

# Новые модули мобильной связи для автомобильных систем экстренного реагирования eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС»

от ведущих мировых производителей

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н.

## Общие характеристики WWAN-модулей для систем eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС»

Системы экстренного реагирования при аварийных ситуациях на автомобильном транспорте предназначены для автоматического оповещения специальных служб по каналам сотовой связи о факте и тяжести аварии, координатах автомобиля и состоянии его пассажиров.

В России разработана, прошла испытания и с 1 января 2015 г. внедрена в эксплуатацию система «ЭРА-ГЛОНАСС», основные функциональные свойства, параметры и характеристики которой согласуются с европейской системой eCall [1] и регламентируются российскими стандартами [2]. Все параметры системы eCall регламентированы международными стандартами ETSI, 3GPP и рекомендованы к применению в странах ЕЭС [3–6]. Основные требования, предъявляемые к WWAN-модулям eCall, подразумевают наличие встроенного «тонального модема» (in-band modem) и программного обеспечения, поддерживающего полный цикл работы с голосовой связью и передачей минимального набора данных (МНД). Технические требования, предъявляемые к in-

band модему, сформулированы в документе [7]. В самом общем смысле тональный модем представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из двух блоков. Один блок размещается на транспортном средстве, другой — в центре обслуживания аварийных звонков. В современных модулях мобильной связи автомобильная часть тонального модема в основном реализована как программная утилита к радиоинтерфейсу базового чипа. Упрощенная структурная схема автомобильной части тонального модема показана на рис. 1 [8].

Включение тонального модема производится триггерной AT-командой, прерывающей голосовой звонок. Входящие вызовы принимаются стандартной командой *ATA*.

К модулям, предназначенным для системы «ЭРА-ГЛОНАСС», предъявляется ряд дополнительных требований: передача данных и голосовых сообщений по каналу UMTS (или GSM/GPRS при отсутствии связи 3G) и программное обеспечение (ПО), поддерживающее систему «ЭРА-ГЛОНАСС».

Согласно данным последнего отчета *ABI Research*, лидирующие места среди мировых производителей по результатам суммарных про-

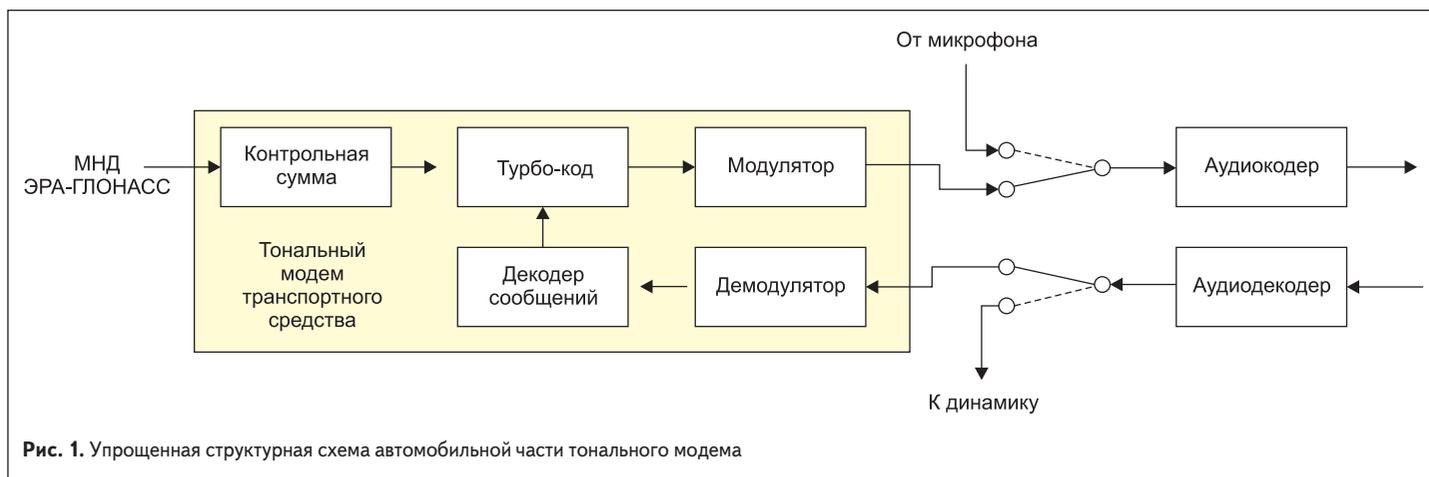


Рис. 1. Упрощенная структурная схема автомобильной части тонального модема

даж всех моделей WWAN-модулей класса M2M распределены следующим образом [9]:

- Sierra Wireless;
- Cinterion Wireless Modules (Gemalto);
- Huawei;
- SIMCom Wireless Solutions;
- Novatel Wireless;
- u-blox;
- Telit Wireless Solutions.

Среди перечисленных фирм Huawei и Novatel Wireless не выпускают модули с поддержкой «ЭРА-ГЛОНАСС». Поэтому их продукция не рассматривается в этой статье.

В настоящее время ведущие производители выпускают как отдельные WWAN-модули, так и совмещенные WWAN/GNSS-модули, предназначенные для использования в системах eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС». Эти модули разработаны на базе чипов производства лидеров мирового рынка — Qualcomm и Intel.

Основные технические характеристики WWAN-блоков новых модулей производства Sierra Wireless, Cinterion Wireless Modules (Gemalto), SIMcom Wireless Solutions, u-blox и Telit Wireless Solutions практически совпадают. В таблице 1 приведены базовые технические характеристики модулей HL8549, EHS5/6 Rel 3, SIM7100-PCIE, TOBY-L210, LE910-EU V2.

Различие между модулями заключается в поддержке различных ГНСС, частотном диапазоне, ПО, сервисных функциях, технической документации. Ниже приведены краткие описания только новых модулей ведущих мировых производителей и только тех, которые предназначены для использования в системах «ЭРА-ГЛОНАСС» и eCall.

## Новый модуль Sierra Wireless HL8549-G

В августе 2015 г. Sierra Wireless объявила о начале продаж нового модуля AirPrime HL8549-G, в котором в одном корпусе объединены два устройства: WWAN-блок, предназначенный для приема и передачи данных в сетях 2G/3G, и ГНСС-приемник, работающий с сигналами навигационных спутников ГЛОНАСС и GPS [10].

Модуль HL8549-G спроектирован для работы в диапазонах UMTS WCDMA FDD 800 (B19)/850 (B5/B6)/900 (B8)/1900 (B2)/2100 МГц (B1). По сравнению с предыдущей моделью HL8548 в новом модуле HL8549 добавлен диапазон 800 МГц (B19).

HL8549-G (рис. 2) — это высокоскоростной модуль, обеспечивающий максимальную скорость передачи данных 7,2 Мбит/с в режиме HSDPA («вниз») и 5,76 Мбит/с в режиме HSUPA («вверх»). Он разработан на базе чипсета серии MDM6220 производства фирмы Qualcomm, поддерживает основные функции стандарта HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access), соответствующие 3GPP Release 7. Модуль рассчитан на работу в расширенном диапазоне температур  $-40 \dots +85$  °C (класс В — надежная передача голосовых сообщений, SMS и данных при работе с вызовами emergency call).

Кроме модели HL8549-G, выпускается также модель HL8549 (без индекса G), в которой нет приемника ГНСС.

Модуль HL8549-G изготавливается в корпусе LGA 146 (Land Grid Array), который предна-

**Таблица 1.** Базовые технические характеристики модулей HL8549, EHS5/6 Rel 3, SIM7100-PCIE, TOBY-L210, LE910-EU V2

Параметры	Описание параметра
Системы экстренного реагирования	Аппаратная и программная поддержка eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС»
Тональный модем	Встроенный тональный модем в соответствии с Inband modem 3GPP TS 26.267 version 8.0.0 Release 8
Стандарты сотовой связи	2G, 3G, 4G (4G не поддерживается в моделях HL8549 и EHS5/6 Rel 3)
Включение/выключение питания	Аппаратное включение; программное включение/отключение через AT-команды (AT+CPDF); автоматическое отключение при перегрузках по напряжению и температуре
Скорость передачи данных UMTS, кбит/с	384 DL/UL; CS data rate — 64 DL/64 UL
Скорость передачи данных GPRS/EGPRS, кбит/с	GPRS/EDGE — Class 33 (296 прием и 236,8 передача)
SMS	MT; MO Cell broadcast Text; PDU; сохранение в памяти и на SIM
AT-команды	Стандартные команды Hayes 3GPP TS 27.007, TS 27.005; специальные команды; совместимость с RIL
Совместимость с Microsoft	Поддержка RIL, Pocket PC, Smartphone
Обновление ПО	USB, FOTA — через Интернет
Основной последовательный интерфейс	Полный 8-проводной последовательный интерфейс UART. TX, RX, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, RI (DSR, DCD нет в модели LE910-EU V2)
USB	USB 2.0 High Speed (480 Мбит/с) и спецификация USB 2.0 Full Rate (12 Мбит/с)
Интерфейс I <sup>2</sup> C	Двухпроводной интерфейс I <sup>2</sup> C. Сигналы I <sup>2</sup> C Clock и I <sup>2</sup> C Data (нет в моделях SIM7100-PCIE и LE910-EU V2)
Цифровой аудиоинтерфейс	Цифровой дуплексный аудиоинтерфейс с поддержкой PCM (нет в модели LE910-EU V2)
Аудиокодеки	HR, FR, EFR, AMR (нет данных для LE910-EU V2)
Интерфейс USIM	SIM/USIM-карты: 3 и 1.8 В в соответствии со стандартом ISO/IEC 7816 IC
Приложения пользователя на SIM-карте	SIM Application Toolkit, SAT Release 99
Режим DTMF	Встроенный, программируемый DTMF-блок
CSD (Circuit-switched data bearers)	V.110, RLP, non-transparent, 9,6 кбит/с, USSD
Температурный датчик	Встроенный температурный датчик
Перезагрузка	Аппаратная перезагрузка; перезагрузка через AT-команды
Энергосберегающий режим	Управляемый с помощью AT-команд энергосберегающий режим; контроль RTC
Интернет-протоколы	Встроенный TCP/IP, IPv4, IPv6
Драйверы ОС	Linux, Android, Windows CE/7/XP (нет данных для LE910-EU V2)
Контроль подавляющего сигнала	Функция Jamming Detection (нет данных для LE910-EU V2)

значен для пайки на плату. Габаритные размеры 25×24×2,5 мм. Подробная статья про этот модуль была опубликована в предыдущем номере журнала «Беспроводные технологии» [11], поэтому отметим только те характерные параметры, которые не приведены в таблице 1 и отличаются этот модуль от других.

Напряжение питания устройства может варьироваться в диапазоне 3,2–4,5 В. Модуль имеет два 10-разрядных АЦП с диапазонами входного напряжения 0–3 В и максимальной частотой 200 кГц.

HL8548-G имеет полный восьмипроводной последовательный интерфейс UART1, который, в зависимости от используемого внешнего оборудования, может быть подключен по схеме восьми-, четырех-, двухпроводного последова-

тельного интерфейса. Поддерживается режим регистрации импульса передачи данных TX burst indication. Также в модуле реализован двухпроводной интерфейс HSIC (High Speed Inter-Chip). С помощью сигнальных линий High Speed Inter-Chip Data и High Speed Inter-Chip Strobe может быть обеспечен прямой доступ к базовому чипу.

В модуле предусмотрены 12 пользовательских вводов/выводов общего назначения GPIO. Напряжение на GPIO в этой модели равно 1,8 В. Четыре мультиплексированных вывода специального назначения заняты под сигналы I<sup>2</sup>C\_CLK I, PWM2, UIM1\_DET, GPIO5 I<sup>2</sup>C\_SDA. Остальные I/O используются как программируемые с помощью AT-команд пользовательские вводы/выводы общего



**Рис. 2.** Внешний вид модуля Sierra Wireless HL8549-G

назначения. Также присутствуют два вывода ШИМ (PWM). С помощью импульсных сигналов этих линий можно через внешний транзистор управлять такими исполнительными устройствами, как, например, вибратор, светодиодный экран и т. д.

Для отладки модуля используется двухпроводной последовательный порт (Tx, Rx) и три пользовательских ввода/вывода GPIO-10, GPIO-11, GPIO-15. В отличие от других моделей, HL8549-G поддерживает интерфейс JTAG с сигнальными линиями:

- TPI, Test Point 1;
- JTAG\_RESET;
- JTAG\_TCK, JTAG Test Clock;
- JTAG\_TDO, JTAG Test Data Output;
- JTAG\_TMS JTAG, Test Mode Select;
- JTAG\_TRST JTAG, Test Reset;
- JTAG\_TDI JTAG, Test Data Input;
- JTAG\_RTCK, JTAG.

Отличительной чертой этой модели, так же как и других модулей AirPrime Sierra Wireless, является открытая платформа разработчика Open AT, которая предоставляет пользователям возможность создавать свои собственные программные приложения. Для создания прикладного ПО используется интегрированная программная среда Open AT Developer Studio [12–14], в которой тексты пишутся при помощи стандартных версий C/C++.

Веб-сервис Sierra Wireless AirVantage позволяет дистанционно управлять работой модулей и перестраивать их параметры через Интернет, связывая тем самым группы модулей в единую диспетчерскую систему. Для работы с Sierra Wireless AirVantage не требуется дополнительное специальное ПО. Этот сервис функционирует на базе свободно распространяемого в рамках фонда Apache Software Foundation набора утилит, библиотек и прикладных программ Надоор. Для проектирования оборудования на базе модулей данной серии Sierra Wireless выпускает отладочный комплект HL Series Development Kit [15]. В тех случаях, когда конечное оборудование, изготовленное на базе HL8549-G, размещено на удаленных объектах, обновление ПО осуществляется по Интернету (Firmware Over The Air, FOTA) при помощи AirVantage.

В HL8549-G используется ГНСС-приемник SiRFstarV производства CSR с поддержкой двух систем: GPS L1 ((1575,42 ± 20) МГц) и ГЛОНАСС L1 FDMA (1597,5–1605,8 МГц). Управление ГНСС-приемником осуществляется с помощью специальных AT-команд. Выбор

режима работы ГНСС определяется командой **AT+GPSCONF=<config\_type>,<config\_value\_1>,<config\_value\_2>**.

Параметр **<config\_type>=10** позволяет выбрать режимы GPS (значение «0») или GPS+GLONASS (значение «1»).

Технические характеристики ГНСС приведены в таблице 2.

В HL8549-G поддерживается режим A-GPS (Assisted GPS), при работе в котором на вспомогательный сервер поступает информация со всех GPS-приемников, работающих в данной сети. В модуле предусмотрены свободные объемы Flash-памяти, которые могут быть использованы для хранения навигационной информации в тех случаях, когда нет сотовой связи. При появлении соединения накопленная информация может автоматически считываться из памяти и передаваться на центральный сервер. Модуль может работать в режиме дифференциальной коррекции (Satellite Based Augmentation System, SBAS). Поддерживается передача данных по голосовому трафику с помощью DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency). Управление этим режимом осуществляется стандартной командой **AT + VTS**.

Модуль HL8549-G может работать с системами экстренного реагирования eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС». В заводских настройках по умолчанию устанавливается режим работы с европейской системой eCall. Управление модулем при работе с eCall реализуется с помощью специальных, разработанных Sierra Wireless AT-команд, определяющих перечисленные ниже события экстренного реагирования в аварийной ситуации:

- **AT+KECALLCFG** — конфигурирование параметров eCall;
- **AT+KECALL** — инициализация аварийного звонка;
- **AT+KAECALL** — ответ на аварийный звонок;
- **AT+KECALLMSD** — конфигурирование минимального набора данных;
- **AT+KECALLVSN** — базовые параметры;

- **AT+KECALLONLY** — звонок в режиме eCall Only.

Опция поддержки «ЭРА-ГЛОНАСС» реализуется с помощью плагина ERA-GLONASS Service Manager [17]. Это приложение позволяет реализовать:

- аварийный вызов «Emergency call» при тяжелой аварии в ручном или автоматическом режиме;
- тестовый вызов «Test call», предназначенный для проверки работоспособности системы;
- поддержку работы тонального модема, обеспечивающего передачу данных по голосовому каналу;
- передачу на центральный диспетчерский пост минимального набора данных, содержащего сведения о координатах автомобиля и состоянии пассажиров.

Подробное описание работы с этим приложением, а также детальные скрипты приведены в документе [14].

### Новые модули Cinterion Wireless Modules EHS5/6-Rel 3

В конце 2014 г. в массовую продажу поступили два новых модуля производства Cinterion с поддержкой «ЭРА-ГЛОНАСС»: EHS5-Rel 3 и EHS6-Rel 3, которые представляют собой миниатюрные бюджетные 3G-модули.

Устройства разработаны в полном соответствии со стандартами IMT-2000/UMTS 3GPP Release 6, 7 и предназначены для работы в сетях с поддержкой HSPA+, использующих пакетную передачу данных и совместимых с UMTS Release 99. Это позволяет одновременно предоставлять сервисы голосовой связи и передачи данных UMTS и HSPA [15, 16]. Сравнивая технические характеристики EHS5 и EHS6, можно заметить некоторые различия между ними. Прежде всего, это конструктив и габаритные размеры. Модуль EHS5 выполнен в конструктиве LGA 106 PAD, имеет размеры 27,6×18,8×2,2 мм и вес 3 г (рис. 3). Модуль EHS6 больше. Его массо-габаритные параметры 27,6×25,4×2,2 мм и 3,5 г. Конструктив модуля — LGA 120 PAD (120 контактных площадок под пайку для поверхностного

Таблица 2. Параметры ГНСС-приемника модуля HL8549-G

Частота	GPS		L1 band (CDMA 1575,42 МГц)		
	ГЛОНАСС		L1 Band (FDMA 1602 МГц)		
Дифференциальная коррекция	Спутниковые системы SBAS		WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, QZSS		
Каналы	Количество		НД		
Антенны		Пассивная, активная, антенный усилитель			
Вспомогательный сервер	A-GPS		ДА		
Чувствительность, дБм	GPS, автономный, обнаружение, без LNA	Холодный старт	-146		
		Теплый старт	-146		
		Горячий старт	-160		
	GPS, слежение, без LNA		-160		
	ГЛОНАСС, слежение		-156		
	GPS/ГЛОНАСС, слежение		-158		
GPS, сопровождение		-164			
ГЛОНАСС, сопровождение		-164			
Автономный старт					
Параметр	доверительная вероятность	холодный	теплый	горячий	
Среднее время до первого местоопределения, с	50%	28	20	0,7	
	95%	40	35	1	
Горизонтальная погрешность определения координат, м	50%	1	3,6	5,5	
	95%	2	8	10	



Рис. 3. Внешний вид модуля Cinterion EHS5

монтажа). Модуль EHS6 совместим по выводам с модулем BGS8.

EHS5 имеет следующие интерфейсы: ASC0, ASC1, USB, цифровой аудиоинтерфейс, USIM, GPIO, I<sup>2</sup>C, SPI, PWM, антенный интерфейс. У EHS6 дополнительно предусмотрен аналоговый аудиоинтерфейс [16].

Основной восьмипроводной несимметричный асинхронный модемный последовательный интерфейс ASC0 поддерживает сигналы TXD0, RXD0, RTS0, CTS0, DTR0, DSR0, DCD0, RING0. Переключаемое напряжение линий этого интерфейса может быть установлено на значения 1,8 или 2,85 В. Программируемая скорость передачи данных находится в диапазоне 300–230 400 бит/с. Имеется режим мультиплексирования, соответствующий протоколу GSM 07.10. Этот интерфейс предназначен для связи модуля со внешними периферийными устройствами. Так, например, через этот интерфейс можно подключить внешний ГНСС-приемник и получить законченное устройство для системы «ЭРА-ГЛОНАСС».

Дополнительный четырехпроводной несимметричный асинхронный модемный последовательный интерфейс ASC1 имеет только четыре сигнальные линии: TXD, RXD1, RTS1, CTS1. Он предназначен для приложений, в которых нужно использовать одновременный параллельный доступ по последовательным портам. Например, с его помощью можно организовать запрос статуса во время передачи данных по основному интерфейсу ASC0.

Модули поддерживают SPI-интерфейс. Четыре линии GPIO могут быть сконфигурированы с помощью команды **AT^SSPI**, как синхронный последовательный порт SPI с сигналами MOSI, MISO, SPI\_CLK и SPI\_CS. Этот интерфейс можно использовать для связи со внешними приложениями в режиме master mode. Скорость передачи — 6,5 Мбит/с. В EHS5 и EHS6 все пользовательские входы/выводы установлены в заводских настройках, как универсальные программируемые GPIO. С помощью AT-команд их можно конфигурировать для использования в качестве других интерфейсов, таких, например, как Fast Shutdown, Status, LED, PWM, Pulse Counter, ASC0, ASC1, SPI PCM [16]. В модулях нет интерфейса JTAG, который есть в модели HL8548-G.

Модули имеют один АЦП с диапазоном входного напряжения 0–1,2 В и дискретизацией 1024.

В EHS5/6 поддерживается технология USIM Application Toolkit (USAT) в соответствии со стандартом GSM 11.14. Этот интерфейс является прикладной утилитой, позволяющей модулю обрабатывать прикладные программы, записанные на SIM-карте. Основная функция USAT заключается в том, чтобы разрешить модулю передавать AT-команды через USIM-интерфейс. При этом сами приложения выполняются внутри USIM-карты, вне зависимости от того, как именно они были подготовлены. Технология USAT также предоставляет доступ к Java-апплетам, управляющим голосовыми соединениями и передачей данных. Эта технология позволяет также реализовать такие, например, функции, регламентированные ГОСТ Р 54620, как **GPRS\_WHITE\_LIST**, **USE-GPRS\_WHITE\_LIST**, **ECALL\_BLACK\_LIST**.

В модулях предусмотрена работа с проактивными USAT-командами. Например, для активации проактивной DTMF-команды используется команда **AT^SSTGI**. Следует обратить внимание на новую команду, поддерживаемую в модулях EHS5/6-Rel3: **AT^SIND:Ista**. Она предназначена для расширенного контроля уровня радиосигнала в сетях UMTS и GSM и позволяет, кроме всего прочего, также определять наличие подавляющего сигнала (Jamming Detection).

Модули поддерживают функцию Bearer Independent Protocol (BIP), с помощью которой USIM-карта получает доступ к сетям мобильной связи GPRS, 3G, 4G. Протокол BIP обеспечивает высокоскоростной, прямой доступ карты USIM к TCP/IP-стеку модуля. Это позволяет реализовать такие функции, как On-Demand Provision Service (OPS), Remote Application Management (RAPM) и embedded UICC (eUICC). Отдельный функционал SIM/MIM-карты eUICC предназначен для поддержки сервисов Remote provisioning.

Другие полезные опции, реализованные в EHS5 и EHS6:

- передача абонентского соединения Inter RAT Handover;
- взаимозаменяемость радиointерфейсов UTRAN и GERAN;
- CSD over WCDMA;
- протокол IPv6;
- Robust Header Compression (RoHC);
- Continuous Packet Connectivity (CPC);
- Enhanced F-DPCH, Enhanced Cell FACH;
- Circuit Switched Voice over HSPA;
- Fractional DPCH.

Подробно эти функции рассмотрены в [17].

Модули не имеют встроенного приемника ГНСС. Следует отметить, что вопрос о том, какие выбрать модули для «ЭРА-ГЛОНАСС» — совмещенные (3G + GNSS) или два отдельных 3G и GNSS, в некоторой степени является дискуссионным. С одной стороны, совмещенный модуль компактнее и дешевле. С другой стороны, некоторые разработчики считают, что модули WWAN и GNSS нужно размещать в устройстве на максимально возможном удалении друг от друга. Это связано с наводками, которые генерирует WWAN-модуль при регистрации в сети. Кроме того, такой подход позволяет выбрать лучшие в своем классе отдельные модули WWAN и GNSS.

В последней редакции ГОСТ Р 54620-2011 («ЭРА-ГЛОНАСС»), в частности, говорится о том, что: «Входящий в состав АС приемник ГНСС должен предоставлять возможность определения навигационных параметров с использованием сигналов только навигационной системы ГЛОНАСС». Поэтому в некоторых приложениях предпочтительнее применять ГНСС-приемники российского производства, которые могут работать только с сигналами спутников ГЛОНАСС.

В качестве примера приемника ГНСС, который полностью удовлетворяет всем нормативным требованиям, предъявляемым к оборудованию «ЭРА-ГЛОНАСС», можно привести новый модуль «ГеоС-3Е» («ЭРА-ГЛОНАСС») производства российской фирмы «ГеоСтар навигация».

Данная модель представляет собой 32-канальный ГНСС-приемник с поддержкой ГЛОНАСС (L1, СТ-код) и GPS (L1 C/A код) [20].

В ПО модулей EHS5/6 интегрировано приложение Virtual Java Machine (VJM, «виртуальная Java-машина»). Это прикладное ПО позволяет управлять модулем без дополнительного внешнего процессора и карты памяти. Усовершенствованная версия ПО включает утилиту Java MIDlet, которая может одновременно размещать и запускать несколько приложений (мидлетов Java ME), а также дает возможность отладки приложений непосредственно в EHS6.

В модулях реализованы все функции Java Open Platform, ME 3.2 (Java profile IMP-NG & CLDC 1.1 HI, Secure via HTTPS/SS). Для этой цели отведены дополнительные резервы памяти, предназначенные специально для приложений Java: 10 Мбайт Flash и 10 Мбайт RAM. ПО Java ME разработано специально для различного рода встраиваемых систем и промышленных компьютеров с контроллерами конфигурации Connected Device Configuration (CDC). Упрощенная версия Connected Limited Device Configuration (CLDC) адаптирована для M2M беспроводных устройств. В модулях EHS5/6 используется версия CLDC 1.1 HI.

Модули в полном объеме поддерживают работу с системами eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС» в следующих стандартных режимах:

- аварийный вызов «Emergency call» в ручном или автоматическом режиме;
- тестовый вызов «Test call», предназначенный для проверки работоспособности системы;
- конфигурирование режима «Configuration call»;
- режим тонального модема «Inband modem mode»;
- аварийный звонок в голосовом режиме «Voice Mode»;
- передача минимального набора данных «Data Mode».

Управление модулями в режимах eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС» осуществляется с помощью AT-команд, разработанных специально для модулей Cinterion:

- **AT+CECALL**;
- **AT^SCFG** (Call/eCall/AckTimeout, Call/eCall/Callback, Call/eCall/CallbackTimeout, Call/eCall/Msd, Call/eCall/Pullmode, Call/eCall/SessionTimeout, Call/eCall/StartTimeout);
- **AT^SIND** (eCallco, eCallda, eCaller, Voiceprompt);
- **AT^SAFH** (Audio File Handling).

Следует подчеркнуть, что по своей структуре это сложные параметрические команды, предусматривающие практически все возможные варианты настроек режимов работы в системах eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС». Каждая из этих команд содержит многочисленные параметры, в которых задаются дополнительные константы. Подробно работа с командами для «ЭРА-ГЛОНАСС» рассмотрена в [18].

## Новые модули SIMCom Wireless SIM7100E-PCIE/A

Китайская фирма SIMCom Wireless старается использовать в своей продукции новейшие



Рис. 4. Внешний вид модуля SIMCom Wireless SIM7100-PCIE

разработки ведущих мировых производителей электронных компонентов, сохраняя при этом самые низкие цены на рынке. В 2015 г. начались коммерческие поставки новой модели с поддержкой «ЭРА ГЛОНАСС» SIM7100-PCIE (рис. 4). Этот модуль выполнен в стандартном форм-факторе PCI Express Mini Cards и имеет встроенный ГНСС-приемник, обеспечивающий работу с навигационными системами ГЛОНАСС и GPS.

Стандарт PCI Express позволяет легко интегрировать модули в любые устройства, имеющие этот слот, такие, например, как различные одноплатные компьютеры, планшеты и ноутбуки. Все модули, изготовленные в конструктиве PCIe, имеют одинаковый размер 30×50,95 мм и вставляются в стандартный 52-контактный слот. Основные сигнальные линии, выведенные на контактные площадки карты PCIe, одинаковы для всех изделий этого стандарта. Неподключенные выводы различных производителей могут использоваться по своему усмотрению.

Модель SIM7100-PCIE фактически представляет собой хорошо зарекомендовавший себя модуль SIM7100E, размещенный на плате Express Mini Cards. Этот совмещенный модуль содержится в одном корпусе блок WWAN с поддержкой FDD/TDD-LTE и ГНСС-приемник GPS/GLONASS.

Модель SIM7100E, разработанная на базе чипа Qualcomm MDM9215, поддерживает стандарты LTE (FDD и TDD) и HSPA+/HSPA/UMTS/EDGE/GSM [21].

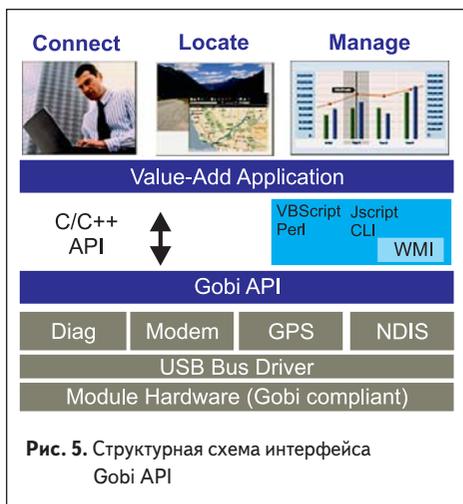


Рис. 5. Структурная схема интерфейса Gobi API

В модуле имеются следующие интерфейсы: UART, USB, GPIO, цифровой аудиоинтерфейс, PCM. Дополнительный аналоговый аудиоинтерфейс доступен опционально в модели SIM7100E-PCIEA. Он имеет один аналоговый микрофонный вход и один аналоговый микрофонный выход.

Основное отличие модуля SIMCom от модулей Sierra Wireless и Cinterion заключается в том, что SIM7100E поддерживает работу в сетях как LTE-FDD, так и LTE-TDD. Совместное использование методов доступа FDD и TDD позволяет изменять пропускную способность и варианты организации связи. Достигается это за счет того, что парные полосы частот могут быть выделены для систем с частотным дуплексным разносом FDD, а непарные — для систем с временным дуплексным разносом TDD. Такие системы дают возможность наилучшим образом использовать отдельные преимущества каждой из систем. Так, например, FDD позволяет увеличить скорость передачи данных «вверх». В то же время FDD расширяет пропускную способность при передаче «вниз». Модуль SIM7100-PCIE обеспечивает скорости обмена данными до 100 Мбит/с («вниз») и до 50 Мбит/с («вверх»).

Насчет того, какие скорости передачи данных являются оптимальными для работы с системой «ЭРА-ГЛОНАСС», существует несколько точек зрения. В требованиях ГОСТ Р 54620-2011 («ЭРА-ГЛОНАСС»), предъявляемых к блоку WWAN автомобильного оборудования, отмечается, что коммуникационный модуль должен работать в двух диапазонах UMTS900 и UMTS2000 с поддержкой пакетной передачи данных. В этом режиме максимальная скорость передачи данных составляет 384 кбит/с, что вполне достаточно для передачи минимального набора данных. С другой стороны, ГОСТ Р 54620-2011 требует устойчивой работы автомобильного оборудования при скоростях движения автомобиля до 250 км/час. Для таких больших скоростей движения возникают проблемы регистрации в сетях 3G и 4G, связанные с передачей абонента от одной базовой станции к другой.

Остановимся на тех параметрах, которые отличают модуль SIMCom от продукции других производителей. Диапазон напряжений питания SIM7100-PCIE меньше по сравнению с другими модулями — 3,2–3,6 В, что вызывает необходимость использования более сложного блока питания в конечном изделии. Форм-фактор PCI, который имеет 52 контакта, не позволяет в полной мере использовать все возможности базового чипа Qualcomm MDM9215 и модуля SIM7100. Поэтому число интерфейсов в модели SIM7100-PCIE сведено к минимуму. Интерфейс UART использует шесть базовых сигнальных линий: TX, RX, RTS, CTS, DTR, RI. Отметим, что модуль Cinterion EHS6, например, дополнительно через GPIO поддерживает контроль состояния последовательного порта по линиям DSR и DCD. Модуль SIM7100-PCIE не поддерживает встроенный АЦП, который есть в базовом чипе. В модуле используется всего три GPIO общего пользования. У SIM7100-PCIE нет интерфейсов I<sup>2</sup>C SPI, HSIC.

Для управления модулем используются как стандартные, так и специальные AT-команды, разработанные SIMCom Wireless. Компания

Qualcomm предоставляет пользователям своей продукции встраиваемое решение под названием Gobi. Gobi API (Application Programming Interface) позволяет управлять чипсетами Qualcomm с помощью скриптов пользователя. Практически этот интерфейс программирования, предназначенный для создания приложений, представляет собой набор готовых кодов для некоторых стандартных решений. Структурная схема, поясняющая принцип работы Gobi API, показана на рис. 5 [24]. Для работы с приложениями пользователя в модуле SIM7100-PCIE поддерживается Gobi API для Linux [22, 23].

Интерфейс Gobi API позволяет работать со следующими группами приложений пользователя:

- регистрация и подключение в автоматическом режиме к Интернету в сетях 4G, 3G, 2G;
- спутниковый мониторинг с отображением координат на карте в реальном масштабе времени;
- удаленное управление группой устройств. В этом комплекте ПО предусмотрены алгоритмы, позволяющие создавать скрипты, предназначенные для следующих случаев:
  - передача голосовых и цифровых сообщений при наступлении определенных событий;
  - отслеживание геозон;
  - выбор оператора связи в конкретной геозоне;
  - контроль параметров автомобиля;
  - блокировка зажигания.

Следует, однако, обратить внимание на то, что Gobi API — это не набор готовых утилит, а интерфейс, позволяющий самостоятельно писать приложения тем пользователям, которые не имеют большого опыта программирования.

Модуль SIM7100-PCIE имеет встроенный ГНСС-приемник, который обеспечивает следующие параметры:

- частота GPS — L1 band (CDMA 1575,42 МГц);
- частота ГЛОНАСС — L1 Band (FDMA 1602 МГц);
- количество каналов — 16;
- чувствительность, холодный старт —148 дБм;
- чувствительность, слежение, ГЛОНАСС —158 дБм;
- чувствительность, слежение, GPS —159 дБм;
- среднее время до первого местоопределения 1 с.

Навигационные данные выдаются на последовательный порт модуля в формате NMEA-0183. Формат NMEA-сообщений определяется с помощью специальной команды `AT+CGPSNMEA=<nmea>`. Параметр `<nmea>` может принимать значения от 0 до 511.

Бит 6 отвечает за сообщение GNGNS, в котором поле «Индикатор режима» позволяет выбрать алгоритмы, отвечающие за вычисление координат с использованием спутников GPS или ГЛОНАСС. Вместе с тем следует обратить внимание на то, что в технической документации SIMCom Wireless нет упоминаний о том, что модуль SIM7100-PCIE может работать только с сигналами ГЛОНАСС при отсутствии сигналов GPS. SIM7100-PCIE поддерживает работу с европейской системой eCall, базовые протоколы которой соответствуют протоколам российской системы ЭРА-ГЛОНАСС.

Работа с системой eCall реализуется с помощью следующих AT-команд: `+CECALLS`, `+CECALL`, `+CECALLCFG`, `+CECALLPOS`,

+CECALLTIME, +CECALLFMT, +CECALLTOUT, +CMSMESSAGEID, +CMSDOIDDATA, +CMSD, +CMSDCONTROL. Подробное описание работы с этими командами приведено в [32].

### Новый модуль u-blox TOBY-L210

Швейцарская фирма u-blox хорошо известна во всем мире как один из ведущих производителей GNSS-модулей для систем спутникового мониторинга движущихся объектов. В последние годы u-blox придерживается политики One-Stop Shop и старается максимально возможно расширить номенклатуру беспроводных модулей различных стандартов. В настоящее время в линейке продукции этой фирмы есть модули GNSS, 4G, 3G, 2G Bluetooth, Wi-Fi, NFC.

Новинка TOBY-L210 (рис. 6) — это WWAN-модуль с поддержкой LTE/HSPA+ в европейском частотном диапазоне B20 (800 МГц)/B5 (850 МГц)/B8 (900 МГц)/B3 (1800 МГц)/B1 (2100 МГц)/B7 (2600 МГц) [26]. От продукции других производителей этой модель отличается поддержкой LTE Category 4 — 150 Мбит/с («вниз») и LTE Category 4 — 50 Мбит/с («вверх»). Модуль выполнен в конструктиве LGA-144, размеры 28,2×28,2×2,2 мм.

В TOBY-L210 реализована поддержка работы с двумя антеннами DL MIMO 2×2 в режиме LTE. В сетях 3G модуль может работать с разнесенными антеннами, что позволяет заметно улучшить качество связи.

Следует обратить внимание на функцию SIM Access Profile (SAP), которая дает возможность использовать удаленную SIM-карту-ключ вместо локальной SIM-карты, подключенной непосредственно к интерфейсу модуля. При этом модуль функционирует как клиент сервера SAP, к которому подключена удаленная SIM-карта. Модуль поддерживает выделенный USB/SAP-канал и мультиплексированный SAP/UART-канал, позволяющие работать с удаленной SIM-картой. TOBY-L2 поддерживает мультиплексированный режим работы UART в соответствии с регламентом 3GPP TS 27.010.

Характерной особенностью модуля является наличие интерфейса SDIO. Этот четырехрядный интерфейс поддерживает сигналы SDIO\_D0, SDIO\_D1, SDIO\_D2, SDIO\_D3, SDIO\_CLK, SDIO\_CMD. Интерфейс SDIO был специально разработан для подключения к TOBY-L210 внешних Wi-Fi-модулей производства u-blox. При работе с этим интерфейсом модуль выступает в роли хост-контроллера, реализующего связь с внешними устройствами, поддерживающими интерфейс SDIO.

TOBY-L210 не имеет встроенного ГНСС-приемника. Это осознанная политика фирмы u-blox, которая является одним из мировых лидеров в разработке и производстве ГНСС-приемников. В линейке продукции u-blox представлены ГНСС-приемники, удовлетворяющие самым различным требованиям: MAX-M8, NEO-M8, NEO-M8L, NEO-7, NEO-7P, LEA-M8S, EVA-M8M, EVA-7M, CAM-M8, MAX-7, RAM-7Q. Модель NEO-M8L представляет собой комбинированное устройство, содержащее в одном корпусе ГНСС-приемник с поддержкой GPS/QZSS, GLONASS, BeiDou, Galileo, а также трехосевой акселерометр и гироскоп. Кроме того, u-blox выпускает и собственные

базовые ГНСС-чипы UBX-G7020, UBX-M8030, UBX-M8030-Kx-DR. Все перечисленные ГНСС-приемники совместимы с WWAN-модулем TOBY-L210, ПО которого поддерживает передачу навигационной информации в автоматическом режиме по каналам 4G, 3G, 2G. Разработчикам предлагается самим выбрать ГНСС-приемник, который наилучшим образом соответствует конкретной задаче.

Подход u-blox к управлению модулем заключается в том, что готовые, стандартные блоки приложений пользователя включаются в базовую прошивку. Фирма предлагает очень широкий спектр стандартных и специальных AT-команд. Расширенный набор специальных AT-команд, разработанных u-blox, позволяет конфигурировать работу ГНСС-приемника по большинству наиболее важных параметров. Так, например, можно выбрать любую комбинацию спутников (GPS, SBAS, Galileo, BeiDou, IMES, QZSS, GLONASS) и сохранять навигационные данные, полученные с их помощью, в памяти модуля. Следует обратить внимание также на возможность выбора режимов Local aiding, AssistNow, которые позволяют загружать из памяти модуля последние альманахи, эфемериды и координаты, что позволяет существенно сократить время первой фиксации. Функция CellLocate позволяет использовать координаты базовых станций мобильной связи и серверов Wi-Fi для коррекции результатов обработки навигационных данных при отсутствии сигналов спутников. Кроме того, специальные AT-команды предназначены для учета данных магнитометра, акселерометра и гироскопа при вычислении координат. Подробно работа со специальными AT-командами u-blox описана в [27].



Рис. 6. Внешний вид модуля серии u-blox TOBY-L2

В TOBY-L210 имеется встроенный тональный модем, и его ПО полностью поддерживает работу с eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС». Для управления модулем в этом режиме используются специальные AT-команды: **UECALLSTAT**, **UECALLTYPE**, **CECALL**, **UDCONF**, **UECALLDATA**, **UECALLVOICE**.

В комплекте ПО модуля имеется приложение eCall/ERA GLONASS In-band Modem simulation system, предназначенное для тестирования работы автомобильного оборудования и центрального сервера в режимах eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС». Эта программа предлагается для загрузки в свободном доступе на сайте u-blox [28]. Интерфейс этой программы дает возможность контролировать все необходимые параметры работы модуля в соответствии с требованиями [2, 4] (рис. 7). Подробно работа модуля в режимах eCall и «ЭРА-ГЛОНАСС» описана в [29].

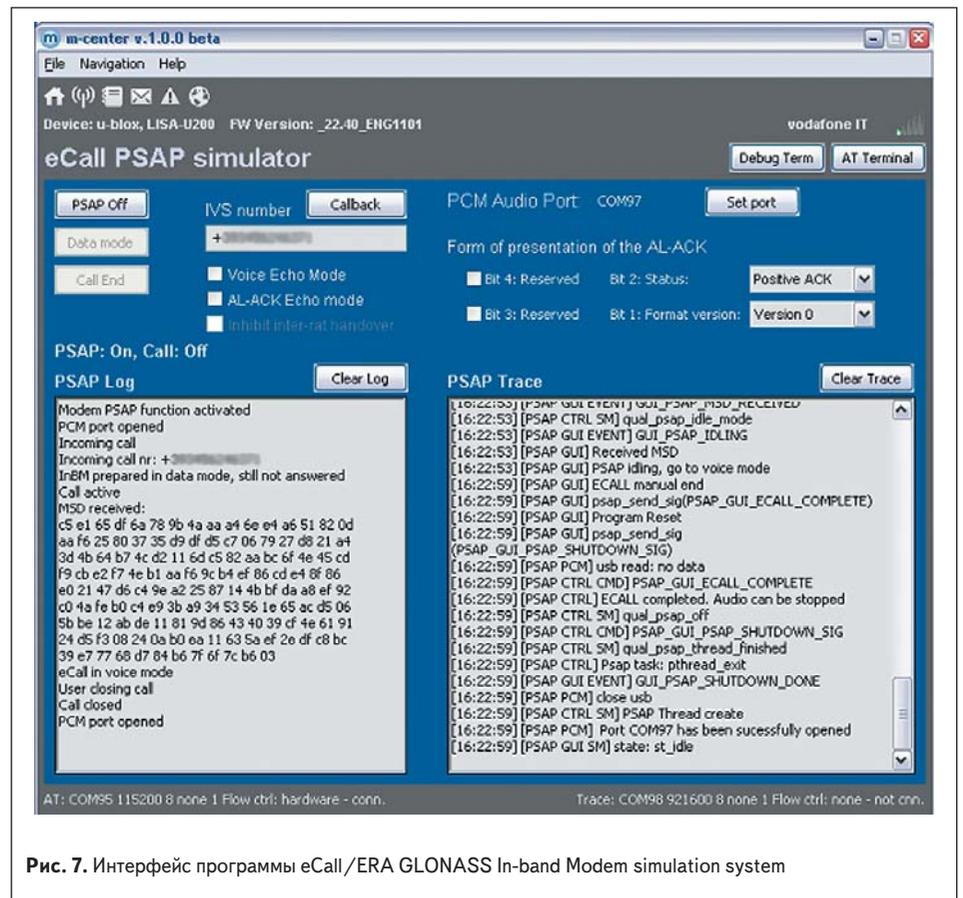


Рис. 7. Интерфейс программы eCall/ERA GLONASS In-band Modem simulation system

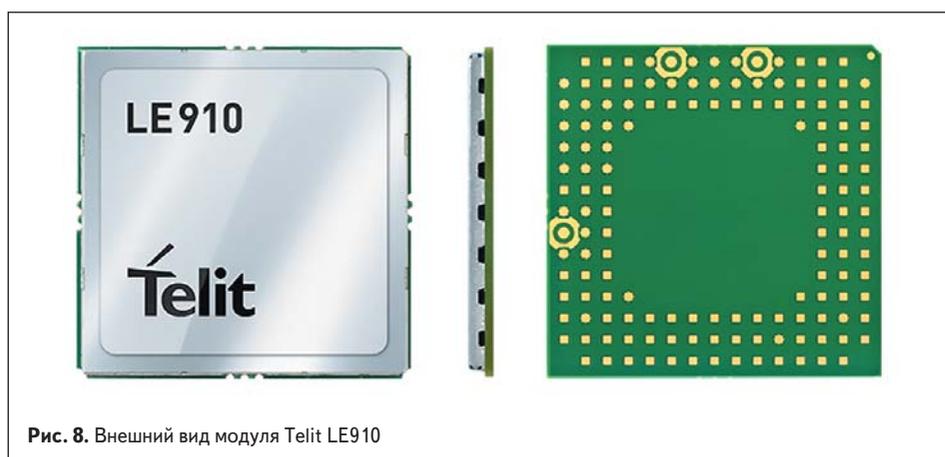


Рис. 8. Внешний вид модуля Telit LE910

## Новые модули серии Telit Wireless Solutions LE9xx

Основанная в 1997 г. итальянская фирма Telit Wireless Solutions (Telit) специализируется на производстве M2M-модулей мобильной связи (Telit Automotive Solutions). В последние годы Telit уделяет большое внимание разработке и производству современных GNSS/WWAN-модулей (Telit GNSS Solutions).

Модуль LE910 V2 (рис. 8) обеспечивает скорости передачи данных 100 DL/50 UL Мбит/с в стандарте LTE 3GPP Release 9 и 42 DL/5,76 UL Мбит/с в стандарте HSPA+ [30].

В настоящее время выпускается шесть различных моделей серии LE910 V2, отличающихся частотными диапазонами и предназначенных для различных регионов (Северной Америки, Японии, Австралии, Европы): LE910-SV V2, LE910-NA V2, LE910-JN V2, LE910-JK V2, LE910-AU V2, LE910-EU V2. Европейский вариант LE910-EU V2 поддерживает частоты 4G — B3(1800)/B7(2600)/B20(800)/B1(2100)/B8(900) и 3G — B1(2100)/B8(900)/B3(1800)/B8(900).

Из отличительных черт можно отметить функцию MIMO LTE (Multiple-input multiple-output). Модуль имеет 10 пользовательских вводов/выводов с напряжением 1,8 В. Конструктив LGA-144 pin. Габаритные размеры 28,2×28,2×2,2 мм.

Одной из отличительных черт продукции Telit является возможность создания прикладных программ пользователя на языке высокого уровня Python. В модулях серии LE910 V2 поддерживается версия Python 2.7.2. Скрипты, написанные на Python, позволяют управлять модулем в режимах отправки и получения данных, чтения и записи информации по последовательному порту, работы с пользовательскими вводами/выводами, отработки специальных приложений пользователя. Специальные интерфейсы Telit предназначены для работы с другими блоками ПО. Так, например, интерфейсы MDM и MDM2 связывают скрипты Python с блоком AT-команд, интерфейсы SER и SER1 обеспечивают доступ к управлению последовательными портами ASC0 и ASC1. Для связи с физическими портами используются интерфейсы GPIO, I2C, SPI.

Модуль оснащен одним АЦП с диапазоном входного напряжения 0–1,7 В. Дискретизация — 8 бит. Разрешение меньше, чем 6,6 мВ.

В базовом варианте модули LE910 V2 поставляются без поддержки встроенного ГНСС-приемника. Модули с поддержкой GPS/GLONASS поставляются опционально.

ПО модулей позволяет управлять работой внешнего или встроенного ГНСС-приемника. Выбор режима работы навигационного модуля осуществляется с помощью команды `AT$GPSGLO=<type>`. Параметр `<type>=1` обеспечивает режим совместной работы GPS/GLONASS. ПО LE910-EU V2 поддерживает режим работы с системой eCall, который активируется командой `AT#ECALL=<mode>` [31]. Подробная техническая информация о модулях серии LE910 V2 приведена в [32].

Из новинок этого производителя можно также отметить модуль LE920-Eux (европейская модификация), предназначенный специально для применения в автомобильных приложениях. Он изготовлен в автомобильном форм-факторе xE920. Ударопрочный корпус LGA-198 pin обеспечивает повышенную защищенность от внешних воздействий. Размеры модуля 34×40×2,8 мм. Остальные характеристики аналогичны характеристикам модуля LE910. ■

## Литература

- <http://ec.europa.eu/digital-agenda/ecall-time-saved-lives-saved>
- ГОСТ Р 54620-20113.
- [www.nis-glonass.ru/projects/era\\_glonass](http://www.nis-glonass.ru/projects/era_glonass)
- 3GPP TS 26.267 V10.0.0 (2011-03)
- eCall MSD, BS EN 15722:2011. Intelligent transport system – eCall minimum set of data (MSD).
- Telematic applications: eCall HGV/GV, additional data concept specification. WD TR 0278284
- [www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/126200\\_126299/126267/08.00.00\\_60/ts\\_126267v080000p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/126200_126299/126267/08.00.00_60/ts_126267v080000p.pdf)
- InBand Modem release: TS 26.267 V9.3.0 - V8.6.0, TS 26.268 V9.4.0 - V8.6.0, 3GPP TS 26.269 V9.2.0 - V8.3.0

- [www.abiresearch.com/press/tight-race-for-number-two-m2m-cellular-module-vend](http://www.abiresearch.com/press/tight-race-for-number-two-m2m-cellular-module-vend)
- Product Technical Specification, AirPrime HL8549 and HL8549-G, 4115653, 5.1, August 11, 2015
- Алексеев В. Новый модуль Sierra Wireless для систем спутникового мониторинга // Беспроводные технологии. 2015. № 3.
- AT Commands Interface Guide, AirPrime HL6 and HL8 Serie, 4114680, 10.2, July 16, 2015
- Developer Studio Getting Started. Jun 10, 2015 — Author: Sierra Wireless - 16585
- ERA — GLONASS Service Manager, Library for Open AT Framework, Development Guide, 4114918, 5.0, February 13, 2015
- AirPrime — HL Series — Development Kit User Guide, Mar 31, 2015 — Author: Sierra Wireless — Version 4.0 – 7442
- EHS5-E Hardware Interface Description, 03.001; EHS5-US Hardware Interface Description, 03.001;
- EHS6 Hardware Interface Description, 03.001 V03.001. 2015
- Cinterion EHS5/6-E, AT Command Set Version: 03.001, DocId: EHS5-E\_ATC\_V03.001. 2015
- Алексеев В., Можайков Д. Новые LGA-модули Cinterion для M2M-приложений. Часть 2. Высокоскоростные модули со встроенной Java-платформой Cinterion LGA EHS5/6 для системы «ЭРА-ГЛОНАСС» // Беспроводные технологии. 2015. № 3.
- Модуль ГНСС, GeoC-3E («ЭРА-ГЛОНАСС»). Руководство по эксплуатации. Редакция 1.0. ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ». Москва. 2015.
- [www.reyax.com/Module/4G/SIM7100/SIM7100-PCIE\\_Hardware\\_Design\\_V1.01.pdf](http://www.reyax.com/Module/4G/SIM7100/SIM7100-PCIE_Hardware_Design_V1.01.pdf)
- SIM7100 GOBI-API Specification 1.0, Linux, 2014-11-21.
- SIM7100 Setup Gobi Development Environment In Linux V1, 2014. [http://mt-system.ru/sites/default/files/documents/sim7100\\_setup\\_gobi\\_development\\_environment\\_in\\_linux.pdf](http://mt-system.ru/sites/default/files/documents/sim7100_setup_gobi_development_environment_in_linux.pdf)
- <https://developer.qualcomm.com/>
- AT Command Set, SIMCOM\_SIM7100\_ECALL\_ATC\_V0.01
- [www.u-blox.com/sites/default/files/TOBY-L2-MPCI-L2\\_SysIntegrManual\\_%28UBX-13004618%29.pdf](http://www.u-blox.com/sites/default/files/TOBY-L2-MPCI-L2_SysIntegrManual_%28UBX-13004618%29.pdf)
- [www.u-blox.com/sites/default/files/u-blox-ATCommands\\_Manual\\_%28UBX-13002752%29.pdf](http://www.u-blox.com/sites/default/files/u-blox-ATCommands_Manual_%28UBX-13002752%29.pdf)
- [www.u-blox.com/en/evaluation-tools-a-software/u-center/m-center.html](http://www.u-blox.com/en/evaluation-tools-a-software/u-center/m-center.html)
- [www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/eCall-ERA-GLONASS\\_AppNote\\_%28UBX-13001924%29.pdf](http://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/eCall-ERA-GLONASS_AppNote_%28UBX-13001924%29.pdf)
- [www.coniugo.de/tl\\_files/dateien/downloads/at/AT%20Commands%20LE910.pdf](http://www.coniugo.de/tl_files/dateien/downloads/at/AT%20Commands%20LE910.pdf)
- [www.telit.com/search-engine-storage/search-results?tx\\_kesearch\\_pil\[sword\]=LE910](http://www.telit.com/search-engine-storage/search-results?tx_kesearch_pil[sword]=LE910)
- [www.semiconductorstore.com/pages/asp/DownloadDirect.asp?sid=1444011356225](http://www.semiconductorstore.com/pages/asp/DownloadDirect.asp?sid=1444011356225)