIO), и на контактную площадку номер 53 — «BATT+RF», соответствующую схеме питания GSM-усилителя мощности (RF power amplifier/Frontend module) (рис. 1).

При переходе на Rel.3 с модулей предыдущего релиза, в которых используется схема с одним DC/DC-конвертером, по-прежнему можно подавать одно напряжение BATT+ на BATT+BB и BATT+RF. Так же, как и в предыдущих моделях, одно напряжение питания подается на два контакта с номерами 5 и 53.

В режиме Split Power Supply использует два питающих напряжения:

- модуль PA=Vbatt (усилитель мощности) может работать от 2,8 В;
- модуль BB (цифровая часть) работает при  $V_{\min} > 3,3$  В.

Среди преимуществ раздельного питания следует выделить:

- напряжение питания от 2,8 В;
- возможность применения недорогих и компактных DC/DC-конвертеров ( $V_{\text{batt}} < 3,3$  В/0,2 А);
- поддержка различных типов батарей (например, LFP-батарей: 3,2 В номинальное напряжение, 10 лет жизненный цикл);
- возможность совершения звонка при напряжении батареи  $< 3,3$  В, использование ее полного ресурса.

В третьей версии также пересмотрено стартовое состояние (startup behavior) сигнальной линии RING0. Сигнал RING0 используется для индикации входящих вызовов, а также других незапрашиваемых кодов URC (Unsolicited Result Code). В момент начального запуска уровень сигнала RING0 переходит из низкого состояния в высокое. Далее в процессах инициализации программного обеспечения и командного интерфейса сигнал RING0 остается в высоком состоянии. Когда поступает голосовой вызов, в цепи RING0 на 1 с устанавливается низкий уровень, а затем линия переходит в высокое состояние на 4 с. Каждые 5 с генерируется и передается по цепи RXD0 строка Ring. При получении сигнала вызова для устройства громкой связи с активированным режимом «вызов на ожидании» в цепи устанавливается низкий уровень RING0. Остальные коды URC переводят линию RING0 в низкое состояние на 1 с. Подробно этот процесс описан в [1].

В новой редакции релиза скорректировано состояние пользовательского ввода/вывода GPIO8 в момент инициализации программного обеспечения (Firmware initialization): T/PD\_B (Pull down — 51 мкА, 1,75 В). В предыдущем варианте это состояние было T/PU\_B (Pull up — 55 мкА, 0,05 В). В технической документации третьей версии модуля [1] появилось два новых раздела — ADC и Jamming Indicator.

В отношении аналого-цифрового преобразователя ADC отмечается, что в модуле BGS2 Rel.3 используется АЦП с диапазоном входных напряжений 0–1,172 В. Разрешающая способность составляет 1024, при относительной погрешности линейности характеристики 0,3%. АЦП модуля может работать в различных режимах, которые задаются командой  $AT^{\wedge}SRADC$  [13]. Подробно работа с АЦП модуля BGS2 Rel.3 описана в [1, 12].

### Обновленный улучшенный алгоритм Jamming detection

В новом разделе технической документации Jamming Indicator рассмотрена новая версия индикации внешней заглушающей помехи

v2.0. Хорошо известно, что различного рода структуры (полицейские, военные, криминалитет) для подавления GSM-сигнала используют устройства, вырабатывающие сигналы на рабочих частотах 2G и 3G, которые модем или телефон воспринимают как сильный сигнал базовой станции и начинают «работать» с этой псевдо-станцией. В результате работа с сотовой связью в этом районе становится невозможной. При этом глушатся не только обычные сотовые телефоны, но также и GSM/GNSS-навигаторы.

Команда *AT+SCFG MEopMode/JamDet/If* позволяет регистрировать немодулированные сигналы, внешне напоминающие сигнал базовой станции, и реагировать на это, активируя пользовательский ввод/вывод GPIO6. При обнаружении сигнала глушения GPIO6 переходит в высокое состояние, в котором будет находиться до тех пор, пока модуль не перестанет регистрировать этот сигнал.

Подробно сложная, многопараметрическая команда *AT+SCFG* рассмотрена в [12].

### Функция Fast SIM switch

Благодаря новым алгоритмам работы модуля при работе с двумя подключенными через внешний переключатель SIM-картами, удалось значительно сократить время переключения между ними и добиться более быстрой регистрации в сети. Для переключения между SIM-картами введена отдельная AT-команда, при этом внешний мультиплексор автоматически управляется модулем через GPIO.

### Новая модель Cinterion BGS8

Новая модель Cinterion BGS8 — это модуль, в котором в одном корпусе объединены два устройства: GSM/GPRS (850/900/1800/1900 МГц) — блок, предназначенный для приема и передачи данных в сетях 2G, и 32-канальный ГНСС-

приемник [14]. ГНСС-приемник модуля BGS8, изготовленный на базе чипсета STA8088, поддерживает работу с сигналами навигационных спутников ГЛОНАСС и GPS:

- GPS L1 ((1575,42 ±20) МГц);
- GLONASS L1 FDMA (1597,5–1605,8 МГц).

Структурная схема модуля BGS8 показана на рис. 3.

В качестве базовой схемы GSM-части модуля BGS8 использована схема модуля BGS2 (рис. 1). Поэтому технические характеристики GSM-части модулей BGS2-W и BGS8 в основном совпадают (таблица 1).

Однако есть и ряд различий. В модуле BGS8 оставлен свободным только восьмипроводной последовательный интерфейс ASC0. Второй интерфейс ASC1 занят ГНСС-приемником. По-разному организован интерфейс I<sup>2</sup>C. В модуле BGS8 под сигналы этого интерфейса выделены отдельные контактные площадки I2CCLK (28) и I2CDAT (27), в то время как в модуле BGS2 этот интерфейс реализован через пользовательские входы/выходы 9 и 10.

В модуле BGS8 не поддерживается линия VDIG, и интерфейсы ASC0, DAI, I<sup>2</sup>C постоянно подключены к линии V180 с напряжением 1,8 В. В модуле BGA8 напряжение на линии VCORE находится в диапазоне 0,9–1,2 В. Кроме того, в модуле BGS8 несколько иначе, чем в BGS2, организовано аппаратное включение и выключение. Для включения модуля BGS8 используется сигнал IGT, минимальный уровень которого должен быть  $V_{I_{Hmin}} = 1,8$  В. Минимальный уровень сигнала ON в модуле BGS2 составляет  $V_{I_{Hmin}} = 1,2$  В при токе ~40 мкА. Также в модулях BGS2 и BGS8 используются разные уровни сигналов аварийного перезапуска, которые подаются на вход EMERG\_RST через транзисторный ключ с открытым коллектором. Подробно эти различия описаны в [14].

Модуль выполнен в конструктиве LGA-120 PAD (Land Grid Array) со 120 контактными площадками под пайку для поверхностного монтажа. Размеры модуля BGS8 — 27,6×25,4×2,6 мм, вес 3,5 г. Внешний вид модуля BGS8 показан на рис. 4.

Размеры и расположение контактных площадок модуля BGS8 показаны на рис. 5. Видно, что они отличаются от выводов модуля BGS2 как по коли-

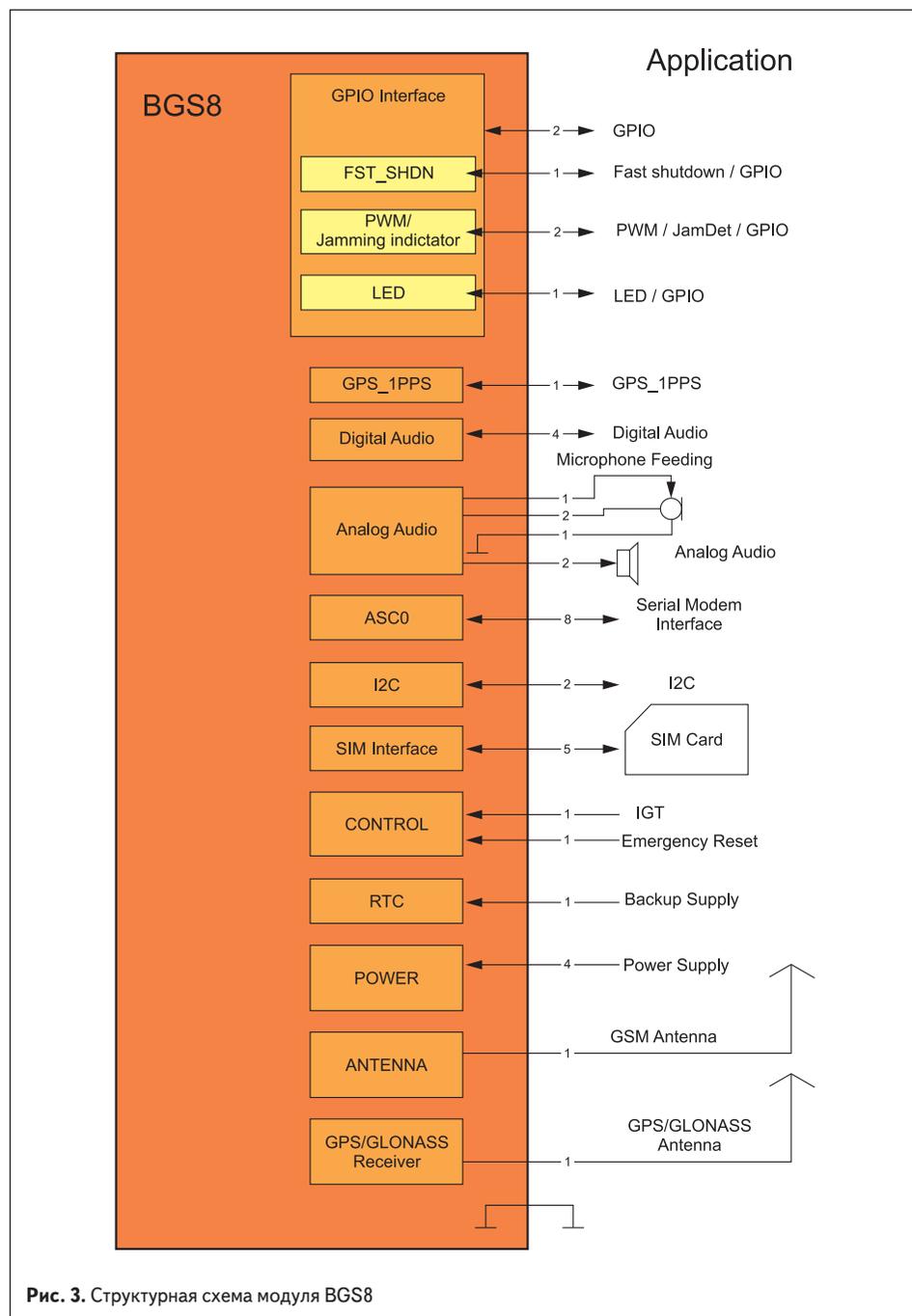


Рис. 3. Структурная схема модуля BGS8



Рис. 4. Внешний вид модуля BGS8

Таблица 2. Технические характеристики ГНСС-приемника модуля BGS8

Параметр	Дополнительные условия	GPS	ГЛОНАСС	GPS + GLONASS
Число каналов		32		
Частота, МГц	-	L1 1575.42	L1 1601.72	
Чувствительность сопровождения, дБм	-	-161	-157	
Чувствительность первого обнаружения, дБм	Холодный старт	-146	-142	
Чувствительность повторного обнаружения в течение 2 ч (есть предыдущие альманах и начальные координаты), дБм	Горячий старт, GPS C/N0=18 дБ	-154	-150	
Чувствительность повторного обнаружения после перерыва более 2 ч	Теплый старт, GPS C/N0=25 дБ	-147	-143	
Время первой фиксации, с (TTFF)	Горячий старт	1,3		<1
	Теплый старт	32		21
	Холодный старт	36		35
Точность определения координат, м (Preliminary version [16])	CEP (Circular Error Probability) 50%, Полностью открытое небо			1,5
Питание активной антенны, В	3,05			
Поддержка дифференциальных поправок	EGNOS, WAAS			

честву и размерам, так и по назначению. В то же время следует подчеркнуть, что BGS8 аппаратно и программно совместим с новыми высокоскоростными модулями 3G EHS6, которые могут быть использованы в системе «ЭРА-ГЛОНАСС».

Технические характеристики 32-канального ГНСС-приемника модуля BGS8 приведены в таблице 2.

Модуль BGS8 поддерживает работу с американской системой WAAS и ее европейским аналогом EGNOS, которые предназначены для передачи дифференциальных поправок пользователям GPS-аппаратуры. Принцип действия и состав систем полностью идентичны. Несмотря на то, что системы являются глобальными, каждый геостационарный спутник может обслуживать только ограниченную территорию. Это в первую очередь связано со сферической формой Земли.

Обе системы состоят из сети наземных станций, которые принимают GPS-сигналы, обрабатывают и анализируют их. Затем вся информация поступает на главную управляющую станцию (Master Station), где данные повторно анализируются и передаются уже на геостационарные спутники, откуда ретранслируются наземным пользователям. Навигаторы принимают эту информацию совместно с навигационными сигналами GPS, обрабатывают ее и включают в алгоритмы вычисления позиции. В результате точность позиционирования может повыситься до 1–2 м. Конечная точность во многом зависит от близости текущего положения пользователя к одной из наземных станций сети. Чем ближе к станции, тем точнее вычислены ошибки. Именно по этой причине включение в навигаторе DGPS-режима в России не только не улучшает, а порой даже ухудшает точность координат. На территории России нет наземных базовых станций, входящих в систему EGNOS, которые могли бы передавать измерения и ошибки на Master Station. Поэтому геостационарные спутники EGNOS не передают ионосферные коррекции для российской территории. В непосредственной близости от западных границ России ситуация несколько лучше, и точность координат может достигать теоретически 1 м. Стоит отметить, что сигналы WAAS и EGNOS транслируются бесплатно.

В модуле BGS8 предусмотрено несколько вариантов подключения внешних антенн. Антенный вход 2G/3G (номинальный импеданс 50 Ом) у этих модулей выведен на кон-

тактные площадки 58, 59, 60. Пассивная GPS/ГЛОНАСС-антенна подключается к контактам 223, 224, 225. Кроме того, в этих модулях предусмотрено подключение активной GPS/ГЛОНАСС-антенны и антенного усилителя (сигналы VGNSS и ANT\_GNSS\_DC).

Выбор способа подключения осуществляется с помощью AT-команд. Нужно учитывать, что

линия VGNSS не имеет защиты от короткого замыкания. Для защиты модуля по антенному входу рекомендуется использовать внешнюю схему, которая подключается между линиями VGNSS и ANT\_GNSS\_DC. Пример такой схемы приведен на рис. 6.

В модуле BGS8 есть линия синхронизации по GPS-времени (GPS\_1PPS). Эта синхронизация

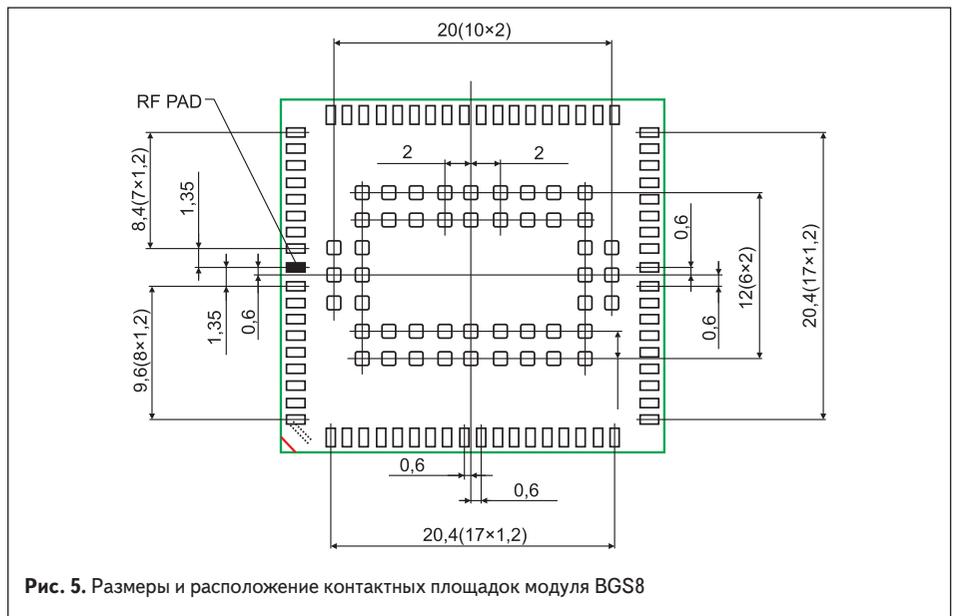


Рис. 5. Размеры и расположение контактных площадок модуля BGS8

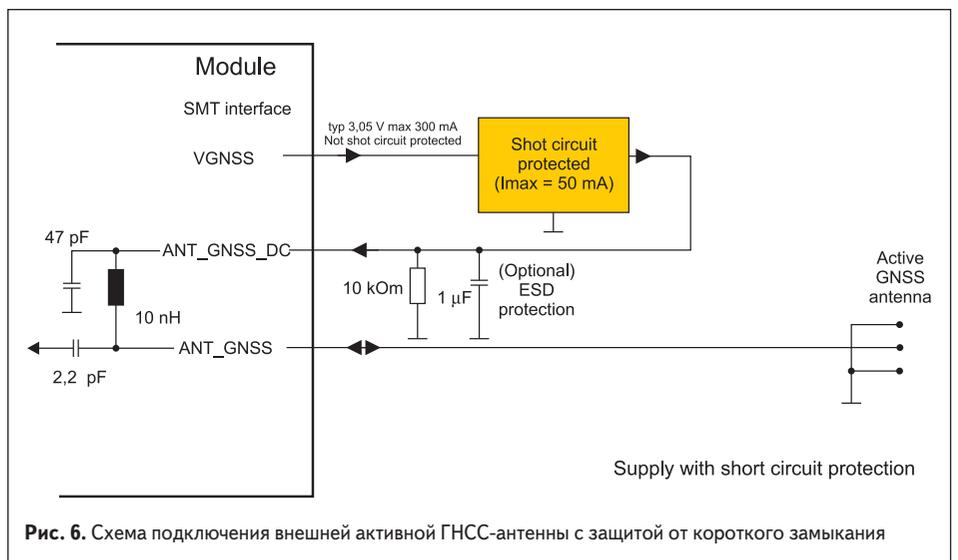


Рис. 6. Схема подключения внешней активной ГНСС-антенны с защитой от короткого замыкания

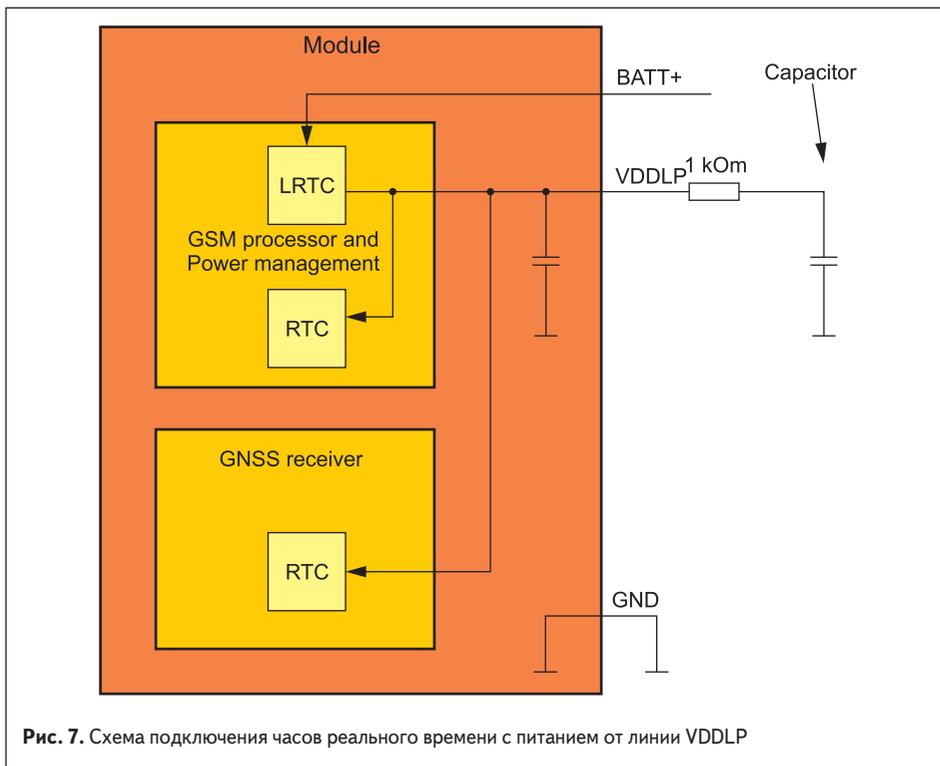


Рис. 7. Схема подключения часов реального времени с питанием от линии VDDLP

осуществляется с помощью прямоугольных импульсов с частотой один импульс в секунду (вывод 70). Линия GPS\_1PPS, соединенная непосредственно с ГНСС-приемником ( $V_{OLmax} = 0,4\text{ В}$ ,  $V_{OHmax} = 1,9\text{ В}$ ), служит в качестве опорного генератора, который вырабатывает высокоточные синхрои импульсы, привязанные к мировому GPS-времени. Погрешность генератора не превышает 50 нс.

Навигационная информация передается модулем BGS8 в виде следующих стандартных сообщений протокола NMEA-183:

- **\$GPGGA** — информация о фиксированном решении: горизонтальные координаты, значение высоты, количество используемых спутников и тип решения.
- **\$GPVTG** — Vector Track and speed over the Ground.
- **\$GPRMC** — наборы данных PVT (position, velocity, time).
- **\$GPGST** — GPS статистические ошибки псевдодалности (расстояние до спутника, полученное в приемнике на основе корреляции принятого и бортового кодов без коррекции ошибок синхронизации часов).
- **\$GPGLL** — сообщение со значением координат широты и долготы и времени, когда было вычислено это решение.
- **\$-GSV** — детальная информация о спутниках: количество сообщений GSV в пакете; номер сообщения в пакете (от 1 до 3); количество видимых спутников; номер спутника; угол возвышения в градусах; азимут в градусах; SNR, уровень сигнала.
- **\$-GSA** — общая информация о спутниках: тип выбора между 2D- и 3D-решениями, (A-auto, M-manual), тип решения, 3D, PRN-коды используемых в подсчете позиции спутников (12 полей), пространственный геометрический фактор PDOP, горизонтальный геометрический фактор

HDOP, вертикальный геометрический фактор VDOP.

Все NMEA-сообщения содержат префикс «\$-GNS», определяющий спутниковую систему навигации, сигналы которой были использованы для вычисления данных, которые содержатся в этом конкретном сообщении. Символ «\$» относится либо к GPS (\$=GP), либо к ГЛОНАСС (\$=NS), либо к GPS+ГЛОНАСС (\$=GN).

На открытой местности, в условиях ясного неба, при работе со спутниками GPS и ГЛОНАСС ГНСС-приемник модуля BGS8 обеспечивает точность определения координат в горизонтальном плане 1,5 м, при круговом вероятностном отклонении (Circular Error Probability, CEP), равном 50%. В условиях городской застройки точность будет несколько хуже. Использование двух спутниковых систем навигации ГЛОНАСС и GPS позволяет уменьшить ошибки вычисления координат, обусловленные отражением и экранированием сигналов спутников.

Следует обратить внимание на то, что в таблице 2 приведены предварительные результаты точности определения координат для случая совместного использования сигналов спутниковых систем навигации GPS и ГЛОНАСС (Preliminary version [16]). Точность определения координат во многом зависит от того, как на практике реализовано схемотехническое решение конечного изделия на базе модуля BGS8. Например, можно оптимизировать время старта ГНСС-приемника, используя схему подключения часов реального времени через линию VDDLP (рис. 7).

Часы реального времени RTC модуля BGS8 подключены к отдельному линейному регулятору напряжения (LDO). По команде  $AT^{\wedge}SMSO$  выключаются основные блоки модуля (Power Down mode). При этом напряжение питания продолжает поступать на схему RTC, которая будет находиться в активном состоянии. Дополнительно можно подать питание на RTC от линии VDDLP, к которой

подключен внешний конденсатор. Если отключится основное напряжение BATT+, питание на блок RTC будет поступать от внешнего конденсатора. Чем больше емкость внешнего конденсатора, тем дольше модуль будет сохранять данные при полном отключении питания. Вместо конденсатора можно использовать аккумулятор. В этом случае ГНСС-приемник модуля сможет начать работу с теплого старта даже в случаях длительного полного отключения основного питания.

ГНСС-приемник модуля BGS8 управляется с помощью AT-команд. Для его конфигурирования используется команда  $AT^{\wedge}SGPSC$ :

- $AT^{\wedge}SGPSC="Engine", <EngineVal>$  активирует ГНСС-приемник. Параметр  $<EngineVal>$  может принимать четыре значения: ГНСС отключен («0»), старт («1»), повторный старт («3»), спящий режим («4»).
- $AT^{\wedge}SGPSC="Engine", <EngineState>$  показывает текущее состояние приемника.
- $AT^{\wedge}SGPSC="Nmea/Output", <OutVal>$  выводит ON («да») или OFF («нет») в последовательный порт модуля.
- $AT^{\wedge}SGPSC="Power/Antenna" <AntVal>$  служит для выбора типа антенны и подачи питания на активную антенну.

В модуле BGS8 организовано раздельное регулирование режимов энергосбережения для GSM-блока (+CFUN) и ГНСС-приемника ( $\wedge$ SGPSC). Перевод ГНСС-приемника в спящий режим осуществляется командой  $AT^{\wedge}SGPSC="Engine", 4$  и возможен только в случае, когда модуль находится во включенном состоянии (+CFUN не равно нулю). При этом RTC, кварцевый генератор и SRAM находятся в активном состоянии. Такая схема спящего режима ГНСС-приемника позволяет, с одной стороны, экономить энергопотребление, а с другой — сокращает время первой фиксации спутника TTFF (Time To First Fix) при пробуждении.

Для вывода ГНСС-приемника из спящего режима используется команда:

```
AT^SGPSC="Engine", "1".
```

Режим энергосбережения для GSM-блока (+CFUN=7 или 9) возможен только когда ГНСС-приемник находится в спящем состоянии или выключен ( $<EngineVal> = 0$  или 4).

После выхода GSM-блока из спящего режима (+CFUN=1) линия «mux channel 4» автоматически подключается к интерпретатору AT-команд. Для корректной работы ГНСС-приемника необходимо, чтобы он был подключен к линии «mux channel 4». Это можно сделать с помощью  $AT^{\wedge}SCFG="Serial/Ifc", 24$ .

Подробное описание управления ГНСС-приемником модуля BGS8 приведено в [15].

## Новые опции программного обеспечения Cinterion Release 3

Приведем краткое описание новых опций программного обеспечения, опубликованных в комментариях к Rel.3 [13].

Команда  $AT^{\wedge}SIND$ , по существу, является модернизированным вариантом хорошо известной команды  $AT+CIND$  и предназначена для расширенного контроля состояния модуля. В новых разработках рекомендуется вместо команды  $+CIND$  использовать более гибкую команду  $\wedge$ SIND.

Формат команды:

AT<sup>^</sup>SIND=<indDescr>, <mode>, <indValue>

Параметр <indDescr> описывает контролируемую опцию и может принимать следующие значения:

- <audio> — состояние встроенного аудио-модуля;
- <simtray> — состояние CCIN-линии USIM-интерфейса;
- <vmwait1> — информация о поступлении голосовых сообщений;
- <cihrcall> — параметры шифрования голосового сообщения или SMS;
- <eons> — расширенная информация о доступных сотовых операторах;
- <steerroam> — индикация роуминга;
- <nitz> — текущий сотовый оператор и параметры зоны времени;
- <lsta> — состояние радиоканала;
- <is\_cert> — сертификат сервера при выходе в Интернет;
- <dtmf> — индикация режима DTMF;
- <JamDet> — индикация сигнала глушения;
- <voiceprompt> — записанные голосовые сообщения;
- <ceer> — расширенное сообщение об ошибке, содержащее причину разъединения и полученное из сети в цифровом формате.

Параметр <mode> может принимать значения «0» (все индикаторы событий отключены), «1» (все индикаторы событий включены, их параметры задаются командой +CMER) и «2» (формируется запрос статуса регистрации, и выводятся данные одного типа регистратора событий).

Незапрашиваемые результирующие коды (Unsolicited Result Codes, URC) определяются командой AT+CIEV и будут формироваться в зависимости от наступившего события. Структура сообщений URC задается командой AT+CMER. В зависимости от значений первого параметра этой команды сообщения URC будут передаваться после каждого изменения статуса соответствующего индикатора или по другому заданному алгоритму. Настройка контролируемых параметров производится с помощью команды AT^SCFG [12].

В релизе 3 введен новый URC ceer <ceerRelCauseGroup>, <ceerRelCauseGroupList>. Этот код показывает информацию, аналогичную той, которую можно получить с помощью стандартной команды AT+CEER. Разница заключается в том, что команда AT^SIND выдает расширенную информацию о причине каждый раз, когда произошел сбой соединения, а +CEER позволяет получить данные разрыва только последнего соединения.

Следует отметить, что в Rel.3 внесены изменения и в саму команду +CEER, в которой введен новый параметр <reset>. С помощью этого параметра можно удалять последний из сохраненных отчетов об ошибке соединения и вернуться к первоначальным установкам +CEER: 0,0,0. Конфигурирование нового индикатора ceer осуществляется следующим образом:

+CIEV: <indDescr>, <locationID>, <reason>,  
<ssRelease>.

Сообщение о разрыве связи и о его причинах формируется каждый раз, когда возникает одна из ошибок, перечисленных в таблицах <locationID>.

Основное преимущество индикатора ceer заключается в том, что он позволяет улучшить трассировку и анализ возникающих сбоев соединения. В качестве примера можно привести последовательность команд, активирующих встроенный аудио модуль и индикатор событий, связанных с голосовыми сообщениями:

```
AT^SIND=audio,1 OK
AT^SIND=voiceprompt,1
AT+CMER=3,0,0,2
```

Команда AT^SAFH позволяет записывать и проигрывать голосовые сообщения (ГС) в формате AMR (Adaptive multi rate) — адаптивное кодирование с переменной скоростью. Использование AMR позволяет обеспечить высокую емкость сети при высоком качестве передачи речи, а также переключаться на различные режимы в зависимости от помех и загрузки сети. В Rel.3 поддерживаются аудиокодеки со скоростями 4,75–12,2 кбит/с. В память модуля могут быть записаны ГС длительностью до 40 с объемом до 64 кбайт. Формат команды:

```
AT^SAFH=<audioFileCmd>, <audioFilePath>, <bitRate>,  
<locationPlay>.
```

Параметр <audioFileCmd> может принимать значения от 0 до 4, которые соответствуют началу/окончанию записи/воспроизведению и сохранению в памяти ГС. Например, запись ГС можно прекратить принудительно с помощью команды <audioFileCmd>=3.

ГС могут быть сохранены в RAM (ОЗУ) или в FFS (Fast File System — быстрая файловая система Flash-памяти модуля). Параметр <audioFilePath> определяет путь к файлу ГС — RAM или FFS. Параметр <audioFileCmd> задает скорость кодека. ГС могут быть воспроизведены как на аудиосистеме мобильного устройства, так и на удаленном терминале, что не было реализовано в предыдущем релизе. Для выбора аудиоустройства, на котором должно проигрываться ГС, используется параметр <locationPlay>. Возможность записи ГС в файловую систему Flash-памяти модуля позволяет организовать голосовое меню. Индикатор ГС включает рассматриваемую выше командой AT^SIND=vmwait1,1.

Совместное использование расширенных аудио команд версии Rel.3 дает возможность поддерживать высокое качество ГС, соответствующее требованиям, предъявляемым к системам экстренного вызова в проектах «ЭРА-ГЛОНАСС». Кроме того, следует подчеркнуть, что модули Rel.3 обеспечивают хранение больших объемов голосовых сообщений, которые можно использовать в качестве инструкций водителю при аварийных ситуациях.

Команда AT^SIND=dtmf,1 активирует DTMF-декодер и запускает индикатор событий, связанных с этим режимом. Стандарт DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency) используется для передачи данных по голосовому трафику. Фактически DTMF-сигнал представляет собой цифровой код, сформированный аудиосигналами различной частоты. Каждая

цифра DTMF-сигнала формируется двумя разными частотами. Следует отметить, что в последнее время благодаря развитию элементной базы сообщения DTMF стали все чаще использоваться для передачи разного рода тревожных и служебных сообщений по голосовому каналу.

Одной из основных проблем, возникающих в режиме DTMF, является сжатие звукового сигнала. При сжатии качество голосового сигнала заметно ухудшается, поэтому тон DTMF может искажаться, и передаваемая информация будет декодироваться с ошибками. Использование современных технологий позволило заметно улучшить качество аудиокодеков.

В новых модулях Cinterion используется встроенный программируемый DTMF-блок, позволяющий передавать данные во время активного голосового сообщения. Структура URC этой команды будет иметь вид:

```
^SIND: <dtmf>, <mode>, <dtmfSrc>,  
<dtmfSilenceTime>, <dtmfBufferTimeout>.
```

Параметры этого сообщения расшифровываются следующим образом:

- <dtmf> — активирован декодер и включена расширенная индикация режима DTMF.
- <mode> — состояние опции генерации URC.
- <dtmfSrc> — источник DTMF-сигнала («0» — локальный источник тонового сигнала, «1» — тоновый сигнал принят по сети).
- <dtmfSilenceTime> — минимальное время ожидания в миллисекундах, после которого модуль будет готов принять следующую DTMF-тональность. Этот параметр зависит от конкретных свойств источника сигнала. Он позволяет согласовать скорость декодирования сигнала с загрузкой сети и повысить, таким образом, надежность работы DTMF.
- <dtmfBufferTimeout> — время в миллисекундах, в течение которого открыт буфер DTMF. Если этот параметр «0», то сообщение URC будет передаваться сразу после каждого символа DTMF, в соответствии с настройками параметра <indDescr>, «dtmf». В том случае когда в команде AT^SIND параметр <mode> равен «1» и активирована команда +CMER (первый параметр отличен от «0»), DTMF-сообщения будут сохраняться в буферном стеке памяти. В буфере могут храниться не более 15 DTMF-сообщений. При достижении этого значения данные из буфера пересылаются в заданной форме URC, и буфер очищается. Также буфер очищается по истечении времени, заданного параметром <dtmfBufferTimeout>.

При работе в режиме DTMF рекомендуется выбрать в команде AT^SNFS параметр <audMode>=6. Следует обратить внимание, что сигналы DTMF не будут обрабатываться во время воспроизведения звукового сообщения. Также при работе с DTMF в команде AT^SCFG следует установить следующие значения:

- «Call/SpeechVersion1»;
  - Speech Codec: «Half Rate (HR) disabled»;
  - Speech Codec: «Full Rate (FR) enabled», <csv1>=2;
- Сообщение DTMF, состоящее из 15 символов, выглядит, например, так:

```
+CIEV: dtmf,"004930311021A2B".
```

Просмотреть расширенный список вызовов DTMF можно с помощью команды **AT^SLCC**. Параметры команды задаются с помощью **AT+CMER**. Сообщение URC на эту команду содержит дополнительный параметр **<traffic channel assigned>**, который может принимать значение «0» (не установлено соединение, и DTMF-трафик невозможен) и «1» (установлено голосовое соединение, и возможна передача DTMF-сигнала по выделенному каналу). Например, URC на эту команду может иметь вид **^SLCC:1,0,2,0,0,1,"1234567",161,"Cinterion n BGS2"**. Это URC говорит о том, что модуль установил голосовое соединение с абонентом «Cinterion BGS2» по национальному номеру «1234567», и можно передавать DTMF-сообщение с помощью команды **AT+VTS**.

В модулях Cinterion Rel.3 имеется программно управляемые DTMF-декодер и генератор, которые дают возможность настраивать тон, продолжительность, паузу и режим передачи DTMF-сигнала.

Команда **AT+VTS** обеспечивает два варианта генерации и передачи DTMF-сообщений. В случае когда **AT+VTS=<dtmfString>**, модуль будет генерировать и посылать последовательность DTMF-сигналов различной тональности с длительностью, которая задается командой **AT+VTD**.

Параметр **<dtmfString>** определяет строку ASCII-символов в формате «0-9,#,\*,A,B,C,D» (при записи кавычки обязательны). Максимальная длина строки 29 символов.

Длительность тонального сигнала определяется командой **AT+VTD=<duration>**.

Параметр **<duration>** задает длительность сигнала. Минимальная возможная длительность — 300 мс. Ниже этого значения DTMF-сигналы не генерируются и не обрабатываются.

В другом возможном варианте команда генерации DTMF-сигнала и тона будет выглядеть так: **AT+VTS=<dtmf>, <duration>**. В этом случае модуль будет генерировать и посылать одиночные DTMF-сигналы. При этом длительность сигнала определяется каждый раз отдельно для каждого вызова.

В этом варианте **<dtmf>** соответствует символической строке ASCII: «0...9,#,\*,A,B,C,D».

В случае необходимости передачи DTMF-сообщения во время активного голосового вы-

зова нужно выбрать вариант отклика, который будет получен в период отработки команд **ATD** и **AT+CMGW**. В нашем случае следует выбрать параметр **<CallMode>**, равный «0». Тогда модуль будет возвращать сообщение «OK» сразу после попытки вызова командой **ATD**. Если соединение не реализовалось, то будут получены сообщения типа «NO DIALTONE», «NO CARRIER», «BUSY».

Кроме отмеченных стандартных AT-команд, с режимом DTMF можно работать через удаленный интерфейс SAT (SIM Application Toolkit), который соответствует в модулях Cinterion стандарту GSM 11.14. Этот интерфейс является прикладной утилитой, позволяющей модулю обрабатывать прикладные программы, записанные на SIM-карте. Следует подчеркнуть, что Gemalto является мировым лидером в системах цифровой безопасности и производит самые различные интеллектуальные карты USIM. Использованию интерфейса SAT в документации Cinterion посвящено около ста страниц [12], поэтому описывать его подробно в данной статье не представляется возможным. Отметим только, что в программном обеспечении Rel.3 существуют команды, которые позволяют посылать DTMF-сообщения через интерфейс SAT.

Команда **AT^SSTGI** предназначена для работы с проактивными SIM Application командами. После активации (**^SSTA**), конфигурирования интерфейса SAT (**^SSTN**) и запроса работы с проактивной командой DTMF, модуль получит сообщение «URC ^SSTN: 20», которое подтверждает готовность работы с SAT командой № 20.

Формат команды:

```
AT^SSTGI = <cmdType>, <commandDetails>, <text>,
<iconQualifier>, <iconId>.
```

Параметр **<cmdType>** — это идентификационный номер управляющих команд SAT, таких, например, как SEND SS (17), SEND USSD (18), SEND SHORT MESSAGE (19), SEND DTMF (20), LAUNCH BROWSER (21), PLAY TONE (32), DISPLAY TEXT (33) и других [12].

В нашем случае параметр **<cmdType>** принимает значение «20», что заставляет SIM Application Toolkit послать DTMF-сообщение по сети и URC-извещение удаленному терминалу.

Остальные параметры этой команды предназначены для служебной информации. Команда **AT^SSTR=20** используется для подтверждения того, что **AT^SSTGI** была принята и обработана удаленным терминалом. Подробное описание этих команд приведено в [12].

## Литература

1. Cinterion BGS2-E/BGS2-W, Hardware Interface Description, Version: 03.001, DocId: BGS2\_HID\_v03.001
2. Cinterion BGS2-E Cinterion BGS2-W Release NotesVersion: 03.001 DocID: BGS2\_rn\_v03.001
3. <http://euromobile.ru/produkcija/gsm-moduli/ehs5-rel-2>
4. Коротких Н. Передовые JAVA-модули Cinterion. Особенности программирования // Беспроводные технологии. 2013. № 2.
5. Тихонов Э., Коротких Н., Можайков Д. Совместимость как идеология компании. Cinterion BGS2 Rel. 2-AGS2-EHS5 // Компоненты и технологии. 2012. № 10.
6. GSM-модули Cinterion в проектах «ЭРА-ГЛОНАСС» и eCall. [www.petrointrade.ru](http://www.petrointrade.ru)
7. BGS2-E8, Версия: 01.301, DocId: BGS2-E8\_HID\_v01.301. Описание аппаратных интерфейсов. [www.gemalto.ru](http://www.gemalto.ru)
8. [www.wireless-e.ru/articles/modems/2013\\_2\\_28.php](http://www.wireless-e.ru/articles/modems/2013_2_28.php)
9. SMT Module Integration, Version: 04, DocId: WM02\_AN48\_SMT\_Integration\_v04
10. ETSI\_GSM\_MS\_TE\_multiplex\_7.1.0.pdf. PP. 51, 52.
11. Multiplex Driver, Installation Guide, Version: 17, DocId: WM01\_Mux\_Drv\_Inst\_Guide\_v17.
12. Cinterion BGS2-E, AT Command Set, Version: 03.001, DocId: BGS2\_ATC\_V03.001
13. Cinterion BGS2 Release Notes Version: 03.001 Date: October 22, 2014 DocId: BGS2\_rn\_v03.001
14. Cinterion BGS8, Hardware Interface Description, Version: 03.001a, DocId: BGS8\_HID\_v03.001a
15. Cinterion BGS8, AT Command Set, Version: 03.001, DocId: BGS8\_ATC\_V03.001
16. 2G Cinterion BGS8 Wireless Module Perfect M2M with integrated GNSS, [http://m2m.gemalto.com/tl\\_files/cinterion/downloads/datasheets/gemalto\\_datasheet\\_BGS8\\_web.pdf](http://m2m.gemalto.com/tl_files/cinterion/downloads/datasheets/gemalto_datasheet_BGS8_web.pdf)
17. DSB75, Development Support Board, DocID: DSB75\_hd\_v12