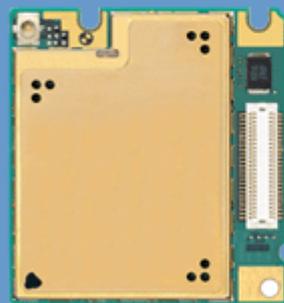




CINTERION  
WIRELESS MODULES

## MC52i

Версия: 01.200b  
DocId: MC52i\_HD\_v01.200b



Описание аппаратных интерфейсов

Название документа:	<b>MC52i Описание аппаратных интерфейсов</b>
Версия:	<b>01.200b</b>
Дата:	<b>2009-6-16</b>
DocId:	<b>MC52i_HD_v01.200b</b>
Статус	<b>Конфиденциально / Опубликовано</b>
Поддержка продуктов:	<b>MC52i</b>

#### **ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТА С ВКЛЮЧЕННЫМИ В ЕГО СОСТАВ ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ И ДОКУМЕНТАЦИЕЙ ("ПРОДУКТ") ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ В СООТВЕТСТВИИ С ПРИМЕЧАНИЕМ К ВЕРСИИ, ПОСТАВЛЯЕМЫМ ВМЕСТЕ С ПРОДУКТОМ. ВО ВСЕХ СЛУЧАЯХ ПОЛОЖЕНИЯ ИЗ ПРИМЕЧАНИЙ К ВЕРСИИ ИМЕЮТ БОЛЕЕ ВЫСОКИЙ ПРИОРИТЕТ. В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ СОДЕРЖИТСЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРОДУКТАХ КОМПАНИИ CINTERION. ПРИВЕДЕННЫЕ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ СПЕЦИФИКАЦИИ МОГУТ БЫТЬ ИЗМЕНЕНЫ ПО УСМОТРЕНИЮ КОМПАНИИ CINTERION. КОМПАНИЯ CINTERION WIRELESS MODULES GMBH ПРЕДОСТАВЛЯЕТ НЕИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ПРАВО НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ "ПРОДУКТА". ПОЛУЧАТЕЛЬ НЕ ДОЛЖЕН ПЕРЕДАВАТЬ, КОПИРОВАТЬ, ИЗМЕНЯТЬ, ТРАНСЛИРОВАТЬ "ПРОДУКТ", ВСКРЫВАТЬ ЕГО ТЕХНОЛОГИЮ, СОЗДАВАТЬ ПРОИЗВОДНЫЕ ИЗДЕЛИЯ; ДЕАССЕМБЛИРОВАТЬ ИЛИ ДЕКОМПИЛИРОВАТЬ "ПРОДУКТ", ЛИБО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЕГО ИНЫМ ОБРАЗОМ, НЕ ИМЕЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЛНОМОЧИЙ. "ПРОДУКТ" И НАСТОЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПРЕДОСТАВЛЯЮТСЯ ТОЛЬКО НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА "КАК ЕСТЬ" И В НИХ МОГУТ ОБНАРУЖИВАТЬСЯ НЕТОЧНОСТИ ИЛИ НЕСООТВЕТСТВИЯ. В МАКСИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНИ, ДОПУСТИМОЙ ПРИМЕНИМЫМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, КОМПАНИЯ CINTERION WIRELESS MODULES GMBH ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ КАКИХ-ЛИБО ГАРАНТИЙ И ОБЯЗАТЕЛЬСТВ. ПОЛУЧАТЕЛЬ ОБЯЗУЕТСЯ НЕ РАЗГЛАШАТЬ В ТЕЧЕНИЕ НЕОГРАНИЧЕННОГО ПЕРИОДА ВРЕМЕНИ ЛЮБУЮ ИНФОРМАЦИЮ И ЛЮБЫЕ ДАННЫЕ, ПРЕДОСТАВЛЕННЫЕ ПОЛУЧАТЕЛЮ В СВЯЗИ С ПОСТАВКОЙ ПРОДУКТА. НАСТОЯЩЕЕ ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ РЕГУЛИРУЕТСЯ И ИСТОЛКОВЫВАЕТСЯ В СООТВЕТСТВИИ С ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ ГЕРМАНИИ.

#### **Авторское право**

Запрещаются пересылка, воспроизведение, распространение и/или редактирование настоящего документа, использование его содержимого и передача третьим лицам, осуществляемые без специального разрешения. Нарушители несут ответственность за возмещение убытков. Защищены все права, созданные в результате выдачи патента, или регистрации полезной модели, или получения патента на промышленный образец.

Авторское право © 2009, Cinterion Wireless Modules GmbH

#### **Уведомление о товарных знаках**

Microsoft и Windows – зарегистрированные товарные знаки или товарные знаки Microsoft Corporation в США и/или других странах. Все прочие зарегистрированные торговые знаки или торговые знаки, упомянутые в настоящем документе, являются собственностью соответствующих владельцев.

## Содержание

<b>0</b>	<b>История документа .....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Введение.....</b>	<b>10</b>
1.1	Связанные документы .....	10
1.2	Термины и сокращения .....	11
1.3	Информация о соответствии нормативам и сертификации .....	15
1.3.1	Директивы и стандарты .....	15
1.3.2	Требования к SAR применительно к переносным устройствам мобильной связи .....	18
1.3.3	Указания по обеспечению безопасности .....	18
<b>2</b>	<b>Общие сведения о продукте .....</b>	<b>20</b>
2.1	Основные характеристики и функции MC52i .....	20
2.2	Обзор системы MC52i.....	22
2.3	Схемное решение .....	23
<b>3</b>	<b>Интерфейс прикладного оборудования .....</b>	<b>24</b>
3.1	Рабочие режимы .....	25
3.2	Электропитание.....	26
3.2.1	Минимизация потерь мощности.....	26
3.2.2	Измерение напряжения питания ( $V_{\text{BATT+}}$ ).....	28
3.2.3	Контроль питания.....	28
3.3	Сценарии включения/выключения питания .....	29
3.3.1	Включение MC52i .....	29
3.3.1.1	Включение MC52i по сигналу IGT (Включение питания).....	29
3.3.1.2	Тайминг включения по сигналу Ignition .....	30
3.3.1.3	Включение MC52i по сигналу POWER.....	31
3.3.1.4	Включение MC52i с использованием RTC (режим Alarm).....	31
3.3.2	Выключение MC52i .....	32
3.3.2.1	Выключение MC52i по AT-команде .....	32
3.3.2.2	Экстренное выключение по сигналу EMERGOFF.....	33
3.3.3	Автоматическое выключение .....	34
3.3.3.1	Термовыключение .....	34
3.3.3.2	Отложенное выключение при экстремальных температурных условиях .....	35
3.3.3.3	Выключение при пониженном напряжении .....	36
3.3.3.4	Выключение при повышенном напряжении .....	36
3.4	Автоматическое изменение класса многоканальной передачи (Multislot Class) GPRS .....	36
3.5	Управление зарядкой.....	38
3.5.1	Требования к аппаратным средствам .....	38
3.5.2	Требования к программному обеспечению .....	38
3.5.3	Характеристики блока аккумуляторной батареи .....	39

3.5.4	Аккумуляторные батареи, испытанные на совместное использование с MC52i.....	40
3.5.5	Реализованный способ зарядки.....	41
3.5.6	Рабочие режимы во время зарядки.....	42
3.5.7	Требования к зарядному устройству.....	44
3.5.8	Выключение в режиме Charge-only.....	45
3.6	Энергосбережение.....	46
3.6.1	Отсутствие энергосбережения (AT+CFUN=1).....	46
3.6.2	Режим NON-CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=0).....	46
3.6.3	Режим CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=5, 6, 7, 8).....	47
3.6.4	Режим CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=9).....	47
3.6.5	Тайминг сигнала CTS в режимах CYCLIC SLEEP.....	48
3.6.6	Запуск MC52i из режима SLEEP.....	49
3.6.6.1	Запуск посредством RTS0 и RTS1 (если AT+CFUN=0 или AT+CFUN=9).....	51
3.7	Сводная информация о переходах состояний (за исключением режима SLEEP).....	52
3.8	Резервное питание RTC.....	54
3.9	Последовательный интерфейс ASC0.....	56
3.10	Последовательный интерфейс ASC1.....	58
3.11	Аудиоинтерфейсы.....	59
3.11.1	Цепь микрофона.....	60
3.11.2	Обработка голосового сигнала.....	61
3.11.3	Тайминг DAI.....	61
3.12	Интерфейс SIM.....	63
3.12.1	Требования к использованию контакта CCIN.....	64
3.12.2	Схемные решения для держателя SIM-карты.....	65
3.13	Управляющие сигналы.....	67
3.13.1	Входы.....	67
3.13.2	Выходы.....	67
3.13.2.1	Сигнал синхронизации.....	67
3.13.2.2	Использование контакта SYNC для управления светодиодным индикатором состояния.....	68
3.13.2.3	Поведение цепи RING0 (только интерфейс ASC0).....	70
<b>4</b>	<b>Антенный интерфейс.....</b>	<b>72</b>
4.1	Установка антенны.....	72
4.1.1	Антенная контактная площадка.....	74
4.1.1.1	Пригодные типы кабелей.....	74
4.1.2	Антенный разъем Hirose.....	75
<b>5</b>	<b>Электрические характеристики, надежность, характеристики радиосистемы.....</b>	<b>80</b>
5.1	Абсолютные максимальные значения.....	80
5.2	Температура при эксплуатации.....	81
5.3	Условия при хранении.....	83
5.4	Характеристики надежности.....	84

5.5	Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования .....	85
5.6	Параметры электропитания .....	94
5.7	Электрические характеристики подсистемы обработки в полосе голосовых частот.....	95
5.7.1	Установка аудиопараметров с помощью AT-команд .....	95
5.7.2	Модель программирования аудиотракта .....	96
5.7.3	Характеристики аудиорежимов.....	97
5.7.4	Тракт приема в полосе голосовых частот .....	99
5.7.5	Тракт передачи в полосе голосовых частот .....	100
5.8	Радиоинтерфейс .....	101
5.9	Электростатический разряд .....	102
<b>6</b>	<b>Механические характеристики.....</b>	<b>103</b>
6.1	Физические размеры MC52i .....	103
6.2	Монтаж модуля MC52i в прикладном оборудовании .....	105
6.3	Межплатный разъем .....	106
6.3.1	Размеры разъема Hirose DF12 .....	107
6.3.2	Применение переходного кабеля .....	107
<b>7</b>	<b>Сертификация эталонного оборудования .....</b>	<b>108</b>
7.1	Эталонное оборудование для сертификации.....	108
<b>8</b>	<b>Пример прикладного оборудования .....</b>	<b>109</b>
<b>9</b>	<b>Приложение.....</b>	<b>112</b>
9.1	Перечень компонентов и вспомогательных частей .....	112
9.2	Указания по обращению с модулем .....	114

## Таблицы

Табл. 1:	Директивы .....	15
Табл. 2:	Стандарты европейской сертификации .....	15
Табл. 3:	Требования к качеству .....	16
Табл. 4:	Стандарты Министерства информационных технологий Китайской Народной Республики.....	16
Табл. 5:	Ядовитые или опасные вещества или элементы с определенными предельными концентрациями .....	17
Табл. 6:	Обзор рабочих режимов .....	25
Табл. 7:	АТ-команды, доступные в режиме Alarm.....	31
Табл. 8:	Поведение в зависимости от температуры.....	35
Табл. 9:	Характеристики блоков аккумуляторных батарей, пригодных для MC52i.....	40
Табл. 10:	Сравнение режимов Charge-only и Charge .....	42
Табл. 11:	АТ-команды, доступные в режиме Charge-only .....	43
Табл. 12:	События запуска в режимах NON-CYCLIC SLEEP и CYCLIC SLEEP .....	49
Табл. 13:	Переходы состояний MC52i (за исключением режима SLEEP) .....	52
Табл. 14:	Соединения DCE-DTE в интерфейсе ASC0.....	57
Табл. 15:	Соединения DCE-DTE в интерфейсе ASC1.....	58
Табл. 16:	Сигналы интерфейса SIM (межплатный разъем).....	63
Табл. 17:	Назначение контактов держателя SIM-карты Molex в блоке DSB45 Support Box .....	65
Табл. 18:	Входные управляющие сигналы модуля MC52i .....	67
Табл. 19:	Коды светодиодного индикатора состояния .....	68
Табл. 20:	Вызывной сигнал ASC0 .....	71
Табл. 21:	Обратные потери .....	72
Табл. 22:	Спецификации разъема U.FL-R-SMT .....	75
Табл. 23:	Материал и покрытие разъема U.FL-R-SMT, рекомендуемые вилки .....	76
Табл. 24:	Информация для заказа изделий Hirose серии U.FL .....	79
Табл. 25:	Абсолютные максимальные значения .....	80
Табл. 26:	Температура платы / батареи .....	81
Табл. 27:	Температура окружающей среды согласно IEC 60068-2 (без принудительной циркуляции воздуха).....	81
Табл. 28:	Температура при зарядке.....	81
Табл. 29:	Условия при хранении .....	83
Табл. 30:	Условия испытаний на надежность .....	84
Табл. 31:	Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования .....	86
Табл. 32:	Параметры электропитания .....	94
Табл. 33:	Аудиопараметры, устанавливаемые с помощью АТ-команд .....	95
Табл. 34:	Характеристики подсистемы обработки в полосе голосовых частот (типовые).....	97
Табл. 35:	Тракт приема в полосе голосовых частот .....	99
Табл. 36:	Тракт передачи в полосе голосовых частот.....	100
Табл. 37:	Радиоинтерфейс .....	101
Табл. 38:	Измеренные значения по электростатическому разряду .....	102
Table 39:	Информация для заказа изделий серии DF12.....	106
Table 40:	Электрические и механические характеристики разъема Hirose DF12C .....	106
Табл. 41:	Перечень компонентов и вспомогательных частей .....	112

---

Табл. 42:	Контактная информация службы сбыта компании Molex (возможны изменения).....	113
Табл. 43:	Контактная информация службы сбыта компании Hirose (возможны изменения).....	113

## Рисунки

Рис. 1:	Обзор системы MC52i.....	22
Рис. 2:	Функциональная схема MC52i.....	23
Рис. 3:	Питание: предельные значения при передаче.....	27
Рис. 4:	Местоположение эталонных контрольных точек TP BATT+ и TP GND ...	28
Рис. 5:	Включение питания по сигналу Ignition .....	30
Рис. 6:	Деактивация модуля GSM по сигналу EMERGOFF.....	34
Рис. 7:	Принципиальная схема блока аккумуляторной батареи .....	40
Рис. 8:	Процесс зарядки.....	42
Рис. 9:	Внешняя схема для выключения MC52i во время зарядки .....	45
Рис. 10:	Тайминг сигнала CTS (пример для пейджингового цикла 2,12 с) .....	48
Рис. 11:	Начало энергосбережения (если CFUN=5 или 7).....	49
Рис. 12:	Питание RTC от конденсатора.....	54
Рис. 13:	Питание RTC от перезаряжаемой батареи.....	54
Рис. 14:	Питание RTC от неперезаряжаемой батареи.....	55
Рис. 15:	Последовательный интерфейс ASC0.....	56
Рис. 16:	Последовательный интерфейс ASC1.....	58
Рис. 17:	Функциональная схема аудиоинтерфейсов.....	59
Рис. 18:	Схема микрофонных входов .....	61
Рис. 19:	Тайминг DAI .....	62
Рис. 20:	Держатель SIM-карты в блоке DSB45 .....	65
Рис. 21:	Номера контактов держателя SIM-карты Molex в блоке DSB45 Support Box .....	66
Рис. 22:	Сигнал SYNC при передаче .....	68
Рис. 23:	Схема светодиодной индикации (пример).....	69
Рис. 24:	Входящий голосовой вызов.....	70
Рис. 25:	Передача URC.....	70
Рис. 26:	Запрет одновременного использования антенного разъема и антенной контактной площадки .....	73
Рис. 27:	Зазор вокруг антенной контактной площадки .....	73
Рис. 28:	Размеры разъема U.FL-R-SMT .....	75
Рис. 29:	Разъем U.FL-R-SMT с вилкой U.FL-LP-040 .....	76
Рис. 30:	Разъем U.FL-R-SMT с вилкой U.FL-LP-066 .....	77
Рис. 31:	Спецификации вилки U.FL-LP-(V)-040(01) .....	78
Рис. 32:	Назначение контактов .....	85
Рис. 33:	Модель программирования аудиотракта .....	96
Рис. 34:	MC52i – вид сверху .....	103
Рис. 35:	Физические размеры MC52i (все размеры указаны в миллиметрах) ....	104
Рис. 36:	Розетка (receptacle) Hirose DF12C на модуле MC52i .....	106
Рис. 37:	Колодка (header) серии Hirose DF12.....	106
Рис. 38:	Размеры разъема Hirose DF12 .....	107
Рис. 39:	Эталонное оборудование для сертификации.....	108
Рис. 40:	Принципиальная схема типового прикладного оборудования на основе MC52i .....	111

## 0 История документа

Новый документ: "MC52i – Описание аппаратных интерфейсов", версия **01.200b**

Предыдущий документ: "MC52i – Описание аппаратных интерфейсов", версия 01.200a

Глава	Нововведения
<a href="#">5.5</a>	Скорректирован входной уровень CCIN (напряжение питания 1,8 В).

Новый документ: "MC52i – Описание аппаратных интерфейсов", версия 01.200a

Предыдущий документ: "MC52i – Описание аппаратных интерфейсов", версия 01.200

Глава	Нововведения
<a href="#">5.2</a>	Изменение расширенного диапазона температур для эксплуатации в экстремальных условиях.

Новый документ: "MC52i – Описание аппаратных интерфейсов", версия 01.200

Глава	Нововведения
	Первая редакция документа.

# 1 Введение

В настоящем документе<sup>1</sup> описываются аппаратные средства модуля MC52i, подключаемого к прикладному оборудованию сотовой связи и радиоинтерфейсу. С помощью настоящего документа можно быстро получить информацию о характеристиках интерфейсов, электрических и механических характеристиках, а также о требованиях, которые должны быть соблюдены при интеграции дополнительных компонентов.

## 1.1 Связанные документы

- [1] MC52i AT Command Set (Набор AT-команд MC52i)
- [2] MC52i Release Notes (Примечания к версии MC52i)
- [3] DSB45 Support Box - Evaluation Kit for Cinterion Wireless Module (DSB45 Support Box - испытательный комплект для устройств Cinterion Wireless Module)
- [4] Application Note 23: Installing MC52i on DSB45 (Практическое руководство 23: установка MC52i на DSB45)
- [5] Application Note 02: Audio Interface Design (Практическое руководство 02: исполнение аудиоинтерфейса)
- [6] Application Note 07: Li-Ion Batteries in GSM Applications (Практическое руководство 07: аккумуляторные батареи типа Li-Ion в прикладном GSM-оборудовании)
- [7] Application Note 16: Upgrading MC52i Firmware (Практическое руководство 16: обновление микропрограммного обеспечения MC52i)
- [8] Application Note 22: Using TTY / CTM equipment (Практическое руководство 22: использование оборудования TTY / CTM)
- [9] Application Note 24: Application Developer's Guide (Практическое руководство 24: руководство разработчика приложений)
- [10] Multiplexer User's Guide (Мультиплексор – Руководство пользователя)
- [11] Multiplexer Driver Developer's Guide (Драйвер мультиплексора – Руководство разработчика)
- [12] Multiplexer Driver Installation Guide (Драйвер мультиплексора – Руководство по установке)

Прежде чем начать использование модулей MC52i или обновить версию микропрограммного обеспечения, внимательно ознакомьтесь с последней информацией о продуктах.

Для получения дополнительной информации посетите веб-сайт Cinterion Wireless Modules:

<http://www.cinterion.com>

---

<sup>1</sup>. Настоящий документ имеет силу только при условии, что он перечислен в соответствующем документе "Примечания к версии" (Release Notes), который включен в комплект технической документации, поставляемый вместе с изделием Cinterion Wireless Modules.

## 1.2 Термины и сокращения

Сокращение	Расшифровка
ADC	Analog-to-Digital Converter; Аналого-цифровой преобразователь
AFC	Automatic Frequency Control; Автоматическая регулировка частоты
AGC	Automatic Gain Control; Автоматическая регулировка усиления
ANSI	American National Standards Institute; Американский национальный институт стандартов
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number; Абсолютный номер радиочастотного канала
ARP	Antenna Reference Point; Эталонная точка антенны
ASC0 / ASC1	Asynchronous Serial Controller; Асинхронный последовательный контроллер (эти сокращения используются для первого и второго последовательных интерфейсов MC52i)
ASIC	Application Specific Integrated Circuit; Специализированная интегральная схема
B	Thermistor Constant; Константа термистора
B2B	Board-to-board connector; Межплатный разъем
BER	Bit Error Rate; Коэффициент битовых ошибок
BTS	Base Transceiver Station; Базовая приемопередающая станция
CB / CBM	Cell Broadcast Message; Сообщение широкоэмитерной передачи в сотах
CE	Conformit Europee (European Conformity); Соответствие европейским стандартам
CHAP	Challenge Handshake Authentication Protocol; Протокол квитирования с аутентификацией
CPU	Central Processing Unit; Центральный процессор
CS	Coding Scheme; Схема кодирования
CSD	Circuit Switched Data; Передача данных с коммутацией каналов
CTS	Clear to Send; Сигнал "свободен для передачи"
DAC	Digital-to-Analog Converter; Цифро-аналоговый преобразователь
DAI	Digital Audio Interface; Цифровой аудиоинтерфейс
dBm0	Уровень цифрового сигнала; 3,14 dBm0 соответствует полной шкале (см. ITU G.711, А-закон)
DCE	Data Communication Equipment; Оборудование передачи данных (обычно модемы, например, модуль GSM)
DCS 1800	Digital Cellular System; Цифровая сотовая система (также именуется PCN)
DRX	Discontinuous Reception; Прерывистый прием
DSB	Development Support Box; Стенд разработчика
DSP	Digital Signal Processor; Цифровой сигнальный процессор
DSR	Data Set Ready; Сигнал готовности к передаче данных
DTE	Data Terminal Equipment; Оконечное оборудование передачи данных (обычно компьютер, терминал, принтер или, например, прикладное GSM-оборудование)

Сокращение	Расшифровка
DTR	Data Terminal Ready; Сигнал готовности терминала данных
DTX	Discontinuous Transmission; Прерывистая передача
EFR	Enhanced Full Rate; Усовершенствованный режим полноскоростной передачи
EGSM	Enhanced GSM; Расширенная система GSM
EMC	Electromagnetic Compatibility; Электромагнитная совместимость
ESD	Electrostatic Discharge; Электростатический разряд
ETS	European Telecommunication Standard; Европейский телекоммуникационный стандарт
FDMA	Frequency Division Multiple Access; Множественный доступ с частотным разделением
FR	Full Rate; Полноскоростной режим
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying; Гауссовская манипуляция с минимальным частотным сдвигом
GPRS	General Packet Radio Service; Общая услуга пакетной радиосвязи
GSM	Global Standard for Mobile Communications; Глобальный стандарт для мобильной связи
HiZ	High Impedance; Высокий импеданс
HR	Half Rate; Полускоростной режим
I/O	Input/Output; Ввод/вывод
IC	Integrated Circuit; Интегральная схема
IMEI	International Mobile Equipment Identity; Международный идентификатор оборудования мобильной связи
ISO	International Standards Organization; Международная организация по стандартизации
ITU	International Telecommunications Union; Международный союз электросвязи
kbps	kbits per second; килобит в секунду
LED	Light Emitting Diode; Светодиод
Li-Ion	Lithium-Ion; Литиево-ионный
Mbps	Mbits per second; Мегабит в секунду
MMI	Man Machine Interface; Человеко-машинный интерфейс
MO	Mobile Originated; Инициированный мобильным объектом
MS	Mobile Station; Терминал мобильной связи (модуль GSM), также именуется TE
MSISDN	Mobile Station International ISDN number; Международный номер ISDN терминала мобильной связи
MT	Mobile Terminated; Завершаемый на мобильном объекте
MTTF	Mean Time To Failure; Средняя наработка на отказ
NTC	Negative Temperature Coefficient; Отрицательный температурный коэффициент
OEM	Original Equipment Manufacturer; Изготовитель комплектного оборудования
PA	Power Amplifier; Усилитель мощности

Сокращение	Расшифровка
PAP	Password Authentication Protocol; Протокол аутентификации по паролю
PBCCN	Packet Switched Broadcast Control Channel; Широковещательный канал управления с коммутацией пакетов
PCB	Printed Circuit Board; Печатная плата
PCL	Power Control Level; Уровень управления мощностью
PCM	Pulse Code Modulation; Импульсно-кодовая модуляция.
PCN	Personal Communications Network; Сеть персональной связи (также именуется DCS 1800)
PDU	Protocol Data Unit; Протокольный блок данных
PLL	Phase Locked Loop; Фазовая автоподстройка частоты
PPP	Point-to-Point Protocol; Протокол двухточечной связи
PSU	Power Supply; Блок питания
R&TTE	Radio and Telecommunication Terminal Equipment; Оконечное оборудование радио- и электросвязи
RAM	Random Access Memory; Оперативная память с произвольным доступом
RF	Radio Frequency; Радиочастота
RMS	Root Mean Square; Среднеквадратическое значение
ROM	Read-Only Memory; Постоянное запоминающее устройство
RTC	Real Time Clock; Часы реального времени
Rx	Receive Direction; Направление приема
SAR	Specific Absorption Rate; Удельный коэффициент поглощения
SELV	Safety Extra Low Voltage; Безопасное сверхнизкое напряжение
SIM	Subscriber Identification Module; Модуль идентификации абонента
SMS	Short Message Service; Услуга передачи коротких сообщений
SRAM	Static Random Access Memory; Статическая оперативная память
TA	Terminal Adapter; Терминальный адаптер (например, модуль GSM)
TDMA	Time Division Multiple Access; Множественный доступ с временным разделением
TE	Terminal Equipment; Оконечное оборудование (также именуется DTE)
Tx	Transmit Direction; Направление передачи
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter; Универсальный асинхронный приемник-передатчик
URC	Unsolicited Result Code; Незапрашиваемый код результата
USSD	Unstructured Supplementary Service Data; Неструктурированные данные дополнительных услуг
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio; Коэффициент стоячей волны по напряжению
<i>Сокращения для телефонной книги</i>	
FD	SIM fixdialing phonebook; Телефонная книга с фиксированными номерами (в модуле SIM)

Сокращение	Расшифровка
LD	SIM last dialling phonebook; Телефонная книга с последними набранными номерами (в модуле SIM) (список недавно набранных номеров)
MC	Mobile Equipment list of unanswered MT calls; Список неотвеченных вызовов MT (в оборудовании мобильной связи) (пропущенные вызовы)
ME	Mobile Equipment phonebook; Телефонная книга в оборудовании мобильной связи
ON	Own Numbers; Собственные номера (MSISDN), сохраненные в SIM или ME
RC	Mobile Equipment list of received calls; Список полученных вызовов (в оборудовании мобильной связи)
SM	SIM phonebook; Телефонная книга в модуле SIM

## 1.3 Информация о соответствии нормативам и сертификации

### 1.3.1 Директивы и стандарты

Продукт MC52i соответствует требованиям нижеперечисленных директив и стандартов. Обеспечение соответствия конечного продукта всем требованиям применимых директив и стандартов, а также техническим спецификациям, изложенным в документе "MC52i – Описание аппаратных интерфейсов", является обязанностью изготовителя прикладного оборудования.

Табл. 1: Директивы

99/05/EC	<p>"Directive of the European Parliament and of the council of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity" (Директива Европейского Парламента и Совета от 9 марта 1999 г. о радиооборудовании и телекоммуникационном терминальном оборудовании и взаимном признании их соответствия) (сокращенное наименование: R&amp;TTE Directive 1999/5/EC). На продукт нанесен знак соответствия CE <b>CE 0682</b></p>
2002/95/EC	<p>"Directive of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS)" [Директива Европейского Парламента и Совета от 27 января 2003 г. об ограничении использования определенных опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании (RoHS)]</p>



Табл. 2: Стандарты европейской сертификации

3GPP TS 51.010-1	Digital cellular telecommunications system (Phase 2); Mobile Station (MS) conformance specification [Цифровая система сотовой связи (Фаза 2); спецификации соответствия мобильного терминала (MS)]
ETSI EN 301 511 V9.0.2	Candidate Harmonized European Standard (Telecommunications series) Global System for Mobile communications (GSM); Harmonized standard for mobile stations in the GSM 900 and DCS 1800 bands covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE directive (1999/5/EC) (GSM 13.11 version 7.0.1 Release 1998) [Вариант согласованного европейского стандарта (серия электросвязи) - Глобальная система мобильной связи (GSM); Согласованный стандарт по терминалам мобильной связи в диапазонах GSM 900 и DCS 1800, включающий основные требования из статьи 3.2 директивы R&TTE (1999/5/EC) (GSM 13.11, версия 7.0.1, издание 1998 г.)]
GCF-CC V3.27.1	Global Certification Forum - Certification Criteria [Глобальный сертификационный форум - Критерии сертификации]

**Табл. 2:** Стандарты европейской сертификации

<p>ETSI EN 301 489-1 V1.4.1</p>	<p>Candidate Harmonized European Standard (Telecommunications series) Electro Magnetic Compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Electro Magnetic Compatibility (ЭМС) standard for radio equipment and services; Part 1: Common Technical Requirements [Вариант согласованного европейского стандарта (телекоммуникационная серия) - Электромагнитная совместимость и вопросы радиочастотного спектра (ERM); Стандарт электромагнитной совместимости (ЭМС) для радиооборудования и служб; Часть 1: Общие технические требования]</p>
<p>ETSI EN 301 489-07 V1.2.1 (2000-09)</p>	<p>Candidate Harmonized European Standard (Telecommunications series) Electro Magnetic Compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Electro Magnetic Compatibility (ЭМС) standard for radio equipment and services; Part 7: Specific conditions for mobile and portable radio and ancillary equipment of digital cellular radio telecommunications systems (GSM and DCS) [Вариант согласованного европейского стандарта (телекоммуникационная серия) - Электромагнитная совместимость и вопросы радиочастотного спектра (ERM); Стандарт электромагнитной совместимости (ЭМС) для радиооборудования и служб; Часть 7: Особые условия для мобильного и переносного радио- и вспомогательного оборудования в цифровых сотовых системах радиосвязи (GSM и DCS)]</p>
<p>EN 60950-1 (2001)</p>	<p>Safety of information technology equipment [Безопасность оборудования информационных технологий]</p>

**Табл. 3:** Требования к качеству

<p>IEC 60068</p>	<p>Environmental testing [Испытания на воздействие внешних факторов]</p>
<p>DIN EN 60529</p>	<p>IP codes [Коды IP]</p>

**Табл. 4:** Стандарты Министерства информационных технологий Китайской Народной Республики

<p>SJ/T 11363-2006</p>	<p>“Requirements for Concentration Limits for Certain Hazardous Substances in Electronic Information Products” (2006-06) [Требования к предельной концентрации определенных опасных веществ в электронных продуктах информационных технологий].</p>
------------------------	---

Табл. 4: Стандарты Министерства информационных технологий Китайской Народной Республики

<p>SJ/T 11364-2006</p>	<p>“Marking for Control of Pollution Caused by Electronic Information Products” (2006-06) [Маркировка для контроля загрязнения окружающей среды, причиненного электронными продуктами информационных технологий].</p>  <p>Согласно ACPEIP (“Chinese Administration on the Control of Pollution caused by Electronic Information Products”; Китайские нормативы по контролю загрязнения окружающей среды, причиненного электронными продуктами информационных технологий), показатель EPUP (Environmental Protection Use Period; Период эксплуатации с обеспечением защиты окружающей среды) данного продукта составляет 20 лет, что указывается показанным здесь символом, если не нанесена иная маркировка. Период EPUP действителен только при условии, что продукт эксплуатируется с соблюдением эксплуатационных ограничений, приведенных в документе Cinterion Wireless Modules "Описание аппаратных интерфейсов".</p> <p>Табл. 5 содержит информацию о ядовитых/опасных веществах, которые могут содержаться в компонентах продукта в концентрациях, превышающих предельные значения по SJ/T 11363-2006.</p>
------------------------	---

Табл. 5: Ядовитые или опасные вещества или элементы с определенными предельными концентрациями

部件名称 Название компонента	有毒有害物质或元素  опасные вещества					
	铅 (Pb)	汞 (Hg)	镉 (Cd)	六价铬 (Cr(VI))	多溴联苯 (PBB)	多溴二苯醚 (PBDE)
金属部件 (Металлические детали)	○	○	○	○	○	○
电路模块 (Электронные модули)	X	○	○	○	○	○
电缆及电缆组件 (Кабели и кабели с разъемами)	○	○	○	○	○	○
塑料和聚合物部件 (Пластмассовые и полимерные детали)	○	○	○	○	○	○

O:  
表示该有毒有害物质在该部件所有均质材料中的含量均在SJ/T11363-2006 标准规定的限量要求以下。  
Означает, что содержание данного ядовитого или опасного вещества во всех однородных материалах данного компонента находится ниже предельно допустимой нормы, установленной в SJ/T11363-2006.

X:  
表示该有毒有害物质至少在该部件的某一均质材料中的含量超出SJ/T11363-2006标准规定的限量要求。  
Означает, что содержание данного ядовитого или опасного вещества по крайней мере в одном из однородных материалов, используемых в данном компоненте, может превышать предельно допустимую норму, установленную в SJ/T11363-2006.

### 1.3.2 Требования к SAR применительно к переносным устройствам мобильной связи

Мобильные телефоны, PDA или иные переносные передатчики или приемники, содержащие модуль GSM, должны соответствовать нормативам по воздействию радиочастотного излучения на человека. Поэтому для портативного прикладного оборудования, в котором применяется модуль MC52i, требуются оценка значения SAR (Specific Absorption Rate; Удельный коэффициент поглощения) и подтверждение соответствия этого значения национальным и/или международным нормам.

Поскольку значение SAR существенно варьируется в зависимости от технических особенностей конкретного продукта, изготовителям переносных продуктов предписывается сертифицировать свои продукты. Ниже перечислены директивы, применимые для европейских рынков. Изготовитель конечного продукта обязан проверить, действуют ли другие стандарты, рекомендации или директивы за пределами этих регионов.

*Продукты, предназначенные для сбыта на европейских рынках*

EN 50360 Стандарт на продукцию, используемый для демонстрации соответствия мобильных телефонов базовым ограничениям в отношении воздействия электромагнитных полей на человека (300 МГц - 3 ГГц).

### 1.3.3 Указания по обеспечению безопасности

Приведенные ниже указания по обеспечению безопасности должны соблюдаться на всех стадиях эксплуатации, использования, обслуживания или ремонта любого сотового терминала или устройства мобильной связи, содержащего модуль MC52i. Изготовителям сотовых терминалов предписывается сообщать приведенную ниже информацию по обеспечению безопасности пользователям и обслуживающему персоналу, а также включать данные указания во все руководства, поставляемые вместе с продуктом. Несоблюдение данных указаний приводит к нарушению норм безопасности в отношении конструирования, изготовления и целевого использования продукта. Cinterion Wireless Modules GmbH не несет ответственность за несоблюдение данных указаний заказчиком.

	<p>Находясь в больнице или в другом учреждении здравоохранения, соблюдайте ограничения на использование устройств мобильной связи. Выключайте сотовый терминал или устройство мобильной связи, если такое указание содержится в инструкциях, помещенных в уязвимых зонах. Радиочастотное излучение может оказывать воздействие на работу медицинского оборудования.</p> <p>Кардиостимуляторы и другие имплантированные медицинские устройства, а также слуховые аппараты, могут подвергаться помехам от находящихся поблизости сотовых терминалов или устройств мобильной связи. При наличии сомнений относительно потенциальной опасности обратитесь к врачу или изготовителю устройства, чтобы убедиться в надежности экранирования устройства. Пациентам со стимуляторами предписывается держать включенное переносное устройство мобильной связи на удалении от стимулятора.</p>
---	--

	<p>Выключайте сотовый терминал или устройство мобильной связи перед посадкой в самолет. Исключите возможность случайного включения терминала/устройства. Использование устройств радиосвязи на борту самолета запрещено во избежание создания помех системам связи. Нарушение этих правил может повлечь приостановку предоставления/отказ в предоставлении услуг сотовой связи нарушителю, правовое действие или и то, и другое.</p>
	<p>Не пользуйтесь сотовым терминалом или устройством мобильной связи в местах, где присутствуют огнеопасные газы или пары. Выключайте сотовый терминал вблизи автозаправочных станций, топливных складов, химических установок, а также в местах проведения взрывных работ. Работа любого электрического оборудования во взрывоопасной атмосфере является серьезной угрозой безопасности.</p>
	<p>Включенный сотовый терминал или устройство мобильной связи принимает и передает радиочастотные сигналы. Следует помнить, что такие терминалы/устройства, используемые вблизи телевизионных и радиоприемников, компьютеров или некачественно экранированного оборудования, могут являться источниками помех. Соблюдайте все специальные правила и всегда выключайте сотовый терминал или устройство мобильной связи везде, где пользование таким терминалом/устройством запрещено, либо в тех случаях, когда можно предположить, что терминал/устройство является потенциальным источником помех или создает угрозу безопасности.</p>
	<p>Безопасность дорожного движения имеет первостепенное значение! Не пользуйтесь переносным сотовым терминалом или устройством мобильной связи во время управления транспортным средством (если только для терминала/устройства не предусмотрен надежный держатель для использования терминала/устройства в режиме громкой связи). Прежде чем совершить вызов с помощью переносного сотового терминала или устройства мобильной связи, припаркуйте транспортное средство.</p> <p>К установке устройств, действующих в режиме громкой связи, допускается только квалифицированный персонал. Неправильная установка или эксплуатация может создать угрозу безопасности.</p>
	<p><b>ВАЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ!</b></p> <p>Функционирование сотовых терминалов или устройств мобильной связи базируется на использовании радиосигналов и сотовых сетей. Поэтому невозможно гарантировать установление соединения в любой момент времени и при любых условиях. По этой причине никогда не следует полагаться только на устройство беспроводной связи, если может потребоваться срочная связь (например, для совершения экстренных вызовов).</p> <p>Не забывайте, что для совершения или получения вызовов сотовый терминал или устройство мобильной связи следует держать во включенном состоянии, при этом необходимо находиться в зоне обслуживания и сотовый радиосигнал должен иметь достаточный уровень.</p> <p>Кроме того, на некоторых сетях экстренные вызовы не разрешаются при использовании некоторых сетевых услуг или функций телефона (например, функции блокировки, фиксированного набора и т. д.). Для совершения экстренного вызова может потребоваться предварительная деактивизация этих функций.</p> <p>На некоторых сетях необходимо, чтобы в сотовом терминале или устройстве мобильной связи была установлена действительная SIM-карта.</p>

## 2 Общие сведения о продукте

### 2.1 Основные характеристики и функции MC52i

Функции и характеристики	Реализация
<i>Общие характеристики</i>	
Диапазоны частот	Двойной диапазон: GSM 900/1800МГц
Класс GSM	Малый мобильный терминал (Small MS)
Выходная мощность (согласно Release 99, V5)	Класс 4 (+33 дБм ±2 дБ) для EGSM900 Класс 1 (+30 дБм ±2 дБ) для GSM1800
Электропитание	$3,3 \text{ В} \leq V_{\text{BATT+}} \leq 4,8 \text{ В}$
Температура окружающей среды при эксплуатации (согласно IEC 60068-2)	Нормальный режим: -20°C...+55°C Ограниченный режим: -40°C...-20°C и +55°C...+70°C Расширенный ограниченный режим: см. <a href="#">Раздел 5.2</a> .
Физические характеристики	Размеры: 32,5 мм x 35 мм x макс. 3,1 мм Вес: примерно 6 г
RoHS	Все аппаратные компоненты полностью соответствуют директиве EU RoHS
<i>Функции и характеристики GSM / GPRS</i>	
Передача данных	GPRS: <ul style="list-style-type: none"> <li>Класс многоканальной передачи (Multislot Class) 10</li> <li>Полная поддержка RBCCH</li> <li>Мобильный терминал класса B</li> <li>Схема кодирования 1 – 4</li> </ul> CSD: <ul style="list-style-type: none"> <li>V.110, RLP, непрозрачная передача</li> <li>2,4, 4,8, 9,6, 14,4 кбит/с</li> <li>USSD</li> </ul> PPP-стек для передачи данных GPRS
SMS	MT и MO в режиме двухточечной связи Широковещательная передача в сотах Текстовый и PDU-режим Хранение: SIM-карта плюс 25 ячеек SMS в оборудовании мобильной связи Передача SMS в режиме CSD или GPRS. Предпочтительный режим определяет пользователь.
Факсимильная связь	Группа 3; класс 2 и класс 1

Функции и характеристики	Реализация
Аудио	<p>Речевые кодеки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Полускоростной (Half Rate, ETS 06.20)</li> <li>Полноскоростной (Full Rate, ETS 06.10)</li> <li>Усовершенствованный полноскоростной (Enhanced Full Rate, ETS 06.50 / 06.60 / 06.80)</li> <li>Адаптивный многоскоростной (Adaptive Multi Rate; AMR)</li> </ul> <p>Режим громкой связи, эхо-компенсация, подавление шума, 7 различных вызывных сигналов / мелодий</p>
<i>Программное обеспечение</i>	
АТ-команды	Hayes 3GPP TS 27.007, TS 27.005, АТ-команды Cinterion Wireless Modules для совместимости с RIL
Прикладные сервисные функции SIM (SIM Application Toolkit)	Поддерживаются класс 3 SAT, GSM 11.14 (Release 98) - класс "letter "c""
Стек TCP/IP	Протоколы: TCP, UDP, HTTP, FTP, SMTP, POP3 Доступ с помощью АТ-команд
Обновление микропрограммного обеспечения	Выполнение в среде Windows – обновление через последовательный интерфейс ASC0
<i>Интерфейсы</i>	
2 последовательных интерфейса	<p>ASC0:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>8-проводной интерфейс модема с линиями состояния и управления, несимметричный, асинхронный</li> <li>Фиксированные скорости передачи: от 300 бит/с до 230000 бит/с</li> <li>Автовыбор скорости передачи: от 1200 бит/с до 230000 бит/с</li> <li>Поддерживаются аппаратное квитирование RTS0/CTS0 и программное управление потоком XON/XOFF.</li> <li>Возможность мультиплексирования согласно протоколу мультиплексирования GSM 07.10.</li> </ul> <p>ASC1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>4-проводной, несимметричный асинхронный</li> <li>Фиксированные скорости передачи: от 300 бит/с до 230000 бит/с</li> <li>Поддерживаются аппаратное квитирование RTS1/CTS1 и программное управление потоком XON/XOFF.</li> </ul>
Аудио	2 аналоговых интерфейса 1 цифровой интерфейс (DAI)
Интерфейс SIM	Поддерживаемые SIM-карты: 3 В, 1,8 В Внешний считыватель SIM-карты подключается через интерфейсный разъем (считыватель карты не является частью MC52i)
Антенна	50Ω. Внешнюю антенну можно подключать через антенный разъем или площадку под пайку.
Интерфейс модуля	50-контактный межплатный разъем
<i>Включение/выключение питания, сброс</i>	

Функции и характеристики	Реализация
Включение/выключение питания	Включение через аппаратный контакт IGT Выключение по AT-команде (AT^SMSO) Автоматическое выключение при критической температуре или напряжении
Сброс	Штатное отключение (shutdown) и сброс по AT-команде
<i>Специальные функции</i>	
Зарядка батарей	Поддерживается управление литиево-ионными и литиево-полимерными аккумуляторными батареями.
Часы реального времени	Реализация функций таймирования с помощью AT-команд
Телефонная книга	SIM и телефон
Поддержка TTY/CTM	Встроенный модем CTM
<i>Испытательный комплект</i>	
DSB45	Испытательная плата DSB45 предназначена для проведения испытаний и сертификационного тестирования изделий Cinterion Wireless Module. Эта плата предоставляет типовую конфигурацию для разработки приложений.

## 2.2 Обзор системы MC52i

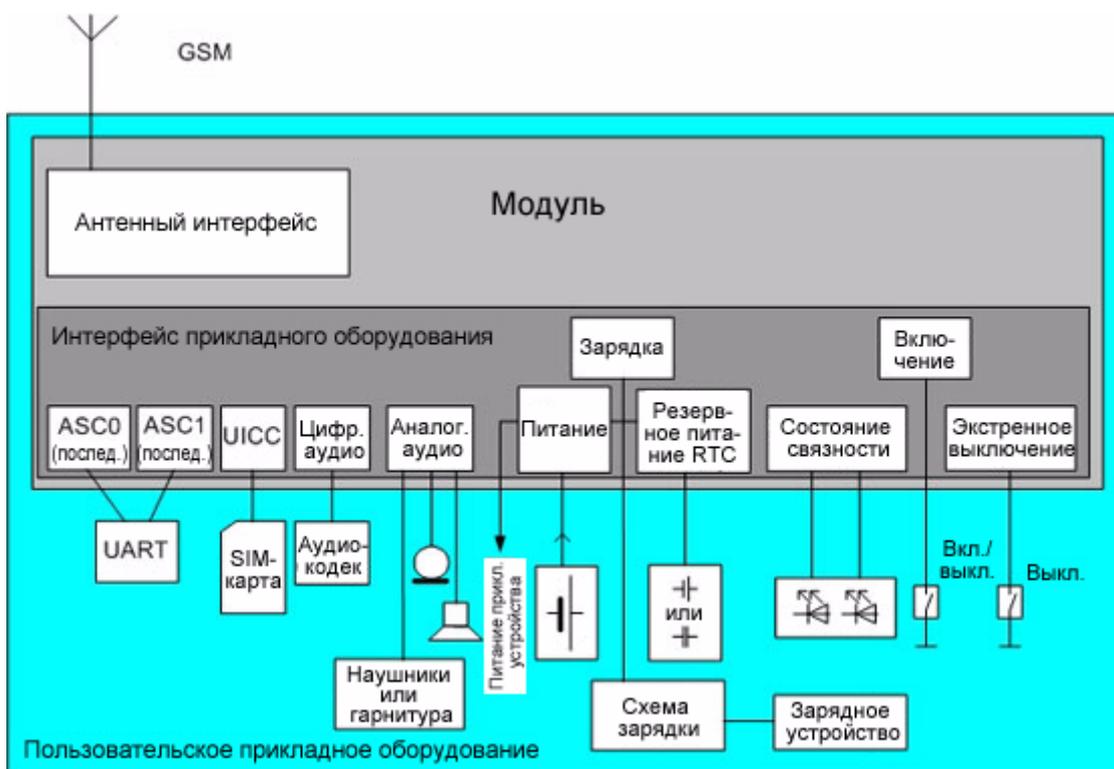


Рис. 1: Обзор системы MC52i

## 2.3 Схемное решение

На Рис. 2 показана блок-схема модуля MC52i, представляющая основные функциональные компоненты.

В состав блока обработки модулирующих сигналов входят:

- процессор модулирующих сигналов GSM;
- схема питания (ASIC);
- блочная флэш-память / SRAM.

В состав радиочастотного (RF) блока GSM входят:

- радиочастотный (RF) приемопередатчик;
- опорный тактовый генератор 26 МГц;
- усилитель мощности / модуль высокочастотного тракта с фильтром гармоник;
- SAW-фильтры приемника.

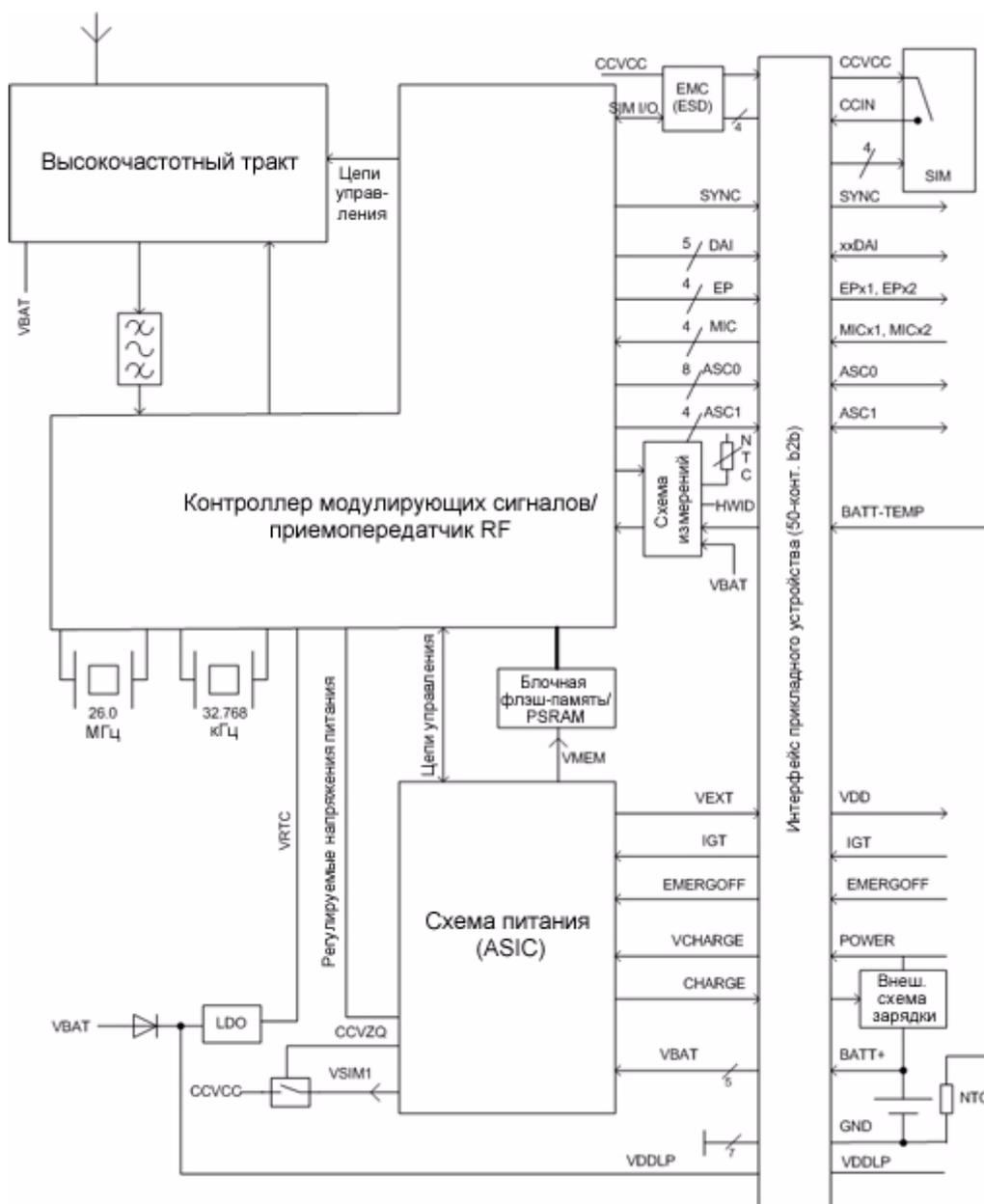


Рис. 2: Функциональная схема MC52i

### 3 Интерфейс прикладного оборудования

Модуль MC52i оснащен 50-контактным (шаг 0,5 мм) межплатным разъемом для подключения внешнего прикладного оборудования. Главный интерфейс включает ряд вспомогательных интерфейсов, описываемых в следующих разделах:

- электропитание – [Раздел 3.2](#)
- интерфейс зарядного устройства – [Раздел 3.5](#)
- последовательный интерфейс ASC0 – [Раздел 3.9](#)
- последовательный интерфейс ASC1 – [Раздел 3.10](#)
- два аналоговых аудиоинтерфейса – [Раздел 3.11](#)
- цифровой аудиоинтерфейс (DAI) – [Раздел 3.11](#)
- интерфейс SIM – [Раздел 3.12](#)
- цепи управления и индикации состояния: IGT, EMERG\_RST, PWR\_IND, SYNC – [Табл. 31](#)

Электрические и механические характеристики межплатного разъема: см. [Раздел 6.3](#). Также приведена информация, необходимая для заказа ответных разъемов и кабелей.

### 3.1 Рабочие режимы

В следующей таблице приведено краткое описание различных рабочих режимов, упоминаемых далее в документе.

**Табл. 6:** Обзор рабочих режимов

Режим	Функция	
Normal	GSM / GPRS SLEEP	С помощью команд AT+CFUN устанавливаются различные режимы энергосбережения.  Минимальная степень активности программного обеспечения. Если модуль зарегистрирован в сети GSM в режиме IDLE, он также регистрируется на BTS и поддерживает пейджинг в режиме SLEEP. Энергосбережение может выбираться на разных уровнях: В режиме NON-CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=0) AT-интерфейс деактивирован. В режимах CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=5, 6, 7, 8 и 9) AT-интерфейсы попеременно активируются и деактивируются для обеспечения постоянного доступа ко всем AT-командам.
	GSM IDLE	Программное обеспечение активно. После регистрации в сети GSM осуществляется пейджинг BTS. Модуль готов к передаче и приему.
	GSM TALK	Установлено соединение между двумя абонентами. Потребляемая мощность зависит от индивидуальных настроек сетевого охвата (включение/выключение DTX, FR/EFR/HR, последовательность смены частоты, антенна).
	GPRS IDLE	Модуль готов к обмену данными в режиме GPRS, однако передача или прием не осуществляется. Потребляемая мощность зависит от сетевых настроек и конфигурации GPRS (например, от настроек многоканальной (multislot) передачи).
	GPRS DATA	Происходит обмен данными в режиме GPRS. Потребляемая мощность зависит от сетевых настроек (например, уровня управления мощностью), скоростей передачи данных в восходящем/нисходящем направлении и конфигурации GPRS (например, от настроек многоканальной (multislot) передачи).
POWER DOWN	<p>Нормальное выключение (shutdown) после передачи команды AT^SMSO. Активным остается только стабилизатор напряжения, обеспечивающий питание схемы RTC. Программное обеспечение неактивно. Интерфейсы недоступны. Рабочее напряжение продолжает подаваться (от BATT+).</p> <p><b>Примечание:</b> во время зарядки, т. е. когда подключено зарядное устройство, выключить модуль и перейти в режим POWER DOWN невозможно. Это относится к обычному выключению, автоматическому выключению и выключению по сигналу EMERGOFF.</p>	
Alarm	Ограниченное функционирование, инициируемое функцией оповещения RTC в то время, когда модуль находится в режиме POWER DOWN. Модуль не регистрируется в сети GSM. Доступен ограниченный набор AT-команд.	

Табл. 6: Обзор рабочих режимов

Режим	Функция
Charge-only	<p>Ограниченное функционирование прикладного оборудования с питанием от аккумуляторной батареи. Обеспечивается зарядка в то время, когда модуль не подключен к сети GSM. Доступен ограниченный набор AT-команд. Существует несколько способов перехода в режим Charge-only.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Из режима POWER DOWN: в то время, когда модуль MC52i выключен по команде AT^SMSO, подключите зарядное устройство к входному контакту зарядного устройства внешней схемы зарядки и к контакту POWER модуля.</li> <li>Из режима Normal: подключите зарядное устройство к входному контакту зарядного устройства внешней схемы зарядки и к контакту POWER модуля, затем введите команду AT^SMSO.</li> </ul>
Режим Charge (во время нормальной работы)	<p>Процесс зарядки совмещается с обычными рабочими процессами (SLEEP, IDLE, TALK, GPRS IDLE, GPRS DATA). Если до завершения зарядки произошло выключение модуля, режим Charge сменяется режимом Charge-only.</p>

Табл. 12 и Табл. 13 содержат информацию о различных вариантах инициализации MC52i и переходов из одного режима в другой.

## 3.2 Электропитание

Модуль MC52i должен быть подключен к источнику питания через межплатный разъем (по 5 контактов для шин BATT+ и GND).

Источник питания для MC52i должен выдавать одно напряжение питания на шину BATT+. Источник должен выдерживать пиковый ток во время передачи в восходящем направлении.

Все основные функции, связанные с питанием устройства, реализует ASIC-схема питания. Функциональность ASIC:

- стабилизация напряжений питания для блока обработки модулирующих сигналов GSM (используются линейные стабилизаторы напряжения типа low drop);
- переключение напряжений питания модуля при выполнении процедур включения и выключения питания;
- выдача (через контакт VDD) стабилизированного напряжения для внешнего прикладного оборудования (в режиме Power-down это напряжение отсутствует);
- выдача питания для SIM через переключатель SIM.

### 3.2.1 Минимизация потерь мощности

При разработке схемы электропитания для прикладного оборудования следует обратить особое внимание на минимизацию потерь мощности. Необходимо обеспечить, чтобы входное напряжение  $V_{BATT+}$  на плате MC52i никогда не становилось ниже 3,3 В (в особенности при броске потребления во время передачи, когда типичное пиковое значение потребляемого тока может достигать 1,6 А). Следует отметить, что при выходе за этот предел модуль MC52i выключается. Падение напряжения, возникающее при броске потребления во время передачи, не должно превышать 400 мВ. Для получения дополнительной информации см. [Раздел 5.6](#).

Схема измерений контролирует пиковое и обычное значения. Падение напряжения

определяется как разность этих двух значений. Запоминается максимальное падение напряжения ( $D_{max}$ ), зафиксированное за период времени, прошедший с момента последнего запуска модуля. В режимах IDLE и SLEEP, если обнаруживается минимальное напряжение батареи ( $V_{battmin}$ ), модуль выключается.

Пример:

$V_{lmin} = 3,3 \text{ В}$

$D_{max} = 0,4 \text{ В}$

$V_{battmin} = V_{lmin} + D_{max}$

$V_{battmin} = 3,3 \text{ В} + 0,4 \text{ В} = 3,7 \text{ В}$

Оптимальным решением для уменьшения падения напряжения является использование рекомендованного межплатного соединения и источника питания с малым импедансом. Кроме того, следует принимать во внимание сопротивление цепей питания на главной плате и в блоке аккумуляторной батареи.

*Примечание: если для прикладного оборудования требуется переходной кабель между двумя межплатными разъемами, следует использовать кабель минимально возможной длины для минимизации потерь мощности.*

Пример: если длина кабеля достигает макс. 200 мм, то, например, сопротивление в цепи BATT+ может составить 50 мΩ и сопротивление в цепи GND также может составить 50 мΩ. В результате пиковый ток 1,6 А при броске потребления во время передачи может привести к суммарному падению напряжения 160 мВ. Кроме того, если используется блок аккумуляторной батареи, могут появиться дополнительные потери, обусловленные сопротивлением цепей аккумуляторной батареи и ее внутренним сопротивлением (с учетом схемы защиты).

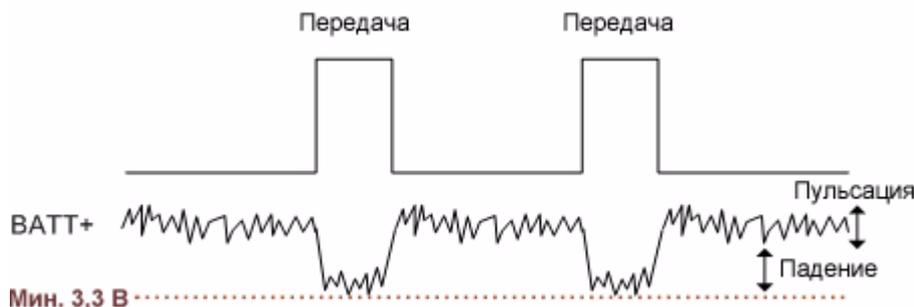


Рис. 3: Питание: предельные значения при передаче

### 3.2.2 Измерение напряжения питания ( $V_{\text{BATT+}}$ )

На Рис. 4 показаны эталонные контрольные точки для измерения напряжения питания  $V_{\text{BATT+}}$  на модуле: TP BATT+ и TP GND. Обе контрольные точки расположены рядом с межплатным разъемом модуля.

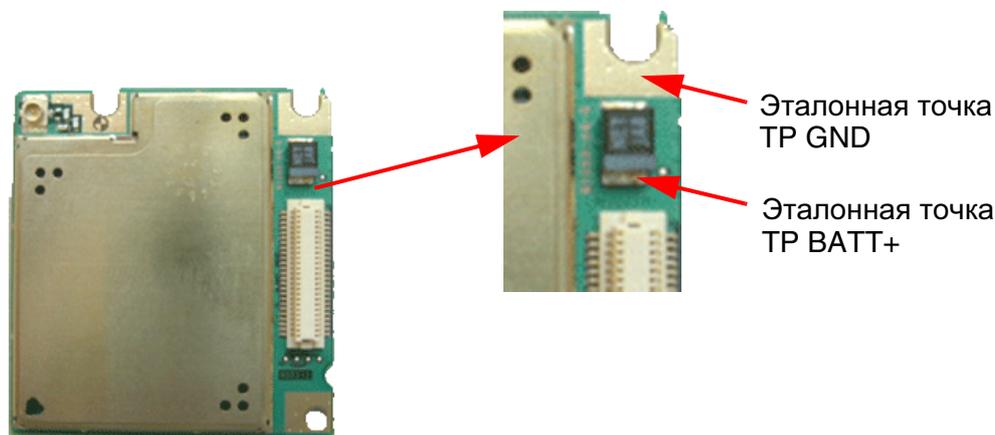


Рис. 4: Местоположение эталонных контрольных точек TP BATT+ и TP GND

### 3.2.3 Контроль питания

Для контроля напряжения питания можно пользоваться командой AT^SBV, в результате выполнения которой возвращается значение напряжения между контрольными точками TP BATT+ и TP GND.

Напряжение непрерывно измеряется в течение интервалов времени, зависящих от рабочего режима радиочастотного интерфейса. Продолжительность измерения варьируется от 0,5 с в режиме TALK/DATA до 50 с, когда MC52i находится в режиме IDLE или в режиме Limited Service (ограничение обслуживания при отсутствии регистрации). Отображаемое значение напряжения (в мВ) является средним значением за последний период измерения, прошедший перед выполнением команды AT^SBV.

### 3.3 Сценарии включения/выключения питания

Существует общее правило: питание модуля MC52i не следует включать, если напряжение и температура не находятся в рабочих диапазонах, указанных в настоящем документе (см. [Раздел 5.2](#) и [Раздел 5.6](#)). Модуль MC52i немедленно выключается, если после его запуска обнаруживаются недопустимые внешние условия.

#### 3.3.1 Включение MC52i

В следующих разделах рассматриваются различные способы запуска модуля MC52i.

- Аппаратный начальный запуск с использованием цепи IGT: переход в режим Normal (см. [Раздел 3.3.1.1](#) и [Раздел 3.3.1.2](#)).
- Программный сброс по команде AT+CFUN: переход в режим Normal или Alarm.
- Аппаратный начальный запуск с использованием цепи VCHARGE: инициируется алгоритм зарядки (см. [Раздел 3.3.1.3](#) и [Раздел 3.5.6](#)).
- Запуск из режима Power-down с использованием прерывания RTC: переход в режим Alarm (см. [Раздел 3.3.1.4](#)).

##### 3.3.1.1 Включение MC52i по сигналу IGT (Включение питания)

Для включения MC52i необходимо, чтобы в цепи сигнала IGT (Ignition; Запуск) удерживался уровень земли в течение не менее 100 мс после достижения уровня 3,3 В в цепи BATT+. Это можно осуществить с помощью формирователя с открытым стоком/коллектором, не допускающего прохождение тока в данный контакт.

В прикладном оборудовании MC52i, работающем от аккумуляторной батареи, длительность сигнала IGT должна составлять не менее 1 с, если подключено зарядное устройство и при этом необходимо перейти из режима Charge-only в режим Normal.

Установление сигнала CTS означает, что модуль готов к приему данных от ведущего прикладного оборудования. Кроме того, если в конфигурации модуля задана фиксированная скорость передачи (AT+IPR0), модуль отправляет код URC “^SYSSTART”, уведомляющий ведущее прикладное оборудование о том, что в модуль можно передать первую AT-команду. Интервал времени до отправки кода URC зависит от SIM-карты и может достигать до двух секунд (в особенности в том случае, когда на SIM-карте деактивирован запрос SIM PIN).

Обратите внимание, что URC “^SYSSTART” не генерируется, если активирован автовыбор скорости передачи (AT+IPR=0).

Для того чтобы прикладное оборудование могло распознавать состояние готовности модуля, рекомендуется использовать аппаратное управление потоком, устанавливаемое с помощью AT\Q (для получения дополнительной информации см. [\[1\]](#)). Установкой по умолчанию для MC52i является AT\Q0 (отсутствие управления потоком). Вместо этой установки следует задать AT\Q3 (квитирование RTS/CTS). Если в схематехнике прикладного оборудования цепи RTS/CTS не предусмотрены, главное прикладное оборудование будет ожидать, по крайней мере, получение кода URC “^SYSSTART”. Однако, если не используются и коды URC (вследствие автовыбора скорости передачи), то единственным способом проверки состояния готовности модуля является проведение опроса. С этой целью можно повторять передачу символов (например, “at”) до получения ответа от модуля.

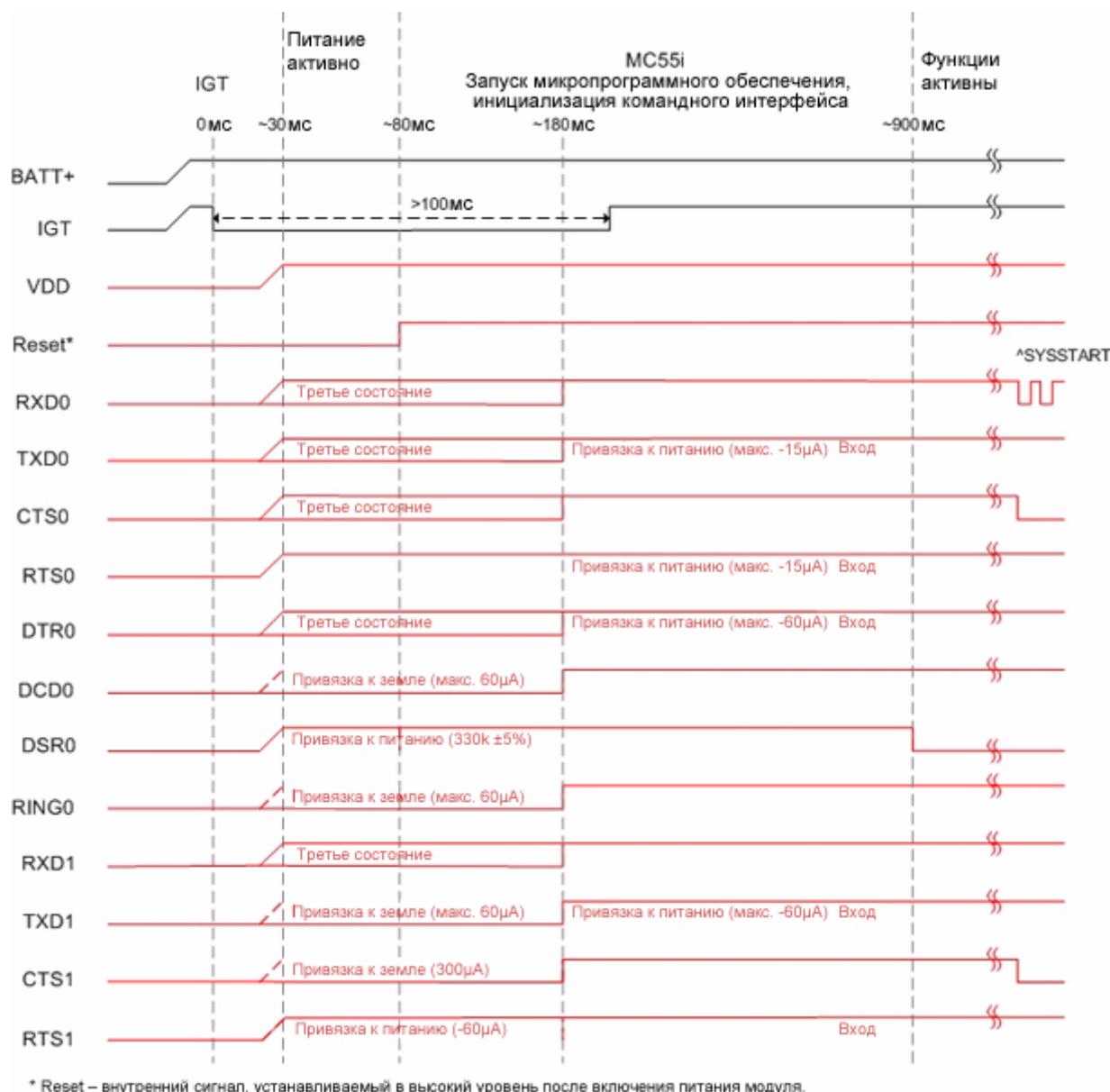


Рис. 5: Включение питания по сигналу Ignition

### 3.3.1.2 Тайминг включения по сигналу Ignition

При разработке прикладного оборудования следует учитывать нижеперечисленные необходимые факторы для включения питания MC52i.

- Сигнал Ignition не должен подаваться, пока напряжение  $V_{\text{BATT+}}$  не превысит уровень 3,3 В.
- Для включения модуля длительность сигнала должна составить 100 мс.
- Следует обеспечить, чтобы во время подачи сигнала Ignition напряжение  $V_{\text{BATT+}}$  не становилось ниже 3,3 В. В противном случае модуль не активируется.

**Примечание:** Если после включения питания в цепи IGT сохраняется низкий уровень, модуль невозможно выключить по команде AT^SMSO или сигналу EMERG\_OFF. Вместо выключения происходит автоматический перезапуск модуля.

### 3.3.1.3 Включение MC52i по сигналу POWER

Как указано ниже (см. [Раздел 3.5.6](#)), зарядное устройство можно подключать независимо от рабочего режима модуля.

Если зарядное устройство подключено к входу зарядного устройства во внешней схеме зарядки и к контакту POWER модуля, когда модуль MC52i выключен, то запускается управляемый процессором процесс быстрой зарядки (см. [Раздел 3.5.5](#)). Модуль MC52i переходит в режим ограниченного функционирования, называемый режимом Charge-only (при этом иницируется только алгоритм зарядки).

В режиме Charge-only модуль MC52i не регистрируется в сети GSM и отсутствует полный доступ к последовательным интерфейсам. Для перехода в режим нормального функционирования и регистрации в сети GSM требуется активировать цепь IGT.

### 3.3.1.4 Включение MC52i с использованием RTC (режим Alarm)

Еще одним способом включения питания является использование схемы RTC, постоянно запрашиваемой от отдельного стабилизатора напряжения в схеме ASIC питания. Схема RTC реализует функцию оповещения, позволяющую запустить модуль MC52i в то время, когда внутренние стабилизаторы напряжения выключены. Во избежание непреднамеренной регистрации модуля в сети GSM, в результате выполнения данной процедуры разрешается только ограниченный режим, называемый режимом Alarm. Этот режим не следует путать с вызовом-побудкой (wake-up/ alarm call), который можно активировать с помощью той же самой AT-команды, но без выключения питания.

Для установки времени оповещения воспользуйтесь командой *AT+CALA*. Если питание MC52i выключается по команде *AT^SMSO*, время оповещения сохраняется в RTC. По наступлении времени оповещения и выполнении соответствующей процедуры модуль MC52i переходит в режим Alarm. Это событие указывается следующим кодом URC (Unsolicited Result Code; Незапрашиваемый код результата):

```
^SYSSTART ALARM MODE
```

Следует отметить, что данный код URC, являющийся единственной индикацией режима Alarm, не выводится, если активирован автовыбор скорости передачи (из-за отсутствия синхронизации между DTE и DCE при начальном запуске). Поэтому перед использованием режима Alarm рекомендуется выбрать фиксированную скорость передачи.

В режиме Alarm доступно ограниченное число AT-команд. Для получения дополнительной информации см. "Набор AT-команд".

Табл. 7: AT-команды, доступные в режиме Alarm

AT-команда	Использование
AT+CALA	Установка времени оповещения
AT+CCLK	Установка даты и времени RTC

Табл. 7: AT-команды, доступные в режиме Alarm

AT-команда	Использование
AT^SBC	В режиме Alarm можно запросить только текущее значение потребляемого тока и проверить, подключено ли зарядное устройство. Возвращается нулевое значение емкости батареи, независимо от фактического значения напряжения (модуль не получает результаты измерений, выполняемых непосредственно на батарее).
AT^SCTM	Запрос температурного диапазона, активация/деактивация URC для индикации критических температурных диапазонов.
AT^SMSO	Выключение питания модуля GSM

Для перевода модуля GSM из режима Alarm в полнофункциональный режим (рабочий режим Normal) необходимо установить уровень земли в цепи Ignition. Это должно быть реализовано в главном прикладном оборудовании (см. [Раздел 3.3.1.1](#)).

Если MC52i находится в режиме ALARM и при этом к цепи POWER подключается зарядное устройство, то начинается зарядка, а MC52i продолжает оставаться в режиме ALARM. См. также [Раздел 3.7](#), где приведены различные варианты смены рабочих режимов.

Если в главном прикладном оборудовании используется контакт SYNC для управление светодиодным индикатором состояния (см. [Раздел 3.13.2.2](#)), следует учитывать, что этот индикатор выключен, когда модуль GSM находится в режиме Alarm.

### 3.3.2 Выключение MC52i

Для выключения модуля могут применяться нижеперечисленные процедуры.

- *Нормальное выключение (Normal shutdown)*: процедура, выполняемая под управлением программного обеспечения – через последовательный интерфейс прикладного оборудования передается команда AT^SMSO. См. [Раздел 3.3.2.1](#).
- *Экстренное выключение (Emergency shutdown)*: аппаратное подключение цепи EMERGOFF на межплатном разъеме к земле = немедленное отключение напряжений питания. Эта процедура применяется только в случае невыполнения программной процедуры. См. [Раздел 3.3.2.2](#).
- *Автоматическое выключение (Automatic shutdown)*: См. [Раздел 3.3.3](#).
  - Выполняется при обнаружении пониженного напряжения.
  - Выполняется при выходе температуры платы MC52i за критический порог.

#### 3.3.2.1 Выключение MC52i по AT-команде

Наилучшим и самым безопасным способом выключения питания MC52i является выдача команды AT^SMSO. При выполнении этой процедуры модуль MC52i отключается от сети, программное обеспечение переходит в защищенное состояние и сохраняет данные перед выключением питания. Этот режим называется режимом POWER DOWN. В этом режиме остается активной только схема RTC.

Перед выключением устройство выдает следующее ответное сообщение:

```
^SMSO: MS OFF
```

OK  
^SHUTDOWN

После передачи AT^SMSO не вводите никакие другие AT-команды. Выключение модуля можно проверить двумя способами.

- Дождитесь получения URC “^SHUTDOWN”. Этот URC означает, что данные были сохранены в энергонезависимой памяти и модуль выключится менее чем через 1 с.
- Также можно контролировать уровень на контакте VDD. Низкий уровень на контакте VDD означает, что модуль выключен.

Не допускайте отключение рабочего напряжения  $V_{\text{BATT+}}$  до получения URC “^SHUTDOWN” и установления низкого уровня сигнала VDD. В противном случае могут быть утрачены рабочие данные.

Когда MC52i находится в режиме POWER DOWN, интерфейс прикладного оборудования выключен и в него не должны поступать сигналы от посторонних источников. Следовательно, прикладное оборудование необходимо разработать так, чтобы не допустить прохождения тока в контакты цифровых сигналов интерфейса прикладного оборудования.

*Примечание: в режиме POWER DOWN контакт EMERGOFF, выходные контакты RXD0, CTS0, DCD0, DSR0, RING0 интерфейса ASC0, выходные контакты RXD1 и CTS1 интерфейса ASC1 переключаются в состояние высокого импеданса.*

*Если это приводит к тому, что соответствующие входные контакты на прикладном оборудовании становятся "висящими", рекомендуется подключить дополнительный резистор (100 к – 1 М) к каждой из этих цепей. Контакты последовательного интерфейса можно привязать через резисторы или к высокому уровню (VDD), или к низкому уровню (GND).*

### 3.3.2.2 Экстренное выключение по сигналу EMERGOFF

*Предостережение. Используйте сигнал EMERGOFF только при возникновении серьезной проблемы, когда свыше 5 секунд отсутствует ответ от программного обеспечения. Подача сигнала EMERGOFF приводит к потере всех данных, хранящихся в энергозависимой памяти, поскольку происходит немедленное отключение питания. Следовательно, эта процедура применяется только в экстренных ситуациях, например, когда штатное выключение модуля MC52i завершилось неудачно.*

Сигнал EMERGOFF выдается на контакт межплатного разъема. Для управления цепью EMERGOFF рекомендуется использовать формирователь с открытым стоком/коллектором. Для выключения модуля GSM необходимо, чтобы в цепи EMERGOFF удерживался уровень земли в течение не менее 10 мс.

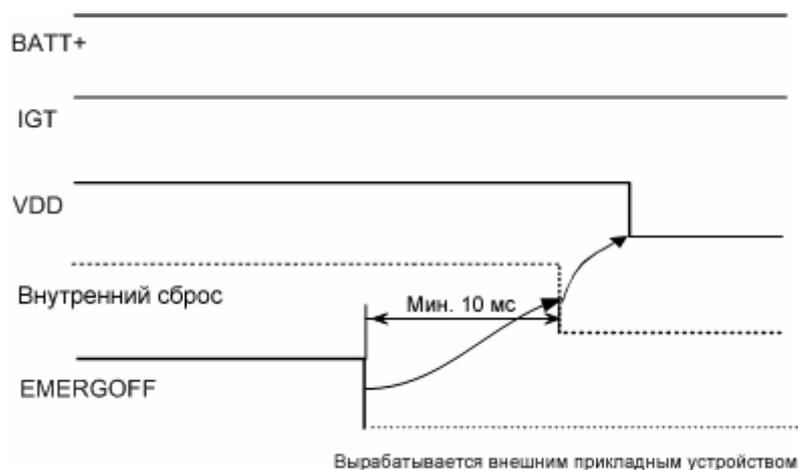


Рис. 6: Деактивация модуля GSM по сигналу EMERGOFF

### 3.3.3 Автоматическое выключение

Автоматическое выключение выполняется, когда:

- превоен критический порог перегрева или переохлаждения платы MC52i;
- превоен критический порог перегрева или переохлаждения аккумуляторной батареи;
- обнаружено пониженное напряжение.

Процедура автоматического выключения выполняется так же, как процедура выключения питания по команде AT^SMSO, т. е. модуль MC52i отключается от сети и программное обеспечение переходит в защищенное состояние во избежание потери данных. *Примечание: это не относится к ситуациям с возникновением перенапряжений или неисправимых аппаратных/программных ошибок (см. информацию ниже).*

Перед выключением устройства выдаются оповещения в виде кодов URC (Unsolicited Result Code; Незапрашиваемый код результата). Выдачу этих URC можно активировать или деактивировать с помощью двух AT-команд: AT^SBC и AT^SCTM. Режим представления URC варьируется в зависимости от конкретных условий (см. [Раздел 3.3.3.1](#) - [Раздел 3.3.3.3](#)). Для получения дополнительной информации об AT-командах см. "[1].

#### 3.3.3.1 Термовыключение

Температура платы постоянно контролируется с помощью внутреннего NTC-резистора, размещенного на PCB. NTC-резистор, определяющий температуру аккумуляторной батареи, должен быть включен в схему блока аккумуляторной батареи (см. [Раздел 3.5.3](#)). Определяемые с помощью этих NTC-резисторов значения отражают измерения, проводимые непосредственно на плате или батарее, и, соответственно полностью соответствуют температуре окружающей среды.

Всякий раз, когда температура платы или аккумуляторной батареи выходит за допустимый диапазон или возвращается в него, модуль MC52i немедленно выводит оповещение (если такой вывод активирован).

- Согласно кодам URC, указывающим уровень "1" или "-1", пользователь может принять необходимые меры по защите модуля от экстремальных внешних условий. Представление кодов URC определяется установками, заданными с помощью команды записи AT^SCTM.  
AT^SCTM=1: представление кодов URC всегда активировано.  
AT^SCTM=0 (по умолчанию): представление кодов URC активируется на 2-минутный контрольный период после запуска MC52i. По истечении 2-минутного контрольного периода представление деактивируется, т. е. коды URC с уровнями оповещения "1" или "-1" не генерируются.
- Выдача кодов URC, указывающих уровень "2" или "-2", сопровождается немедленным штатным выключением (кроме определенных случаев – см. [Раздел 3.3.3.2](#)). Представление этих кодов URC всегда активировано, т. е. они выводятся, даже если заводская установка AT^SCTM=0 никогда не изменялась.

Максимально допустимые значения температуры: см. [Раздел 5.2. Табл. 8](#) содержит информацию о соответствующих кодах URC.

**Табл. 8:** Поведение в зависимости от температуры

Выдача оповещения о температуре (в течение 2 мин после запуска, в противном случае только если активировано представление URC)	
^SCTM_A: 1	Батарея: приближение к верхнему порогу температуры
^SCTM_B: 1	Плата: приближение к верхнему порогу температуры
^SCTM_A: -1	Батарея: приближение к нижнему порогу температуры
^SCTM_B: -1	Плата: приближение к нижнему порогу температуры
^SCTM_A: 0	Батарея: возврат в допустимый температурный диапазон
^SCTM_B: 0	Плата: возврат в допустимый температурный диапазон
Автоматическое выключение (URC выдается независимо от активации представления)	
^SCTM_A: 2	Оповещение, батарея: достигнут или превзойден верхний порог температуры. MC52i выключается.
^SCTM_B: 2	Оповещение, плата: достигнут или превзойден верхний порог температуры. MC52i выключается.
^SCTM_A: -2	Оповещение, батарея: достигнут или превзойден нижний порог температуры. MC52i выключается.
^SCTM_B: -2	Оповещение, плата: достигнут или превзойден нижний порог температуры. MC52i выключается.

### 3.3.3.2 Отложенное выключение при экстремальных температурных условиях

Когда превзойден критический температурный порог, автоматическое выключение откладывается в следующих случаях:

- выполняется экстренный вызов;
- не истек 2-минутный контрольный период после включения питания. Контрольный период специально введен для того, чтобы пользователь мог выполнить экстренный вызов. Инициирование такого вызова продлевает контрольный период вплоть до момента завершения вызова. Любые другие сетевые операции могут быть прекращены по истечении контрольного периода.

Если действует режим отложенного выключения, модуль MC52i продолжает измерять температуру и отправляет оповещения, но деактивирует функциональность выключения. По истечении 2-минутного контрольного периода или завершении вызова отслеживание температуры полностью возобновляется. Если температура по-прежнему находится вне допустимого диапазона, модуль MC52i немедленно выключается (без выдачи дополнительного оповещения).

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ!** Автоматическое выключение представляет собой функцию обеспечения безопасности, не допускающую повреждение модуля. Продление использования средств отложенного выключения может привести к повреждению модуля и, возможно, к другим серьезным последствиям.

### 3.3.3.3 Выключение при пониженном напряжении

Если измеряемое напряжение аккумуляторной батареи недостаточно для совершения вызова, выводится следующий код URC:

^SBC: Undervoltage.

Это сообщение появляется, например, пользователь выполняет попытку вызова в то время, когда значение напряжения приблизилось к критическому порогу и возникают дополнительные потери мощности при броске потребления во время передачи. URC выводится несколько раз перед выключением модуля, чтобы напомнить пользователю о необходимости зарядки аккумуляторной батареи.

Для активации или деактивации URC используется команда AT^SBC. URC активируется при вводе команды записи и указании потребляемой мощности прикладного оборудования GSM. Подробные инструкции см. в документе [\[1\]](#).

### 3.3.3.4 Выключение при повышенном напряжении

Применительно к условиям повышенного напряжения программно управляемое выключение не реализовано. Если напряжение питания превысило максимально допустимый уровень (см. [Табл. 32](#)), может произойти потеря данных или даже невосстановимое программное повреждение.

Следует иметь в виду, что несколько компонентов MC52i напрямую подключены к шине VBAT+ и, следовательно, напряжение питания продолжает подаваться на основные элементы MC52i. К повышенному напряжению наиболее чувствителен усилитель мощности, и он может выйти из строя.

## 3.4 Автоматическое изменение класса многоканальной передачи (Multislot Class) GPRS

Контроль температуры также действует при функционировании в режиме GPRS Multislot Class 10. Если температура платы приближается к порогу, определенному для ограниченного режима (см. [Раздел 5.2](#) для получения информации о предельных значениях температуры), и при этом осуществляется передача данных по GPRS, модуль автоматически переходит из режима GPRS Multislot Class 10 (2Tx) в режим Class 8 (1Tx). Это приводит к снижению потребляемой мощности и, следовательно, к уменьшению температуры платы. Как только температура станет на 5 градусов меньше порога для

ограниченного режима, модуль MC52i возвращается в режим Multislot Class более высокого уровня. Если температура остается на критическом уровне или превосходит его, модуль MC52i не возвращается в режим более высокого уровня.

После перехода из режима Multislot Class 10 в режим Multislot 8 возможное обратное переключение в режим Multislot Class 10 блокируется на одну минуту.

Следует отметить, что переключение в режим GPRS Multislot Class низкого уровня вызывается несколькими причинами. Такое переключение может быть обусловлено рядом факторов, поскольку температура платы в значительной степени зависит от окружающей температуры, рабочего режима и мощности передачи. Кроме того, необходимо учитывать, что существует некоторая задержка в переходе сети к взаимодействию в режиме Multislot Class низкого или, соответственно, высокого уровня. Время задержки зависит от сети. В исключительных случаях, когда это время в сети слишком велико и температура не успевает достаточно снизиться из-за задержки, может произойти выключение модуля (см. [Раздел 3.3.3.1](#)).

## 3.5 Управление зарядкой

В модуле MC52i имеются встроенные средства управления зарядкой литиево-ионных и литиево-полимерных аккумуляторных батарей. Пропустите эту главу, если обеспечение зарядки не входит в число решаемых задач или не предполагается использовать реализованный алгоритм зарядки.

В последующих разделах содержится общая информация о характеристиках зарядки и аккумуляторных батарей. Для получения подробной информации обратитесь к документу [6] (требования к аккумуляторным батареям и зарядным устройствам, схемы зарядки и анализ рабочих задач, связанных с обеспечением функционирования прикладного оборудования GSM/GPRS с питанием от аккумуляторных батарей).

### 3.5.1 Требования к аппаратным средствам

В модуле MC52i отсутствует собственная схема зарядки, однако модуль выдает (по цепям POWER и CHARGE) сигналы управления, необходимые для запуска и останова процесса зарядки. Чтобы воспользоваться встроенными средствами управления зарядкой, необходимо включить в состав прикладного оборудования схему зарядки (см. Рис. 40).

### 3.5.2 Требования к программному обеспечению

Используйте команду AT^SBC с параметром <current> для ввода значения тока, потребляемого главным прикладным оборудованием. Если используется VDD, также следует приплюсовать ток в цепи VDD.

На основе этой информации модуль MC52i может корректно определить окончание зарядки и автоматически прекратить зарядку, когда батарея полностью заряжена.

Если значение <current> не указано и не обнаружен NTC аккумуляторной батареи, то по команде AT^SBC возвращается только текущее значение тока, потребляемого модулем.

Если значение <current> не указано, но обнаружен NTC-резистор подключенной батареи, то устанавливается значение смещения 200 мА (значение по умолчанию). Это значение соответствует предполагаемому потребляемому току типичного внешнего прикладного оборудования, подключенного к модулю MC52i.

Значение параметра <current> не сохраняется в энергонезависимой памяти, т. е. всякий раз, когда модуль выключается или сбрасывается, восстанавливается значение по умолчанию. Поэтому, чтобы обеспечить оптимальное управление зарядкой, рекомендуется вводить значение параметра при каждом запуске модуля.

Для получения подробной информации о команде AT^SBC обратитесь к документу [1].

### 3.5.3 Характеристики блока аккумуляторной батареи

Алгоритм зарядки оптимизирован для блока литиево-ионной аккумуляторной батареи, имеющего нижеуказанные характеристики (Табл. 9). Прикладное оборудование MC52i рекомендуется оснащать блоком аккумуляторной батареи, который соответствует этим спецификациям. Это обеспечит надежное функционирование, должную зарядку и, что особенно важно, контроль емкости батареи с использованием команды AT^SBC (для получения дополнительной информации см. [1]). Несоответствие спецификациям может привести к тому, что по команде AT^SBC будут возвращаться неправильные значения емкости батареи.

- Блок литиево-ионной или литиево-полимерной аккумуляторной батареи с максимальным напряжением зарядки 4,2 В и емкостью свыше 500 мАч.
- Поскольку зарядка и разрядка существенно зависят от температуры батареи, в блок аккумуляторной батареи должен быть включен NTC-резистор. Если NTC-резистор не находится внутри батареи, он должен иметь термический контакт с батареей. NTC-резистор должен быть подключен между цепями BATT\_TEMP и GND. Требуемые характеристики NTC-резистора:  $10k\Omega \pm 5\%$  при  $25^\circ C$ ,  $B_{25/85} = 3435K \pm 3\%$  (допустимая замена:  $10k\Omega \pm 2\%$  при  $25^\circ C$ ,  $B_{25/50} = 3370K \pm 3\%$ ). Следует учитывать, что NTC-резистор необходим для должного выполнения зарядки, т. е. процесс зарядки не будет запускаться при отсутствии NTC-резистора.
- В блок должна быть встроена схема защиты, способная обнаруживать повышенное напряжение (защита от перезарядки), пониженное напряжение (защита от глубокой разрядки) и чрезмерный ток. Схема должна быть нечувствительной к импульсному току.
- В модуле MC52i имеется встроенная схема измерений, постоянно контролирующая напряжение питания. При обнаружении пониженного напряжения эта схема инициирует выключение питания MC52i. Пороговые значения пониженного напряжения специфичны для конкретного блока аккумуляторной батареи и должны рассчитываться для целевой модели. При расчете пороговых значений пониженного напряжения следует учитывать потребляемый ток и модуля MC52i, и прикладного оборудования.
- Внутреннее сопротивление батареи и схемы защиты должно быть минимально возможным. Рекомендуемое значение – не выше 0,15 Ом (даже в экстремальных условиях при низкой температуре). Аккумуляторный элемент не должен разрушаться, возгораться и выделять газ при экстремальных условиях по температуре и зарядке (напряжение, ток).
- Блок аккумуляторной батареи должен быть защищен от подключения с обратной полярностью. Например, корпус должен быть сконструирован так, чтобы при установке пользователь не мог выбрать неправильное расположение батареи.
- Блок аккумуляторной батареи должен быть сертифицирован на соответствие требованиям CE.

На Рис. 7 показана принципиальная схема типового блока аккумуляторной батареи с вышеуказанными элементами защиты.

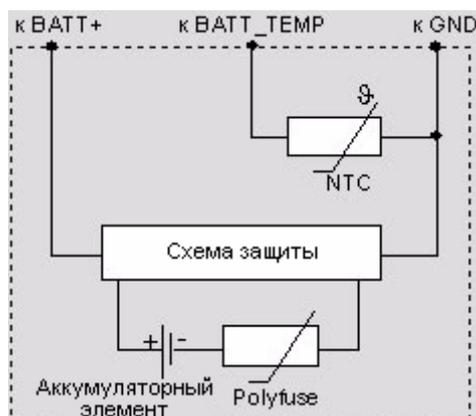


Рис. 7: Принципиальная схема блока аккумуляторной батареи

Табл. 9: Характеристики блоков аккумуляторных батарей, пригодных для MC52i

Тип батареи	Литиево-ионная или литиево-полимерная аккумуляторная батарея
Номинальное напряжение	3,6 В / 3,7 В
Емкость	Мин. 500 мАч
NTC	10 кΩ ± 5% при 25°C примерно 5 кΩ при 45°C примерно 26,2 кΩ при 0°C Диапазон В-значений: от В (25/85)=3423К до В =3435К ± 3%
Обнаружение перезарядки, напряжение	4,325 ± 0,025 В
Обнаружение переразрядки, напряжение	2,4 В
Выход из переразрядки, напряжение	2,6 В
Обнаружение чрезмерного тока	3 ± 0,5 А
Обнаружение чрезмерного тока, время задержки	4 ~ 16 мс
Обнаружение КЗ, время задержки	50 мкс
Внутреннее сопротивление	<130 мΩ Примечание: максимальное значение внутреннего сопротивления 150мΩ не должно быть превышено даже после 500 циклов и при экстремальных условиях.

### 3.5.4 Аккумуляторные батареи, испытанные на совместное использование с MC52i

Для прикладного оборудования MC52i можно порекомендовать одну из следующих двух аккумуляторных батарей, производимых компанией VARTA Microbattery GmbH. Обе батареи отвечают вышеперечисленным требованиям. Тщательные испытания, проведенные компанией Cinterion Wireless Modules, подтвердили пригодность этих батарей для MC52i.

- LIP 653450 TC, type Lithium Ion (литиево-ионная).  
Эта батарея входит в перечень стандартной продукции VARTA. Эта батарея, заключенная в термоусадочную оболочку, выбрана для использования в эталонном образце.
- PLF 503759C.PCM, type PoLiFlex® Lithium Polymer (литиево-полимерная)  
Эта батарея VARTA специально предназначена для использования в электронном прикладном оборудовании, таком как мобильные телефоны, PDA, плееры MP3, охранные и телематические устройства. Она имеет такие же характеристики, как вышеуказанная литиево-ионная батарея, но, благодаря применению полимеров, отличается меньшими размерами, меньшим весом и выпускается без корпуса.

Характеристики, конструктивные чертежи информацию о поставщиках этих батарей VARTA см. в документе [6].

### 3.5.5 Реализованный способ зарядки

Если внешняя схема зарядки выполнена в соответствии с рекомендациями (см. Рис. 40), процесс зарядки состоит из компенсационной зарядки и управляемой процессором быстрой зарядки.

#### *Компенсационная зарядка*

- Компенсационная зарядка начинается в момент подключения зарядного устройства к входу зарядного устройства внешней схемы зарядки и к контакту POWER модуля. Зарядный ток зависит от разности напряжений на входе зарядного устройства внешней схемы зарядки и в цепи BATT+ модуля.
- Компенсационная зарядка прекращается, когда напряжение батареи достигает 3,6 В.

#### *Быстрая зарядка*

- Когда в результате компенсационной зарядки напряжение батареи достигает 3,3 В, включается схема ASIC питания и эта схема запускает процессор модулирующих сигналов. После этого начинается управляемая процессором быстрая зарядка.
- Однако, если батарея глубоко разряжена (напряжение ниже 2,2 В), ASIC питания не запускает процессор модулирующих сигналов и по достижении напряжения 3,3 В быстрая зарядка не начинается. В таком случае, как только напряжение батареи превысит 2,2 В, следует отключить зарядное устройство и повторно подключить его. Если напряжение батареи уже превышает 3,3 В, то сразу после подключения зарядного устройства к входу зарядного устройства внешней схемы зарядки и к контакту POWER модуля начинается управляемая процессором быстрая зарядка. Если модуль MC52i находился в режиме POWER DOWN, он включается и переходит в режим Charge-only при одновременном выполнении быстрой зарядки (см. также Раздел 3.3.1.3).

В процессе быстрой зарядки подается неизменяющийся ток, пока напряжение батареи не достигнет 4,2 В, а затем подаются меняющиеся импульсы заряда. Как показано ниже (Рис. 8), скважность импульсов уменьшается для корректировки процесса зарядки и недопущения выхода напряжения за порог 4,2 В. Когда длительность импульса достигает минимального значения (100 мс) и скважность не меняется в течение 2 минут, быстрая зарядка завершается.

- Выполнение быстрой зарядки возможно только при температуре от 0С до +45С.

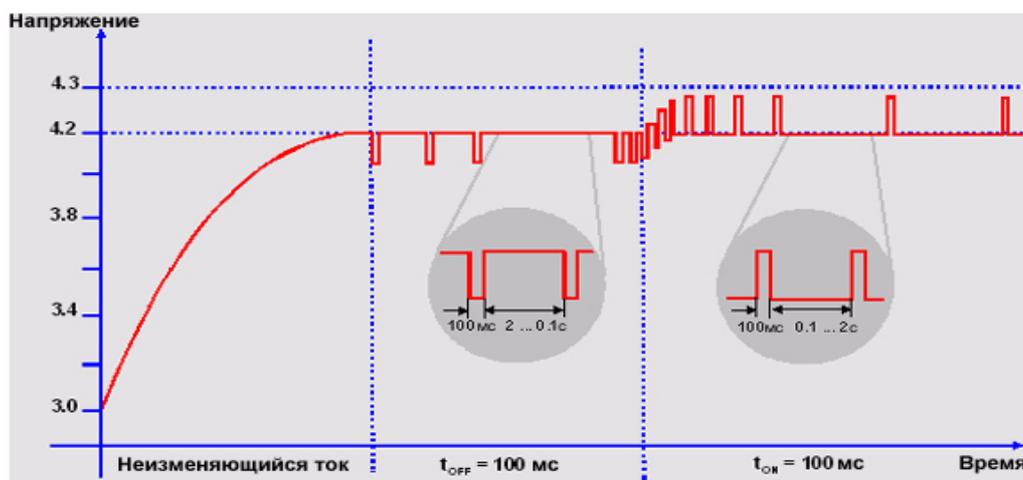


Рис. 8: Процесс зарядки

Примечание: не подключайте зарядное устройство к цепям BATT+. Для подачи зарядного тока предназначен только вход зарядного устройства внешней схемы зарядки! Контакт POWER модуля MC52i является входом только для индикации подключения зарядного устройства! Изготовитель аккумуляторной батареи должен гарантировать совместимость батареи с вышеуказанным способом зарядки.

### 3.5.6 Рабочие режимы во время зарядки

Аккумуляторная батарея может заряжаться независимо от рабочего режима модуля. Когда модуль GSM находится в режиме Normal (SLEEP, IDLE, TALK, GPRS IDLE или GPRS DATA), он продолжает функционировать, пока выполняется зарядка (при условии, что подается достаточное напряжение). Выполнение процесса зарядки в режиме Normal называется *режимом Charge*.

Если модуль MC52i находится в режиме POWER DOWN и при этом зарядное устройство подключается к входу зарядного устройства внешней схемы зарядки и к контакту POWER модуля, MC52i переходит в режим *Charge-only*.

Табл. 10: Сравнение режимов Charge-only и Charge

Режим	Активация режима	Особенности
Charge	Подключение зарядного устройства к входу зарядного устройства внешней схемы зарядки и к контакту POWER модуля в то время, когда MC52i <ul style="list-style-type: none"> <li>находится в рабочем состоянии, например, в режиме IDLE или TALK;</li> <li>находится в режиме SLEEP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Батарея может заряжаться в то время, когда модуль GSM находится в рабочем состоянии и зарегистрирован в сети GSM.</li> <li>В режимах IDLE и TALK последовательные интерфейсы доступны. AT-команды могут использоваться в полной степени.</li> <li>В режиме NON-CYCLIC SLEEP последовательные интерфейсы полностью недоступны. В режиме CYCLIC SLEEP они могут использоваться (см. <a href="#">Раздел 3.6.3</a>).</li> </ul>

Табл. 10: Сравнение режимов Charge-only и Charge

Режим	Активация режима	Особенности
Charge-only	<p>Подключение зарядного устройства к входу зарядного устройства внешней схемы зарядки и к контакту POWER модуля в то время, когда MC52i</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>находится в режиме POWER DOWN;</li> <li>находится в режиме Normal (подключите зарядное устройство к контакту POWER, затем введите AT^SMSO).</li> </ul> <p><b>ВАЖНОЕ ПРИМЕЧАНИЕ:</b> во время компенсационной зарядки прикладное оборудование должно быть выключено. Если в прикладное оборудование поступает ток компенсационной зарядки, модуль может не перейти в режим программно управляемой зарядки из-за недостаточности тока.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Батарея может заряжаться в то время, когда модуль GSM не зарегистрирован в сети GSM.</li> <li>Плавное выполнение зарядки вследствие постоянного потребления тока.</li> <li>AT-интерфейс доступен, можно вводить нижеперечисленные команды.</li> </ul>

При переходе модуля GSM в режим Charge-only, через командный AT-интерфейс выводится следующий код URC (Unsolicited Result Code; Незапрашиваемый код результата):

```
^SYSSTART CHARGE-ONLY MODE
```

Следует отметить, что данный код URC не выводится, если активирован автовыбор скорости передачи (из-за отсутствия синхронизации между DTE и DCE при начальном запуске). Поэтому перед использованием режима Charge-only рекомендуется выбрать фиксированную скорость передачи.

В режиме Charge-only доступны только некоторые AT-команды (см. Табл. 11). Для получения дополнительной информации см. документ "Набор AT-команд" (AT Command Set), поставляемый вместе с модулем GSM.

Табл. 11: AT-команды, доступные в режиме Charge-only

AT-команда	Использование
AT+CALA	Установка времени оповещения
AT+CCLK	Установка даты и времени RTC
AT^SBC	<p>Контроль процесса зарядки</p> <p><i>Примечание: когда выполняется зарядка, значение емкости батареи не сообщается. Для запроса значения емкости батареи необходимо отсоединить зарядное устройство. Если зарядное устройство подключено извне к главному устройству, параметры зарядки не передаются в модуль. В этом случае использовать данную команду невозможно.</i></p>
AT^SCTM	Запрос температуры, активация/деактивация URC для индикации критических температурных диапазонов.
AT^SMSO	Выключение питания модуля. Действует только при условии, что реализована внешняя схема (см. Рис. 9). В противном случае модуль повторно перезапускается и входит в режим Charge-only.

Для выхода из режима Charge-only и перехода к нормальному функционированию необходимо установить уровень земли в цепи Ignition. Это должно быть реализовано в главном прикладном оборудовании (см. [Раздел 3.3.1.1](#)). См. также [Раздел 3.7](#), где приведены различные варианты смены рабочих режимов.

Если в главном прикладном оборудовании используется контакт SYNC для управление светодиодным индикатором состояния (см. [Раздел 3.13.2.2](#)), следует учитывать, что этот индикатор выключен, когда модуль GSM находится в режиме Charge-only.

### 3.5.7 Требования к зарядному устройству

Если используется реализованный способ зарядки, зарядное устройство должно отвечать нижеперечисленным требованиям.

- Выходное напряжение: 5,5...8 В (под нагрузкой)
- Зарядный ток: не более 500 мА, если в схеме зарядки используется полевой МОП-транзистор Si3441DV (см. [Рис. 40](#)).
- Броски напряжения, возникающие при подключении/отключении зарядного устройства, должны подавляться.
- На вторичной стороне сетевого адаптера не должно быть конденсаторов (во избежание бросков тока в момент начала зарядки).
- Допустимое пиковое значение напряжения при отключении тока: 10 В (в течение макс. 1 мс).
- Допустимое пиковое значение при включении тока: 1,6 А (в течение макс. 1 мс).

### 3.5.8 Выключение в режиме Charge-only

Чтобы обеспечить выключение модуля MC52i в режиме Charge-only, в интерфейсе зарядного устройства модуля должна быть реализована внешняя схема, показанная на следующем рисунке (также см. Рис. 40):

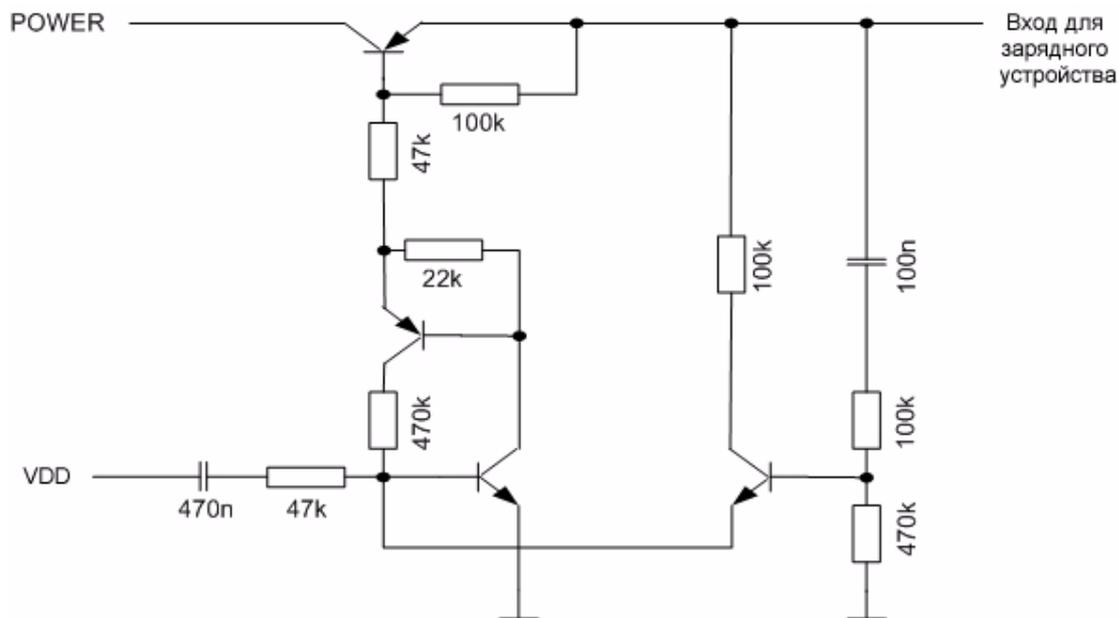


Рис. 9: Внешняя схема для выключения MC52i во время зарядки

Альтернативный вариант: необходимо отсоединить зарядное устройство (т. е. для выключения модуля в режиме Charge-only требуется переход сигнала POWER в интерфейсе зарядного устройства в низкий уровень).

## 3.6 Энергосбережение

В режиме SLEEP функциональность модуля MC52i сведена к минимуму и, таким образом, достигается минимально возможное потребление тока. Установки могут быть выполнены с помощью команды AT+CFUN. Подробную информацию см. ниже, а также в документе [1]. Существуют две разновидности режима SLEEP:

- режим NON-CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=0);
- режимы CYCLIC SLEEP (выбираются с помощью AT+CFUN=5, 6, 7, 8 или 9).

**ВАЖНОЕ ПРИМЕЧАНИЕ:** следует учитывать, что энергосбережение действует должным образом только при условии выполнения аутентификации PIN. Если энергосбережение активируется в то время, когда не установлена SIM-карта или не введен правильный PIN (действует ограничение обслуживания, Limited Service), то устанавливается выбранный уровень <fun>, однако энергосбережение не вступает в силу. По этой же причине энергосбережение не может применяться, если MC52i находится в режиме Alarm.

Проверить, включено ли энергосбережение, можно путем запроса состояния AT+CFUN (если выбран режим CYCLIC SLEEP). Состояние можно определять по светодиодному индикатору, управляемому сигналом с контакта SYNC, если таковой индикатор установлен (см. [Раздел 3.13.2.2](#)). Этот индикатор не горит во всех режимах SLEEP (когда не выполняются никакие операции), однако начинает мигать, когда возникают временные состояния запуска в режимах CYCLIC SLEEP. [Табл. 19](#) содержит описание светодиодной индикации.

Процедуры запуска существенно отличаются друг от друга и зависят от выбранного режима SLEEP. [Табл. 12](#) содержит сравнительное описание событий запуска, возникающих в режимах NON-CYCLIC SLEEP и CYCLIC SLEEP.

### 3.6.1 Отсутствие энергосбережения (AT+CFUN=1)

Уровень функциональности <fun>=1 соответствует отключению энергосбережения. Этот уровень по умолчанию устанавливается после начального запуска.

### 3.6.2 Режим NON-CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=0)

Если выбран уровень 0 (AT+CFUN=0), последовательный интерфейс заблокирован. Модуль временно деактивирует энергосбережение для прослушивания пейджингового сообщения, передаваемого базовой станцией, и затем немедленно возобновляет энергосбережение. Уровень 0 называется нециклическим (NON-CYCLIC) режимом SLEEP, поскольку в этом режиме не происходит периодическая активация последовательного интерфейса (в отличие от циклического (CYCLIC) режима SLEEP).

Первое событие запуска приводит к полной активации модуля, включению последовательного интерфейса и отмене режима энергосбережения. Т. е. модуль MC52i возвращается на высший уровень функциональности <fun>=1.

В режиме NON-CYCLIC задний фронт (спад) сигнала в цепи RTS0 или RTS1 приводит к запуску модуля и переходу на уровень <fun>=1. Для оптимального использования этой функции рекомендуется активировать аппаратное управление потоком (квитирование RTS/CTS), поскольку в таком случае прикладное оборудование сможет распознавать (по

цепи CTS) готовность модуля к передаче или приему символов. Для получения дополнительной информации см. [Раздел 3.6.6.1](#).

### 3.6.3 Режим CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=5, 6, 7, 8)

Уровни функциональности AT+CFUN=5, AT+CFUN=6, AT+CFUN=7 и AT+CFUN=8 называются циклическими (CYCLIC) режимами SLEEP. Основное преимущество режимов CYCLIC SLEEP заключается в том, что поддерживается доступность последовательного интерфейса и в течение промежуточных периодов запуска становятся возможными передача и прием символов (при этом не требуется отмена выбранного режима).

В режимах CYCLIC SLEEP существует возможность более гибкого применения процедур запуска. Например, в любом режиме CYCLIC SLEEP можно ввести команду AT+CFUN=1 для полного запуска модуля. В режимах CFUN=7 и 8 модуль MC52i автоматически возобновляет энергосбережение после отправки или приема короткого сообщения, совершения вызова или передачи данных по GPRS. В режимах CFUN=5 и 6 эта функция не реализуется, и эти режимы поддерживаются только для обеспечения совместимости с предыдущими версиями. [Табл. 12](#) содержит сводную информацию о всех режимах.

Режим CYCLIC SLEEP представляет собой динамический процесс, в ходе которого попеременно активируется и деактивируется последовательный интерфейс. Устанавливая/сбрасывая сигнал CTS, модуль сообщает прикладному оборудованию об активности/неактивности UART. Тайминг CTS описывается ниже.

Прикладное оборудование и модуль должны быть сконфигурированы для применения аппаратного управления потоком (квотирования RTS/CTS). Установкой по умолчанию для MC52i является AT\Q0 (отсутствие управления потоком). Вместо этой установки следует задать AT\Q3. Для получения дополнительной информации см. [\[1\]](#).

*Примечание: если подключены оба последовательных интерфейса (ASC0 и ASC1), они функционируют синхронно. Это означает, что режим SLEEP действует на обоих интерфейсах, независимо от того, в каком именно интерфейсе была введена команда AT. Если иное не оговаривается, все пояснения в данном разделе в равной мере относятся к ASC0 и ASC1, а также, соответственно, к CTS0 и CTS1.*

### 3.6.4 Режим CYCLIC SLEEP (AT+CFUN=9)

Режим AT+CFUN=9 подобен AT+CFUN=7 или 8, однако в нем предоставляются две дополнительные функции:

- С помощью команды AT^SCFG можно отдельно задать время, в течение которого модуль должен оставаться активным после подтверждения RTS, либо после отправки или приема последнего символа. Установка по умолчанию – 2 секунды (так же, как в AT+CFUN=7). Диапазон допустимых значений – от 0,5 секунды до 1 часа, с шагом 0,1 секунды. Для получения дополнительной информации см. [\[1\]](#).
- RTS0 и RTS1 используются не только для управления потоком (как в режимах AT+CFUN=5, 6, 7 или 8), но и для инициирования временного запуска модуля. Для получения дополнительной информации см. [Раздел 3.6.6.1](#).

### 3.6.5 Тайминг сигнала CTS в режимах CYCLIC SLEEP

Сигнал CTS активируется синхронно с пейджинговым циклом модуля. Этот сигнал переходит в активный низкий уровень всякий раз, когда модуль начинает прослушивание блока пейджинговых сообщений от базовой станции. Тайминг пейджингового цикла меняется в зависимости от базовой станции. Длительность пейджингового интервала вычисляется по следующей формуле:

$4,615 \text{ мс (длительность кадра TDMA)} * 51 \text{ (число кадров)} * \text{значение DRX}$ .

Значение DRX (Discontinuous Reception; Прерывистый прием) варьируется от 2 до 9, т. е. пейджинговый интервал может составлять от 0,47 до 2,12 с. Значение DRX базовой станции назначается сетевым оператором.

В каждом периоде прослушивания сигнал CTS переходит в активный низкий уровень. Если DRX = 2, сигнал CTS активируется через каждые 0,47 с; если DRX = 3, сигнал CTS активируется через каждые 0,71 с и если DRX = 9, сигнал CTS активируется через каждые 2,1 с.

Сигнал CTS остается на активном низком уровне в течение 4,6 мс. Вслед за этим схема UART остается активной в течение еще 4,6 мс. Если в течение этих 9,2 с обнаруживается стартовый бит принимаемого символа, CTS активируется и обеспечивается должный прием символа. CTS также активируется, если должен быть отправлен какой-либо символ.

После передачи или приема последнего символа интерфейс остается активным в течение, дополнительно:

- 2 секунд, если AT+CFUN=5 или 7;
- 10 минут, если AT+CFUN=6 или 8;
- некоторого интервала времени, определенного с помощью команды AT^SCFG, если AT+CFUN=9. Установление сигнала RTS приводит к такому же результату.

В паузах между прослушиваниями пейджинговых сообщений, когда в цепи CTS удерживается высокий уровень, модуль находится в режиме энергосбережения и AT-интерфейс недоступен. См. Рис. 12 и Рис. 13.

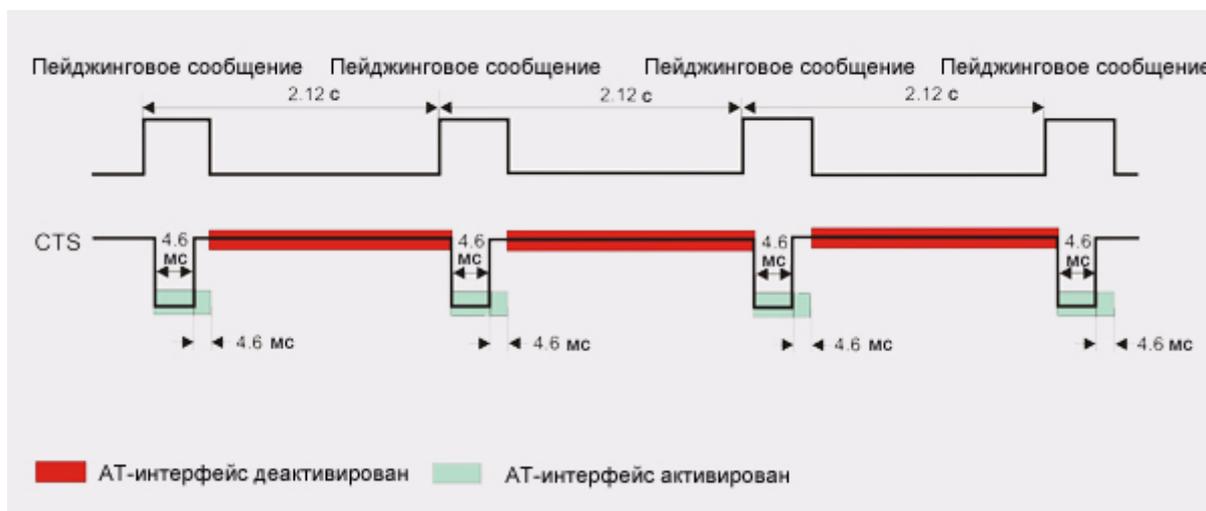


Рис. 10: Тайминг сигнала CTS (пример для пейджингового цикла 2,12 с)

Рис. 11 иллюстрирует режимы CFUN=5 и CFUN=7, в которых сигнал CTS сбрасывается на 2 секунды после отправки или приема последнего символа.

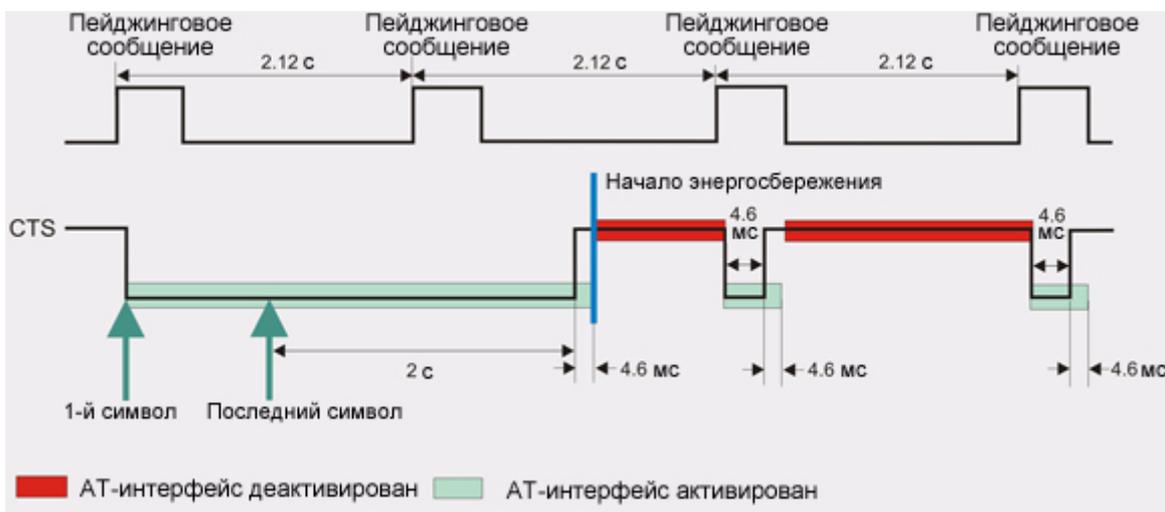


Рис. 11: Начало энергосбережения (если CFUN=5 или 7)

### 3.6.6 Запуск MC52i из режима SLEEP

Событие запуска – это любое событие, приводящее к потреблению тока модулем. В зависимости от выбранного режима событие запуска приводит или к выключению режима SLEEP и возврату модуля MC52i в режим AT+CFUN=1, или к временной активации модуля MC52i без выхода из текущего режима SLEEP.

Определения переходов состояний (см. Табл. 12):

"Выход" = MC52i выходит из режима SLEEP и возвращается в AT+CFUN=1.

"Временный" = MC52i временно активизируется на период действия события и соответствующего сопровождающего режима после отправки или приема последнего символа по последовательному интерфейсу.

Не влияет = событие не применимо к выбранному режиму SLEEP. MC52i не запускается.

Табл. 12: События запуска в режимах NON-CYCLIC SLEEP и CYCLIC SLEEP

Событие	Выбранный режим: AT+CFUN=0	Выбранный режим: AT+CFUN=5 или 6	Выбранный режим: AT+CFUN=7, 8, 9
Сигнал Ignition	Не влияет	Не влияет	Не влияет
RTS0 или RTS1 <sup>1)</sup> (спад)	Выход + управление потоком	Не влияет, RTS используется только для управления потоком	Режимы 7 и 8: не влияет, RTS используется только для управления потоком. Режим 9: временный + управление потоком.
URC (Unsolicited Result Code; Незапрашиваемый код результата)	Выход	Выход	Временный

Табл. 12: События запуска в режимах NON-CYCLIC SLEEP и CYCLIC SLEEP

Событие	Выбранный режим: AT+CFUN=0	Выбранный режим: AT+CFUN=5 или 6	Выбранный режим: AT+CFUN=7, 8, 9
Входящий голосовой вызов или вызов с передачей данных	Выход	Выход	Временный
Любая AT-команда (включая исходящий голосовой вызов или вызов с передачей данных, исходящее сообщение SMS)	Не осуществимо (схема UART неактивна)	Временный	Временный
Входящее сообщение SMS; в зависимости от режима, выбранного по AT+CNMI: AT+CNMI=0,0 (= по умолчанию, отсутствие индикации принятого сообщения SMS)	Не влияет	Не влияет	Не влияет
AT+CNMI=1,1 (= вывод URC при получении сообщения SMS)	Выход	Выход	Временный
Передача данных GPRS	Не осуществимо (схема UART неактивна)	Временный	Временный
RTC-оповещение <sup>2</sup>	Выход	Выход	Временный
AT+CFUN=1	Не осуществимо (схема UART неактивна)	Выход	Выход

<sup>1</sup>: См. [Раздел 3.6.6.1](#), запуск посредством RTS.

<sup>2</sup>: Рекомендация: в режиме NON-CYCLIC SLEEP можно установить RTC-оповещение для запуска MC52i и возврата в полнофункциональный режим. Этот способ полезен, поскольку в данном режиме AT-интерфейс недоступен.

### 3.6.6.1 Запуск посредством RTS0 и RTS1 (если AT+CFUN=0 или AT+CFUN=9)

В режимах CYCLIC SLEEP 5, 6, 7 и 8 сигналы RTS0 и RTS1 обычно используются для управления потоком: установление сигнала RTS0 или RTS1 означает, что прикладное оборудование готово к приему данных - без запуска модуля.

Если модуль находится в режиме CFUN=0, установление RTS0 и RTS1 является событием запуска, на основании которого прикладное оборудование может преднамеренно отменить энергосбережение. Если модуль находится в режиме CFUN=9, установление RTS0 или RTS1 может использоваться для временного запуска MC52i на период времени, заданный с помощью команды AT^SCFG (значение по умолчанию = 2 с). В обоих случаях, если происходит установление RTS0 или RTS1 в режиме AT+CFUN=0 или AT+CFUN=9, может возникать небольшая задержка до того момента, когда модуль вновь сможет принимать данные. Эта задержка зависит от текущих операций, выполняемых модулем (например, в ходе пейджингового цикла), и может составлять до 60 мс. Способность принимать данные индицируется сигналами CTS0 и CTS1. Поэтому рекомендуется активировать управление потоком RTS/CTS не только в режиме CYCLIC SLEEP, но и в режиме NON-CYCLIC SLEEP.

### 3.7 Сводная информация о переходах состояний (за исключением режима SLEEP)

В следующей таблице представлены способы перехода из одного режима в другой (серый столбец = текущий режим, белые столбцы = целевые режимы)

Табл. 13: Переходы состояний MC52i (за исключением режима SLEEP)

Целевой режим Текущий режим	POWER DOWN	Режим Normal <sup>1</sup>	Режим Charge-only <sup>2</sup>	Зарядка в режиме Normal <sup>1) 2)</sup>	Режим Alarm
Режим POWER DOWN без зарядного устройства	---	IGT >100 мс в низком уровне	Подключите зарядное у-во к входу внеш. схемы зарядки и контакту POWER (выс. уровень на POWER)	Не прямой переход – через "Режим Charge-only" или "Режим Normal"	Запуск из режима POWER DOWN (если активировано по AT+CALA)
Режим POWER DOWN с зарядным устройством (высокий уровень на контакте POWER)	---	IGT (если напряжение питания выше 3,0 В). Не автоматический переход – через "Режим Power Down без зарядного устройства"	100 мс < IGT < 500 мс в низком уровне	IGT >1 с в низком уровне	Запуск из режима POWER DOWN (если активировано по AT+CALA)
Режим Normal <sup>1</sup>	AT^SMSO или в исключительной ситуации, низкий уровень на контакте EMERGOFF > 10 мс	---	Не автоматический переход – через "POWER DOWN"	Подключите зарядное устройство к контакту POWER (высокий уровень на контакте POWER)	AT+CALA и последующая команда AT^SMSO. MC52i переходит в режим Alarm при наступлении заданного времени.
Режим Charge-only <sup>3</sup>	Отсоедините зарядное устройство (низкий уровень на контакте POWER), или AT^SMSO, или в исключительной ситуации, низкий уровень на контакте EMERGOFF > 10 мс	Не автоматический переход – через "Зарядка в режиме Normal"	---	IGT >1 с в низком уровне	Нет прямого перехода

**Табл. 13:** Переходы состояний MC52i (за исключением режима SLEEP)

Зарядка в режиме Normal <sup>1)2)</sup>	AT^SMSO “Режим Charge-only”, снова AT^SMSO; или, в исключительной ситуации, низкий уровень на контакте EMERGOFF >10 мс	Отсоедините зарядное у-во от входа внеш. схемы зарядки и контакта POWER модуля	AT^SMSO	---	Нет прямого перехода
Режим Alarm	AT^SMSO <u>или</u> в исключительной ситуации, низкий уровень на контакте EMERGOFF > 10 мс	IGT >100 мс в низком уровне	---	IGT >100 мс в низком уровне	

<sup>1.</sup> Для получения подробной информации о режиме зарядки см. [Раздел 3.5.6](#).

<sup>2.</sup> Режим Normal включает режимы TALK, DATA, GPRS, IDLE и SLEEP.

<sup>3.</sup> Для получения информации о внешней схеме, необходимой для выключения модуля в режиме Charge-only, см. [Раздел 3.5.8](#).

### 3.8 Резервное питание RTC

Внутренняя схема часов реального времени (Real Time Clock; RTC) модуля MC52i получает питание от отдельного стабилизатора напряжения в схеме ASIC питания, активной в то время, когда модуль MC52i находится в состоянии POWER DOWN. Предоставляется функция оповещения (Alarm), обеспечивающая запуск MC52i без регистрации в сети GSM.

Кроме того, можно использовать контакт VDDLР на межплатном разъеме для подачи резервного питания RTC от внешнего конденсатора или батареи (перезаряжаемой или неперезаряжаемой). Конденсатор заряжается от цепи BATT+ модуля MC52i. При отключении напряжения питания в цепи BATT+, схема RTC может получать питание от конденсатора. Продолжительность временного питания (когда основное напряжение питания не подается в модуль MC52i) зависит от емкости конденсатора, т. е. чем больше емкость конденсатора, тем дольше информация о дате и времени хранится в модуле MC52i.

На следующих рисунках представлены различные типовые конфигурации. На контакт VDDLР может подаваться напряжение в диапазоне от 2 до 5,5 В. Информацию о требуемых параметрах см. в таблице 30.

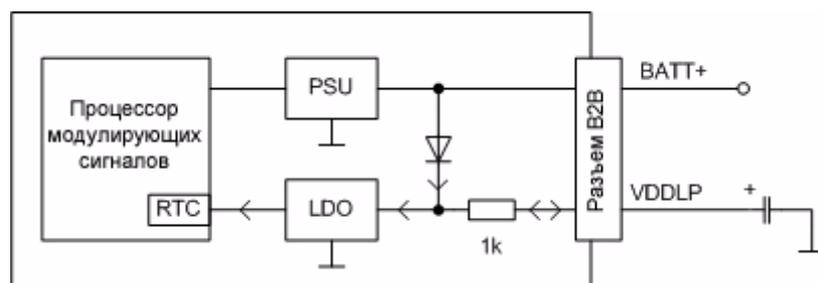


Рис. 12: Питание RTC от конденсатора

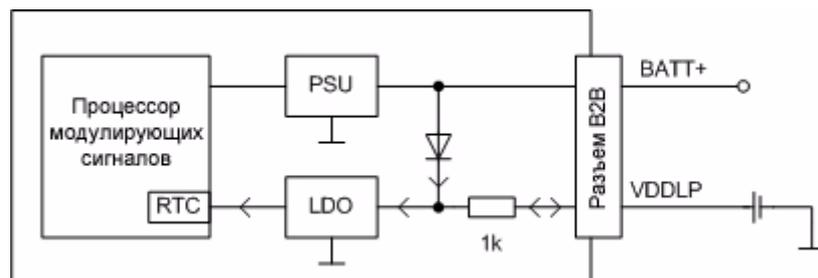


Рис. 13: Питание RTC от перезаряжаемой батареи

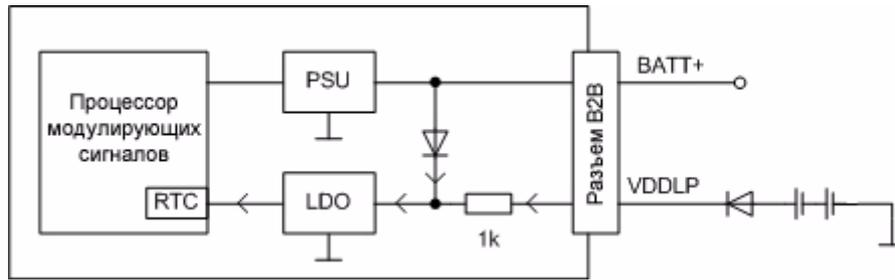


Рис. 14: Питание RTC от неперезаряжаемой батареи

### 3.9 Последовательный интерфейс ASC0

MC52i предоставляет 8-проводной несимметричный асинхронный интерфейс модема ASC0, соответствующий протоколу ITU-T V.24 сигнализации DCE. По электрическим характеристикам совместимость с ITU-T V.28 отсутствует. Значащие уровни: 0 В (сброшенный бит данных, активное состояние) и 2,9 В (установленный бит данных, неактивное состояние). Электрические характеристики см. ниже (Табл. 31).

Модуль MC52i используется в качестве DCE. В соответствии с соглашениями по связи DCE-DTE модуль взаимодействует с пользовательским прикладным оборудованием (DTE) с использованием следующих сигналов:

- данные из порта TXD прикладного оборудования передаются в сигнальную цепь TXD0 модуля;
- в порту RXD прикладного оборудования принимаются данные от сигнальной цепи RXD0 модуля.

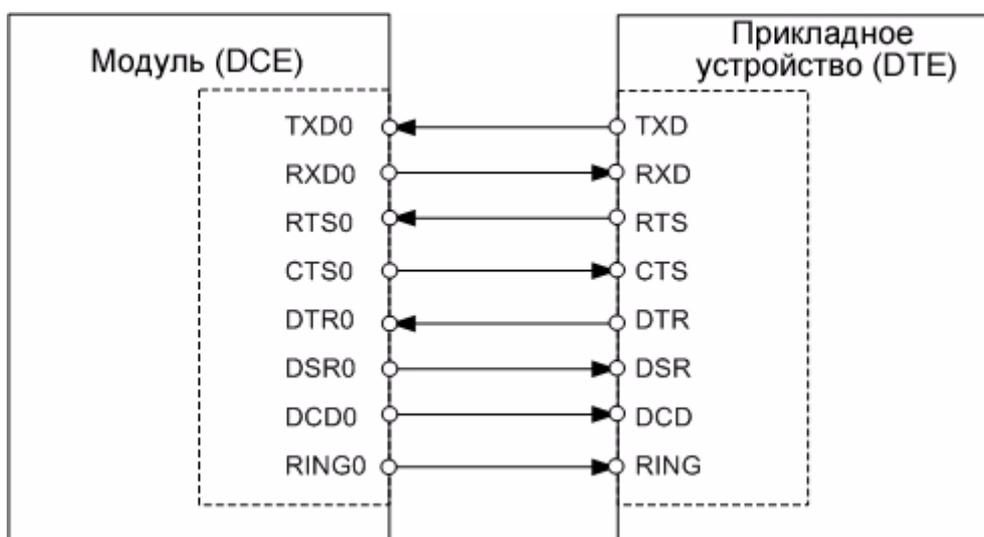


Рис. 15: Последовательный интерфейс ASC0

#### Особенности

- Интерфейс включает цепи данных TXD0 и RXD0, цепи состояния RTS0 и CTS0, а также, дополнительно, цепи управления модемом DTR0, DSR0, DCD0 и RING0.
- ASC0 предназначен для управления голосовыми вызовами, передачи CSD, факсимильной передачи и передачи данных GPRS, а также для управления модулем GSM с помощью AT-команд.
- Полная поддержка мультиплексирования (Multiplex): интерфейс может быть разделен на три виртуальных канала, причем службы CSD и факсимильной связи доступны только в первом логическом канале. Следует учитывать, что когда интерфейс ASC0 работает в режиме Multiplex, использовать ASC1 невозможно. Для получения дополнительной информации о режиме Multiplex см. [10].
- Сигнальная цепь DTR0 может опрашиваться только один раз в секунду (внутренним микропрограммным обеспечением MC52i).
- Сигнал RING0 используется для индикации входящих вызовов и прочих кодов URC (Unsolicited Result Code; Незапрашиваемый код результата). Также он может использоваться в качестве импульсного сигнала, подаваемого в главное прикладное оборудование (например, для запуска прикладного оборудования из режима

энергосбережения). Дополнительную информацию о конфигурировании RING0 с помощью AT^SCFG см. в документе [1].

- Заданная конфигурация: 8 битов данных, отсутствие контроля четности, 1 стоповый бит.
- ASC0 может работать на фиксированных скоростях передачи от 300 до 230400 бит/с.
- Поддерживается автовыбор скорости передачи от 1200 до 230400 бит/с.
- Автовыбор скорости передачи не совместим с режимом мультиплексирования.
- Поддерживаются аппаратное управление потоком (RTS0/CTS0) и программное управление потоком (XON/XOFF).

**Табл. 14:** Соединения DCE-DTE в интерфейсе ASC0

Цепь V.24	DCE		DTE	
	Назначение контакта	Направление сигнала	Назначение контакта	Направление сигнала
103	TXD0	Вход	TXD	Выход
104	RXD0	Выход	RXD	Вход
105	RTS0	Вход	RTS	Выход
106	CTS0	Выход	CTS	Вход
108/2	DTR0	Вход	DTR	Выход
107	DSR0	Выход	DSR	Вход
109	DCD0	Выход	DCD	Вход
125	RING0	Выход	RING	Вход

### 3.10 Последовательный интерфейс ASC1

MC75 предоставляет 4-проводной несимметричный асинхронный интерфейс модема ASC1, соответствующий протоколу ITU-T V.24 сигнализации DCE. По электрическим характеристикам совместимость с ITU-T V.28 отсутствует. Значение уровни: 0 В (сброшенный бит данных, активное состояние) и 2,9 В (установленный бит данных, неактивное состояние). Электрические характеристики см. ниже (Табл. 31).

Модуль MC52i используется в качестве DCE. В соответствии с соглашениями по связи DCE-DTE модуль взаимодействует с пользовательским прикладным оборудованием (DTE) с использованием следующих сигналов:

- данные из порта TXD прикладного оборудования передаются в сигнальную цепь TXD1 модуля;
- в порту RXD прикладного оборудования принимаются данные от сигнальной цепи RXD1 модуля.

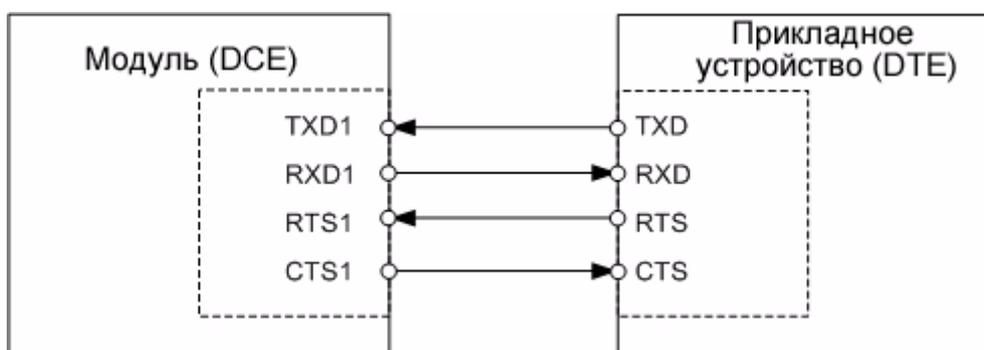


Рис. 16: Последовательный интерфейс ASC1

#### Особенности

- Интерфейс включает только цепи данных TXD1 и RXD1, а также цепи RTS1 и CTS1 для аппаратного квитирования.
- В интерфейсе ASC1 отсутствует цепь RING. Индикация кодов URC во втором интерфейсе зависит от настроек, выполненных с помощью команды AT^SCFG. Для получения дополнительной информации см. [1].
- Заданная конфигурация: 8 битов данных, отсутствие контроля четности, 1 или 2 стоповых бита.
- ASC1 может работать на фиксированных скоростях передачи от 300 до 230400 бит/с. Автовыбор скорости передачи в интерфейсе ASC1 не поддерживается.
- Поддерживаются аппаратное управление потоком (RTS1/CTS1) и программное управление потоком (XON/XOFF).

Табл. 15: Соединения DCE-DTE в интерфейсе ASC1

Цепь V.24	DCE		DTE	
	Назначение контакта	Направление сигнала	Назначение контакта	Направление сигнала
103	TXD1	Вход	TXD	Выход
104	RXD1	Выход	RXD	Вход
105	RTS1	Вход	RTS	Выход
106	CTS1	Выход	CTS	Вход

### 3.11 Аудиоинтерфейсы

В состав модуля MC52i включены три аудиоинтерфейса. Эти интерфейсы выведены на межплатный разъем.

- Два аналоговых аудиоинтерфейса, каждый из которых включает симметричный аналоговый вход микрофона и симметричный аналоговый выход телефона. Во втором аналоговом интерфейсе имеется цепь питания активного микрофона.
- Последовательный интерфейс DAI (Digital Audio Interface; Цифровой аудиоинтерфейс), в котором применяется PCM (Pulse Code Modulation; Импульсно-кодовая модуляция) для кодирования аналоговых голосовых сигналов и преобразования этих сигналов в цифровые битовые потоки.

Таким образом, существует возможность подключения до трех аудиоустройств (в любых сочетаниях). Однако одновременное функционирование аналогового и цифрового аудиоустройств не допускается. Переключаться от одного устройства к другому можно с помощью команды AT^SAIC.

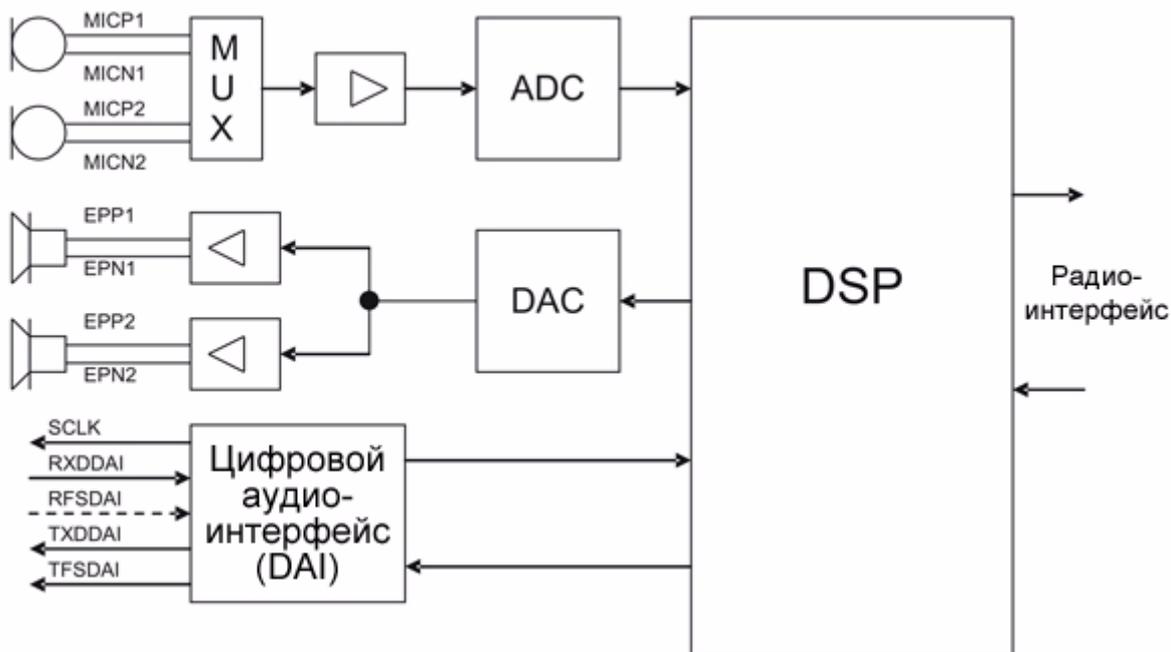


Рис. 17: Функциональная схема аудиоинтерфейсов

MC52i поддерживает шесть аудиорежимов, выбираемых с помощью команды AT^SNFS (при этом не имеет значения, какой из трех интерфейсов активен в данное время). Электрические характеристики подсистемы обработки в полосе голосовых частот варьируются в зависимости от аудиорежима. Например, от выбранного режима зависят усиление при приеме и передаче, тракты местного эффекта, подавление шума и т. д. Эти характеристики можно изменять с помощью AT-команд (за исключением режима 1).

В каждом аудиоинтерфейсе для изменения параметров можно использовать все AT-команды, связанные с аудиосистемой и указанные в [1]. Единственным исключением являются параметры <outBbcGain> и <inBbcGain>, регулирующие коэффициент усиления усилителей для DAC и ADC. Эти параметры невозможно изменить при

использовании цифрового аудиоинтерфейса, поскольку в этом случае DAC и ADC выключены.

Для получения информации о характеристиках аудиоинтерфейса и аудиопараметрах см. [Раздел 3.11](#). Подробные инструкции по использованию AT-команд см. в документе [\[1\]](#). [Табл. 34](#) содержит сводную информацию о характеристиках различных аудиорежимов и параметрах, поддерживаемых в каждом режиме.

На заводе-изготовителе все аудиопараметры MC52i устанавливаются для интерфейса 1 и аудиорежима 1. Это является конфигурацией по умолчанию, оптимизированной для телефонного аппарата Votronic NH-SI-30.3/V1.1/0. Такая установка параметров используется для сертификации эталонной конфигурации Cinterion Wireless Modules. В аудиорежиме 1 используются фиксированные параметры, не подлежащие изменению. Для корректировки настроек телефонного аппарата Votronic достаточно переключиться в другой аудиорежим.

В направлении передачи для всех аудиорежимов предусмотрены внутренние коэффициенты масштабирования (цифровое усиление). Доступ к этим коэффициентам не предоставляется. Применительно к входу цифрового сигнала (через DA1) эти коэффициенты масштабирования установлены равными 0 дБ, поэтому дополнительная коррекция с использованием параметра AT^SNFI <inCalibrate> не требуется. Для параметра <inCalibrate> можно оставить значение по умолчанию (=32767).

### 3.11.1 Цепь микрофона

#### *Интерфейс 1*

В этом интерфейсе цепь питания микрофона отсутствует, и, следовательно, его импеданс составляет 50 кΩ. При подключении микрофона или другого источника сигнала к интерфейсу 1, требуется добавить два конденсатора 100 нФ (по одному к каждой линии).

#### *Интерфейс 2*

В этом интерфейсе имеется цепь питания микрофона, которую можно использовать для подачи питания на активный микрофон. Импеданс этого интерфейса составляет 2 кΩ. Если использовать интерфейс не предполагается или же необходимо подключить источник сигнала другого типа (например, операционный усилитель или динамический микрофон), следует создать развязку с помощью конденсаторов. Выключать и включать питание можно с помощью команды AT^SNFM. Для получения дополнительной информации см. [\[1\]](#).

Ниже (см. [Рис. 18](#)) показаны микрофонные входы обоих аналоговых интерфейсов модуля MC52i.

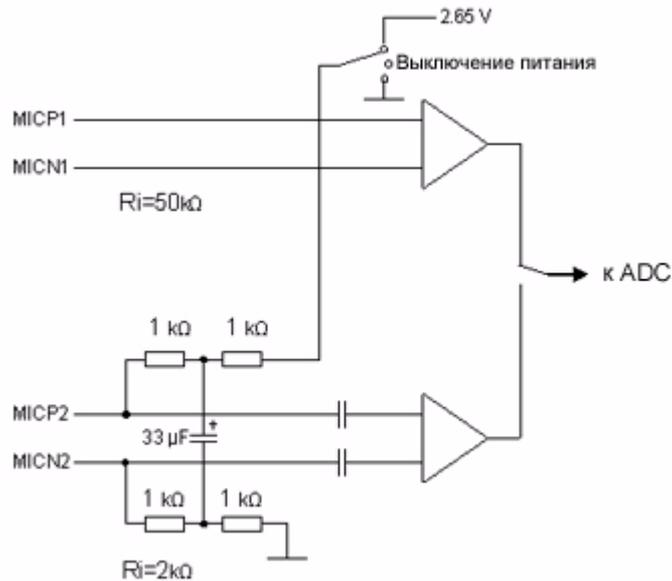


Рис. 18: Схема микрофонных входов

### 3.11.2 Обработка голосового сигнала

Дискретные отсчеты голосового сигнала, поступающие из ADC или DAI, обрабатывает DSP в контроллере модулирующих сигналов. В зависимости от конфигурации активного аудиорежима вычисляются, например, усиление, местный эффект, эхо-компенсация, шумоподавление. Обработанные отсчеты передаются в голосовой кодер. Принятые отсчеты передаются из голосового декодера в DAC или DAI после прохождения пост-обработки (коррекция амплитудно-частотной характеристики, добавление местного эффекта и т.д.).

В процессоре модулирующих сигналов GSM реализуются режимы полноскоростной, полускоростной, усовершенствованной полноскоростной и адаптивной многоскоростной (Adaptive Multi Rate; AMR) передачи, функциональность кодирования голосового сигнала и канала, включая обнаружение голосовых сигналов (Voice Activity Detection; VAD), прерывистую передачу (Discontinuous Transmission; DTX) и модуляцию цифрового сигнала GMSK.

По запросу компания Cinterion Wireless Modules может определить и предоставить специфичные для заказчика аудиопараметры. Эти параметры можно загрузить в MC52i с помощью AT-команды. Для получения дополнительной информации свяжитесь с дистрибьютором Cinterion Wireless Modules:

### 3.11.3 Тайминг DAI

Для поддержки функции DAI в модуль MC52i встроен простой 4-проводной последовательный интерфейс с одной входной линией передачи данных (RXDDAI) и тремя линиями для вывода данных, тактовых и кадровых синхросигналов (TXDDAI, SCLK и TFSDAI). Входная линия RFSDAI зарезервирована для будущего использования.

Синхросигнал SCLK является выходным опорным тактовым синхросигналом 256 кГц битового потока. На контакт TFSDAI выведен синхросигнал для так называемой "синхронизации длинного кадра" (long frame synchronization), используемый как в направлении передачи, так и в направлении приема.

В 4-проводном PCM-интерфейсе линия SCLK используется для битового сдвига, линия TFSDAI – для одновременной синхронизации приема и передачи данных, линии TXDDAI и RXDDAI – для пересылки данных.

Пересылка данных между MC52i и прикладным оборудованием инициируется импульсным сигналом TFSDAI. Продолжительность импульса TFSDAI составляет 16 периодов SCLK, начиная с положительного (нарастающего) фронта сигнала SCLK. В течение этих 16 циклов SCLK происходят передача и прием 16-разрядного цифрового отсчета сигнала по линиям, соответственно, TXDDAI и RXDDAI. В течение каждого последующего импульса TFSDAI происходит пересылка очередного отсчета. Период импульсов TFSDAI составляет 125 мкс (синхронно с потоком данных GSM). Ниже показаны временные параметры (тайминг) для направлений передачи и приема (см. Рис. 19).

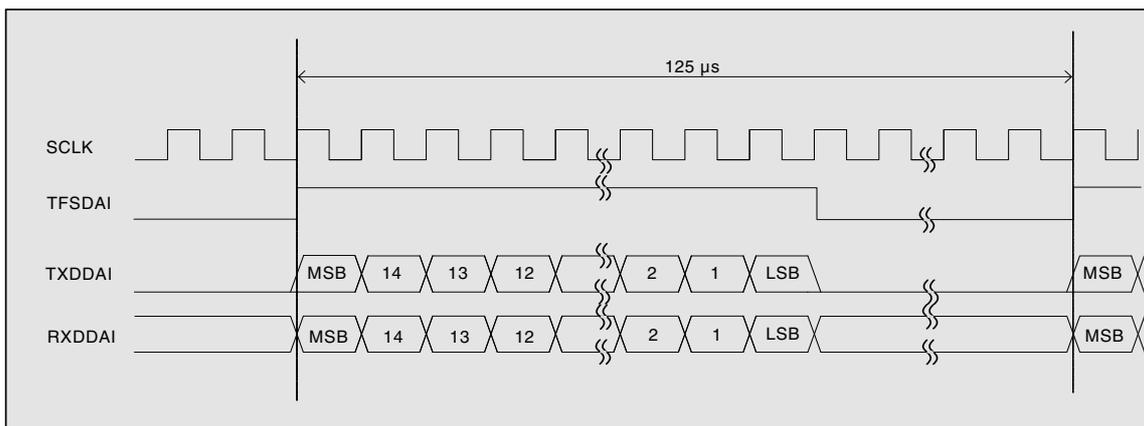


Рис. 19: Тайминг DAI

### 3.12 Интерфейс SIM

Процессор модулирующих сигналов оснащен интерфейсом SIM, соответствующим стандарту ISO 7816 IC Card (Карта с интегральной микросхемой). Этот интерфейс совмещен с главным интерфейсом (выведен на межплатный разъем) и используется для подключения внешнего держателя SIM-карты. Для интерфейса SIM на межплатном разъеме отведены шесть контактов. Модуль MC52i поддерживает и автоматически распознает SIM-карты, рассчитанные на напряжение питания 3,0 В и 1,8 В.

Контакт CCIN используется для обнаружения присутствия лотка (с SIM-картой) в держателе карты. Согласно рекомендации GSM 11.11 использование контакта CCIN обязательно, если в механической конструкции главного прикладного оборудования предусмотрена возможность извлечения SIM-карты пользователем в процессе работы устройства. Для получения дополнительной информации см. [Раздел 3.12.1](#).

Табл. 16: Сигналы интерфейса SIM (межплатный разъем)

Сигнал (цепь)	Описание
CCGND	Отдельное подключение земли для SIM-карты (для улучшения ЭМС).
CCCLK	Тактовый синхросигнал микропроцессорной карты. В процессоре модулирующих сигналов можно задавать различные тактовые частоты.
CCVCC	Напряжение питания SIM (от PSU-ASIC).
CCIO	Цепь последовательной передачи данных (вход и выход).
CCRST	Сброс микропроцессорной карты (от процессора модулирующих сигналов).
CCIN	Вход (на процессоре модулирующих сигналов) для обнаружения лотка SIM-карты в держателе. Использование контакта CCIN обязательно в прикладном оборудовании, допускающем извлечение SIM-карты пользователем в процессе работы устройства.  Контакт CCIN предназначен только для SIM-карты. Запрещается использовать этот контакт в других целях. Несоблюдение этого требования может аннулировать сертификацию модуля MC52i.

Рекомендуется, чтобы общая длина кабеля между контактами межплатного разъема на модуле MC52i и контактами на держателе SIM-карты не превышала 200 мм. Это необходимо для соответствия спецификациям 3GPP TS 51.010-1 и соблюдения требований по ЭМС.

Во избежание перекрестных помех между сигналами CCCLK и CCIO, проследите, чтобы эти цепи не располагались в непосредственной близости друг от друга. Рекомендуется использовать цепь CCGND для экранирования CCIO от CCCLK.

### 3.12.1 Требования к использованию контакта CCIN

В соответствии с ISO/IEC 7816-3 SIM-интерфейс должен немедленно выключаться, как только во время работы устройства извлекается SIM-карта. Следовательно, сигнал на контакте CCIN должен переходить в низкий уровень, *прежде чем* произойдет механическое отсоединение контактов SIM-карты от контактов SIM-интерфейса. Эта процедура выключения необходима, в особенности, для защиты SIM-карты и SIM-интерфейса модуля MC52i от повреждения.

В держателе карты должен иметься выключатель обнаружения SIM-карты. Например, этому требованию отвечает изделие, поставляемое компанией Molex. Это изделие испытано с модулем MC52i и является компонентом эталонного оборудования Cinterion Wireless Modules, предоставляемого на сертификацию. Номер изделия Molex для заказа: 91228-0001 ([Глава 9](#) содержит дополнительную информацию).

В процедуру начального запуска модуля входит инициализация SIM-карты, выполняемая в течение 1 секунды с момента запуска. Важным вопросом при этом является то, какой уровень сигнала CCIN (высокий или низкий) появляется после инициализации.

- Если во время начального запуска MC52i сигнал CCIN в SIM-интерфейсе находится в высоком уровне, состояние держателя SIM-карты может распознаваться всякий раз, когда вставляется или извлекается карта. Низкий уровень сигнала CCIN означает, что лоток SIM-карты не вставлен в держатель. В этом случае модуль будет периодически проверять, появилась ли SIM-карта. Как только вставляется лоток SIM-карты (с установленной SIM-картой), сигнал CCIN вновь переходит в высокий уровень.
- Если во время начального запуска MC52i сигнал CCIN находится в низком уровне, модуль также предпринимает попытку инициализации SIM-карты. В этом случае инициализация завершается успешно, только если карта присутствует. Если инициализация SIM-карты была выполнена, но карта не функционирует или была извлечена, то модуль больше не предпринимает попыток поиска SIM-карты и возможно выполнение только экстренных вызовов.

Если во время работы устройства произошли извлечение и повторная установка SIM-карты, требуется повторно инициализировать программное обеспечение. Следовательно, после повторной установки SIM-карты необходимо перезапустить модуль MC52i.

Настоятельно рекомендуется подключить контакты выключателя обнаружения SIM-карты к входу CCIN и к выходу CCVCC модуля (см. типовую схему, [Рис. 20](#)).

*Примечание: не предоставляются никакие гарантии и не принимаются никакие обязательства в связи с возможной потерей данных в результате извлечения SIM-карты во время работы.*

*Кроме того, не предоставляются никакие гарантии в отношении должной инициализации любой SIM-карты, устанавливаемой пользователем после извлечения SIM-карты во время работы. В этом случае прикладное оборудование должно перезапустить модуль MC52i.*

### 3.12.2 Схемные решения для держателя SIM-карты

Ниже приведена схема, показывающая типовое подключение держателя SIM-карты Molex в блоке DSB45 Support Box (испытательном комплекте, используемом для сертификации эталонного образца MC52i, см. [3]). X503 – обозначение держателя SIM-карты в [3].

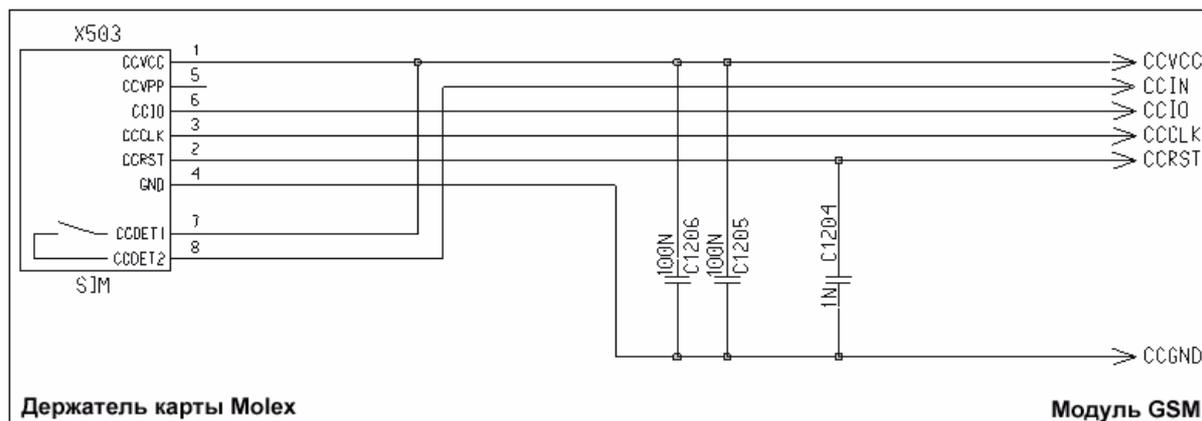


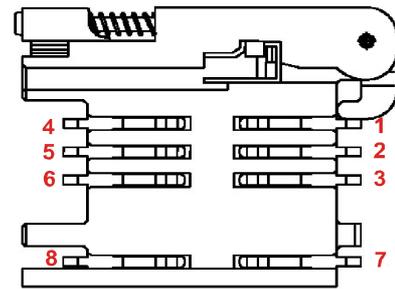
Рис. 20: Держатель SIM-карты в блоке DSB45

Табл. 17: Назначение контактов держателя SIM-карты Molex в блоке DSB45 Support Box

№ конт.	Название сигнала	I/O	Функция
1	CCVCC	I	Напряжение питания для SIM-карты, вырабатываемое модулем GSM
2	CCRST	I	Сброс микропроцессорной карты (выдается модулем GSM)
3	CCCLK	I	Синхросигнал микропроцессорной карты
4	CCGND	-	Отдельная цепь земли для SIM-карты (для улучшения ЭМС)
5	CCVPP	-	Не подключен
6	CCIO	I/O	Цепь последовательной передачи данных (двунаправленная)
7	CCDET1	-	Подключен к CCVCC
8	CCDET2		Подключен к входу CCIN модуля GSM. Обеспечивает распознавание установки SIM-карты в держателе.

Контакты 1...8 (за исключением 5) – это минимально необходимый набор контактов для соблюдения Рекомендаций по GSM, причем контакты 7 и 8 требуются для обнаружения лотка SIM-карты с использованием контакта CCIN.

Разместите конденсаторы C1205 и C1206 (или один конденсатор емкостью 200 нФ) как можно ближе к контактам 1 (CCVCC) и 4 (GND) держателя карты. Подключите конденсаторы к контактам через проводники с малым сопротивлением.



**Рис. 21:** Номера контактов держателя SIM-карты Molex в блоке DSB45 Support Box

## 3.13 Управляющие сигналы

### 3.13.1 Входы

Табл. 18: Входные управляющие сигналы модуля MC52i

Сигнал	Контакт	Состояние контакта	Функция	Примечания
Ignition [Запуск]	IGT	Низкий уровень	Включение питания MC52i	Активный низкий уровень $\geq 100$ мс (в прикладном оборудовании сотовой связи требуется формирователь с открытым стоком/коллектором, соединенный с GND).  <i>Примечание: если к пользовательскому прикладному оборудованию подключено зарядное устройство или аккумуляторная батарея, длительность сигнала IGT должна составлять не менее 1 с.</i>
		Открытый вход или состояние высокого импеданса	Не действует	
Emergency shutdown [Экстренное выключение]	EMERG-OFF	Низкий уровень	Выключение питания MC52i	Активный низкий уровень $\geq 10$ мс (в прикладном оборудовании сотовой связи требуется формирователь с открытым стоком/коллектором, соединенный с GND). Немедленное выключение модуля.
		Открытый вход или состояние высокого импеданса	Не действует	

### 3.13.2 Выходы

#### 3.13.2.1 Сигнал синхронизации

Контакт SYNC обеспечивает использование двух различных рабочих режимов, выбираемых с помощью команды AT<sup>SS</sup>SYNC. Для получения дополнительной информации см. [1]. В режиме AT<sup>SS</sup>SYNC=0 (заводская установка по умолчанию) сигнал SYNC индицирует, что осуществляется передача и, следовательно, увеличился потребляемый ток. В режиме AT<sup>SS</sup>SYNC=1 контакт SYNC может использоваться для управления светодиодом состояния (см. [Раздел 3.13.2.2](#)).

Режим AT<sup>SS</sup>SYNC=0 рекомендуется применять, когда прикладное оборудование должно использовать сигнал синхронизации для оптимального управления питанием. При разработке прикладной платформы следует учитывать, что входящий сигнал должен иметь достаточную для модуля MC52i мощность, если это необходимо вследствие осуществления передачи. Это достигается путем уменьшения тока из других компонентов, установленных в прикладном оборудовании.

Состояния контакта SYNC в режиме AT<sup>SS</sup>SYNC=0: высокий уровень означает увеличение потребляемой мощности во время передачи. Ниже представлен тайминг сигнала синхронизации.

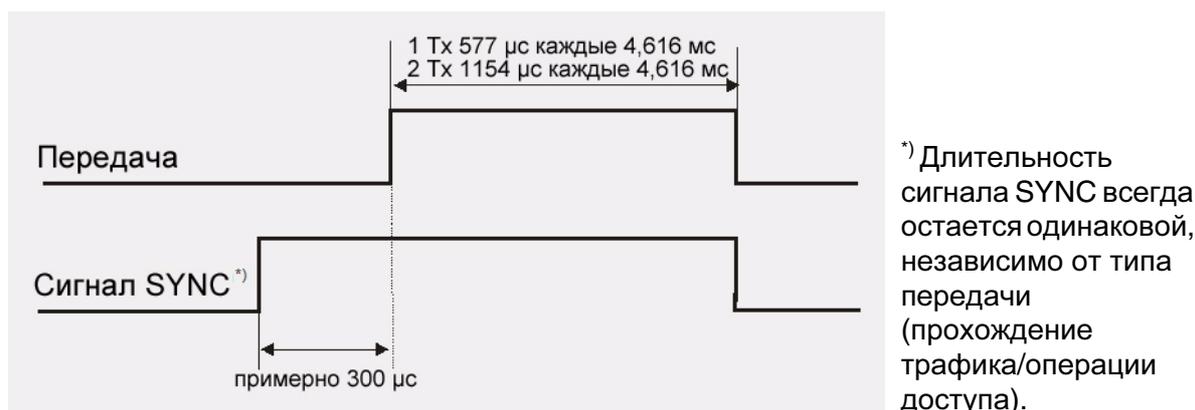


Рис. 22: Сигнал SYNC при передаче

### 3.13.2.2 Использование контакта SYNC для управления светодиодным индикатором состояния

Вместо генерирования сигнала синхронизации контакт SYNC можно использовать для управления светодиодным индикатором состояния на платформе прикладного оборудования. Для применения этой функции необходимо установить режим  $AT^SSYNC=1$ . Для получения дополнительной информации см. [1].

Использование контакта SYNC для светодиодной индикации рекомендуется, в особенности, на этапе разработки и тестирования прикладного оборудования. Это позволит системным интеграторам оценить разработанное изделие и выявить источники ошибок.

Во время перехода из одного состояния индикации в другое, длительность периодов включения ("вкл.") и/или выключения ("выкл.") светодиода может отличаться от указанной. Это обусловлено тем, что инициирующее изменение индикации событие может произойти в любое время и, следовательно, текущий режим индикации может прерваться в любой момент.

Состояния контакта SYNC (в режиме  $AT^SSYNC=1$ ) и подключенного светодиода представлены ниже (см. Рис. 23): светодиод выключен = низкий уровень на контакте SYNC; светодиод включен = высокий уровень на контакте SYNC.

Табл. 19: Коды светодиодного индикатора состояния

Режим светодиода	Рабочее состояние MC52i
Постоянно выключен	MC52i находится в одном из следующих режимов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• POWER DOWN</li> <li>• ALARM</li> <li>• CHARGE-ONLY</li> <li>• NON-CYCLIC SLEEP</li> <li>• CYCLIC SLEEP (без события временного запуска)<sup>1</sup></li> </ul>
600 мс "вкл." / 600 мс "выкл."	Ограниченное сетевое обслуживание: не установлена SIM-карта, или не введен PIN, или выполняется поиск сети, или выполняется аутентификация пользователя, или выполняется регистрация в сети.

Табл. 19: Коды светодиодного индикатора состояния

Режим светодиода	Рабочее состояние MC52i
75 мс "вкл." / 3 с "выкл."	Режим IDLE: мобильное устройство зарегистрировано в сети (отслеживаются каналы управления и действия пользователя). Вызов не совершается.
75 мс "вкл." / 75 мс "выкл." / 75 мс "вкл." / 3 с "выкл."	Активирован один или несколько контекстов GPRS.
0,5 с "вкл." / "выкл." в зависимости от операций передачи	Выполняется передача данных с коммутацией пакетов. Светодиод загорается в течение 1 секунды после обмена пакетами данных.
Постоянно включен	В зависимости от типа вызовов: <i>голосовые вызовы</i> – установлено соединение с удаленным абонентом; <i>вызов CSD</i> – установлено соединение с удаленным абонентом, либо происходит обмен параметрами при установлении или разъединении соединения.

<sup>1</sup>. Если в режиме CYCLIC SLEEP происходит событие временного запуска (вызов, URC, передача с коммутацией пакетов), светодиод мигает согласно вышеуказанным шаблонам индикации. Подробную информацию о различных режимах SLEEP и событиях запуска см. выше (Табл. 12).

Для управления светодиодом в прикладном оборудовании следует применить буферный каскад (например, транзистор или вентиль). Ниже показана типовая схема (см. Рис. 23). Потребляемая мощность в режиме светодиодной индикации остается такой же, как в режиме сигнала синхронизации. Подробная информация приведена ниже (Табл. 31, контакт SYNC).

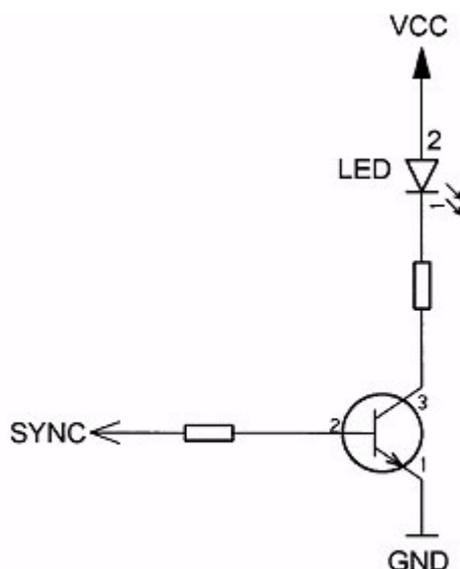


Рис. 23: Схема светодиодной индикации (пример)

### 3.13.2.3 Поведение цепи RING0 (только интерфейс ASC0)

Цепь RING0 доступна в первом последовательном интерфейсе (ASC0). Сигнал RING0 используется для индикации входящих вызовов и прочих кодов URC (Unsolicited Result Code; Незапрашиваемый код результата).

Использование цепи RING0 в главном прикладном оборудовании не обязательно, тем не менее настоятельно рекомендуется подключить ее к цепи прерываний в прикладном оборудовании. В этом случае прикладное оборудование сможет принимать прерывание по заднему фронту (спаду) сигнала RING0. Это решение наиболее оптимально, в особенности, для запуска прикладного оборудования из режима энергосбережения. Следует отметить, что при отсутствии подключенной цепи RING0 прикладному оборудованию потребуются постоянно опрашивать цепи данных и состояния в последовательном интерфейсе, т. е. возрастет потребляемый ток. Таким образом, применение цепи RING0 позволит снизить общий потребляемый ток в прикладном оборудовании.

Поведение цепи RING0 меняется в зависимости от типа события.

- При поступлении голосового/факсимильного вызова или вызова с передачей данных, в цепи RING0 на 1 секунду устанавливается низкий уровень, а затем – высокий уровень на 4 секунды. Каждые 5 секунд генерируется и передается по цепи RXD0 строка Ring.

Если выполняется вызов и для подключенного телефонного аппарата или устройства громкой связи активирован режим вызова на ожидании, в цепи устанавливается низкий уровень RING0 для генерирования акустических сигналов, информирующих о вызове на ожидании.

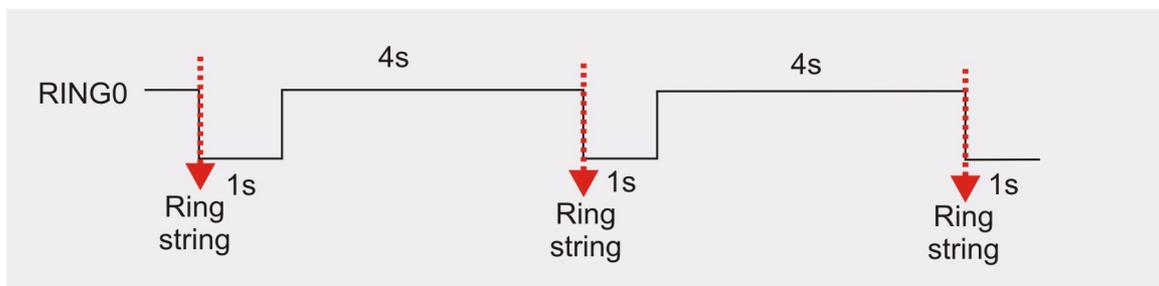


Рис. 24: Входящий голосовой вызов

- Все прочие коды URC (Unsolicited Result Code; Незапрашиваемый код результата) также приводят к установлению низкого уровня в цепи RING0, однако только на 1 секунду.

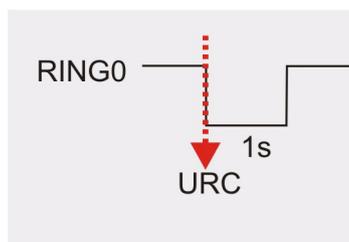


Рис. 25: Передача URC

Табл. 20: Вызывной сигнал ASC0

Функция	Контакт	Состояние	Описание
Индикация вызывного сигнала	GSM_RING0	0	Информирует о входящем вызове или коде URC. Если модуль находится в режиме NON-CYCLIC SLEEP (CFUN=0) или CYCLIC SLEEP (CFUN=5 или 6), модуль запускается и переходит в полнофункциональный режим. Если CFUN=7 или 8, после передачи URC или по окончании вызова возобновляется энергосбережение.
		1	Не действует

## 4 Антенный интерфейс

Импеданс радиочастотного интерфейса равен  $50\Omega$ . Модуль MC52i способен выдерживать полное рассогласование на антенном разъеме или контактной площадке без получения каких-либо повреждений (даже при передаче радиочастотного сигнала на максимальной мощности).

Внешняя антенна должна быть правильно согласована, что обеспечит достижение оптимальных рабочих характеристик по мощности излучения, потребляемой мощности (по постоянному току) и подавлению гармоник. На печатной плате модуля MC52i схемы согласования отсутствуют. Они должны находиться в главном прикладном оборудовании.

Ниже приведены характеристики MC52i по обратным потерям.

Табл. 21: Обратные потери

Состояние модуля	Обратные потери модуля	Рекомендованное значение обратных потерь прикладного оборудования
Прием	$\geq 8$ дБ	$\geq 12$ дБ
Передача	не применимо	$\geq 12$ дБ
Ожидание	$\leq 5$ дБ	не применимо

Соединение антенны или другого оборудования должно быть развязано от напряжения постоянного тока. Это необходимо, поскольку антенный разъем связан с землей цепи постоянного тока через индуктивность (для защиты от ESD).

### 4.1 Установка антенны

Для обеспечения соответствия прикладному оборудованию, имеющему разное конструктивное исполнение, в модуле MC52i предусмотрены два различных способа подключения антенны:

- Рекомендуемый способ: использование антенного разъема U.FL-R-SMT (производства компании Hirose), смонтированного на стороне компонентов печатной платы (вид сверху MC52i). Для получения дополнительной информации см. [Раздел 4.1.2](#).
- Антенная контактная площадка и шина земли на нижней стороне. См. [Раздел 4.1.1](#).

Разъем U.FL-R-SMT считается эталонной точкой антенны (Antenna Reference Point; ARP) в эталонном оборудовании Cinterion Wireless Modules, предоставляемом для сертификации MC52i. Все радиочастотные характеристики, приведенные в настоящем документе, относятся к ARP. Для достижения тех же результатов, которые были продемонстрированы при сертификационных испытаниях продукта Cinterion Wireless Modules, рекомендуется использовать подключение через разъем (но не через антенную контактную площадку).

**ВАЖНОЕ ПРИМЕЧАНИЕ:** допускается использование только одного из предложенных способов. Это означает, что если антенна подключена через разъем Hirose, использовать контактную площадку запрещается. И наоборот, если антенна подключена через контактную площадку, разъем Hirose должен оставаться незадействованным.

Подключение антенны через разъем Hirose:

Подключение антенны через контактную площадку

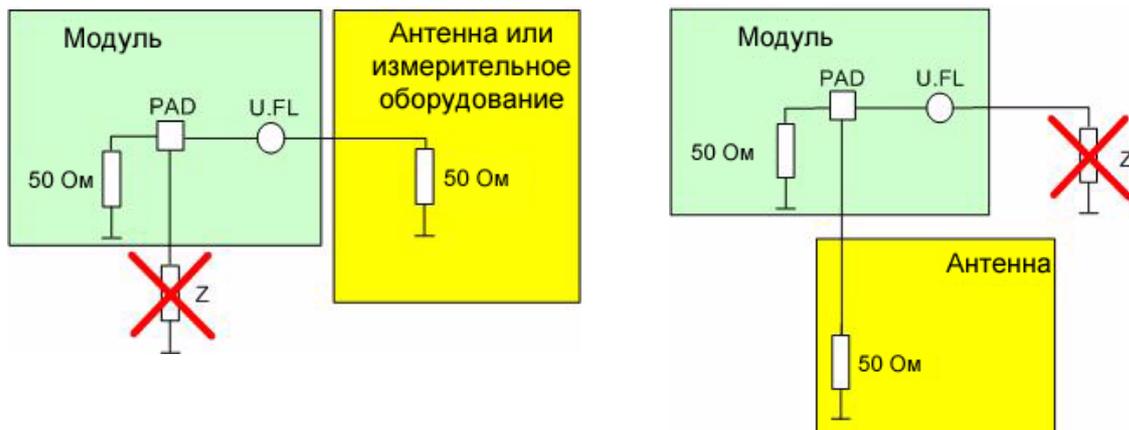


Рис. 26: Запрет одновременного использования антенного разъема и антенной контактной площадки

Независимо от выбранного варианта подключения следует обеспечить, чтобы антенная контактная площадка не соприкасалась ни с каким крепежным элементом или иным компонентом в главном прикладном оборудовании. Вокруг этой площадки должен существовать воздушный зазор, составляющий 0,8 мм по высоте.

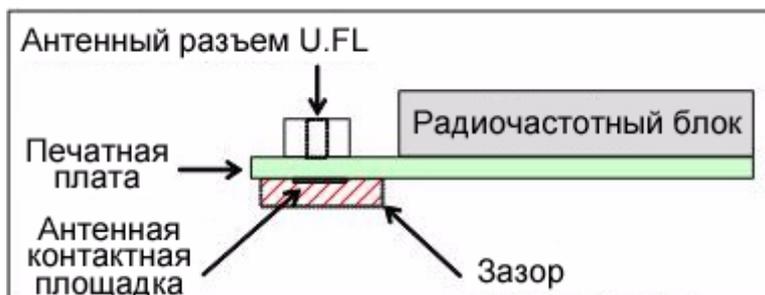


Рис. 27: Зазор вокруг антенной контактной площадки

### 4.1.1 Антенная контактная площадка

Антенну можно присоединить к контактной площадке способом пайки или посредством контактных пружин. Для подключения антенны к земле в модуле MC52i предусмотрена шина земли, расположенная рядом с антенной контактной площадкой.

При принятии решения об использовании антенной контактной площадки следует иметь в виду, что эта площадка не является эталонной точкой антенны (Antenna Reference Point; ARP), предназначенной для сертификации MC52i. Антенная контактная площадка используется только в качестве альтернативного варианта, применяемого, например, в том случае, когда рекомендованное подключение через разъем Hirose не соответствует конструктивным особенностям антенны.

Кроме того, следует учитывать, что согласно рекомендациям GSM TS 45.005 и TS 51.010-01 при проведении сертификационных измерений обязательно применяется разъем 50Ω. Поэтому GSM-устройства со встроенной антенной должны временно оснащаться соответствующим разъемом или радиочастотным кабелем (с малым значением потерь) с адаптером.

Во избежание повреждения модуля и получения качественного и долговечного паяного соединения следует придерживаться стандартных технологических норм по выполнению таких соединений.

Свойства материалов MC52i:  
печатная плата MC52i – FR4;  
Антенная контактная площадка – позолоченная площадка.

#### 4.1.1.1 Пригодные типы кабелей

Для непосредственного присоединения пайкой рекомендуются следующие типы кабелей:

RG316/U 50Ω – коаксиальный кабель;  
1671A 50Ω – коаксиальный кабель.

Пригодные кабели предлагаются, например, компанией IMS Connector Systems. Для получения дополнительной информации и ознакомления с другими типами кабелей посетите сайт <http://www.imscs.com>.

## 4.1.2 Антенный разъем Hirose

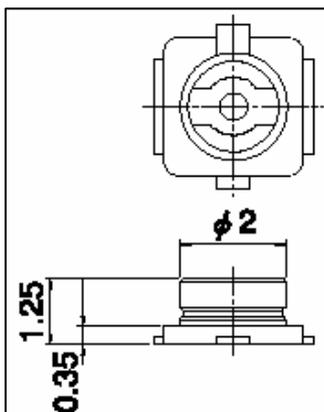


Рис. 28: Размеры разъема U.FL-R-SMT

Табл. 22: Спецификации разъема U.FL-R-SMT

Характеристика	Показатель	Условия
<i>Номиналы</i>		
Номинальный импеданс	50Ω	Температура при эксплуатации: -40°C ... +90°C Влажность при эксплуатации: макс. 90%
Диапазон частот	от 0 до 6 ГГц	
<i>Механические характеристики</i>		
Удерживающее усилие в розеточном контакте	0.15 N <sub>min</sub>	Измерено с помощью щупа 0,475.
Многократное использование	Сопротивление контакта: 25 mΩ в центре; 15 mΩ по краям.	30 циклов состыковки и расстыковки
Вибрация	Отсутствие моментальных разъединений длительностью 1 μс. Отсутствие повреждений, трещин и рассоединения компонентов.	Частота от 10 до 100 Гц, одинарная амплитуда 1,5 мм, ускорение 59 м/с <sup>2</sup> ; 5 циклов в направлении каждой из трех осей.
Удар	Отсутствие моментальных разъединений длительностью 1 μс. Отсутствие повреждений, трещин и рассоединения компонентов.	Ускорение 735 м/с <sup>2</sup> , длительность 11 мс; 6 циклов в направлении каждой из трех осей.
<i>Устойчивость к воздействию окружающей среды</i>		

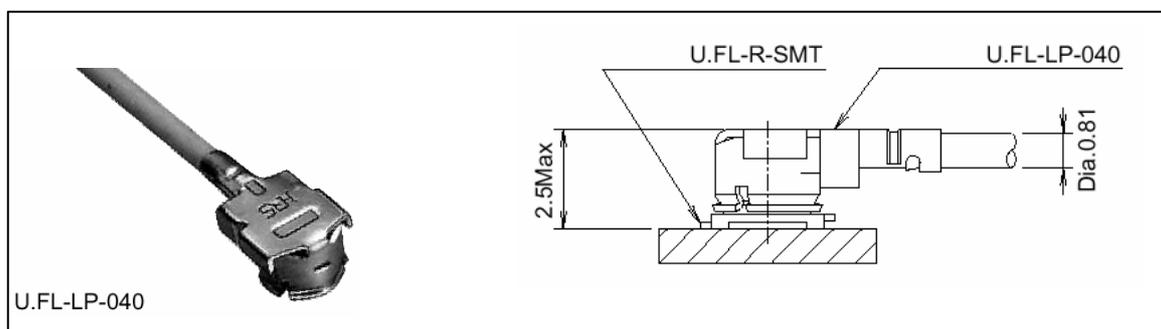
**Табл. 22:** Спецификации разъема U.FL-R-SMT

Характеристика	Показатель	Условия
Влагостойкость	Отсутствие повреждений, трещин и рассоединения компонентов. Сопротивление изоляции: 100 МΩ мин. при высокой влажности 500 МΩ мин. в сухой среде	Выдерживание при температуре 40°C и влажности 95% в течение 96 часов.
Температурный цикл	Отсутствие повреждений, трещин и рассоединения компонентов. Сопротивление контакта: 25 мΩ в центре; 15 мΩ по краям.	Температура: +40°C от 5 до 35°C +90°C от 5 до 35°C Время: 30 мин в течение 5 мин 30 мин в течение 5 мин
Солевой туман	Отсутствие чрезмерной коррозии	Непрерывное выдерживание в течение 48 часов в 5-процентной соленой воде

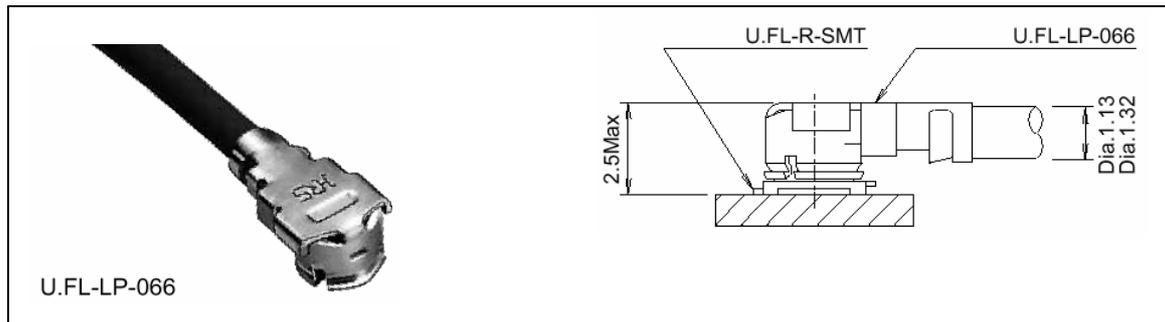
**Табл. 23:** Материал и покрытие разъема U.FL-R-SMT, рекомендуемые вилки

Компонент	Материал	Покрытие
Корпус	Фосфористая бронза	Серебрение
Штыревой центральный контакт	Латунь	Золочение
Гнездовой центральный контакт	Фосфористая бронза	Золочение
Изолятор	Вилка: PBT Розетка: LCP	Черное Бежевое

Соответствующие вилки и кабели можно выбрать в серии Hirose U.FL. Ниже приведены примеры (Табл. 24 содержит соответствующий список). Для получения новейшей информации о продуктах обратитесь к дилеру Hirose или посетите домашнюю страницу Hirose, например: <http://www.hirose.com>.



**Рис. 29:** Разъем U.FL-R-SMT с вилкой U.FL-LP-040



**Рис. 30:** Разъем U.FL-R-SMT с вилкой U.FL-LP-066

Помимо указанных выше соединителей также предлагается сверхминиатюрный соединитель U.FL-LP-(V)-040(01). Эта вилка предназначена для сверхтонкого кабеля (макс. 0,81 мм), и при ее использовании высота ответной части составляет всего 2 мм. Ниже приведен соответствующий технический формуляр Hirose (см. [Рис. 31](#)).

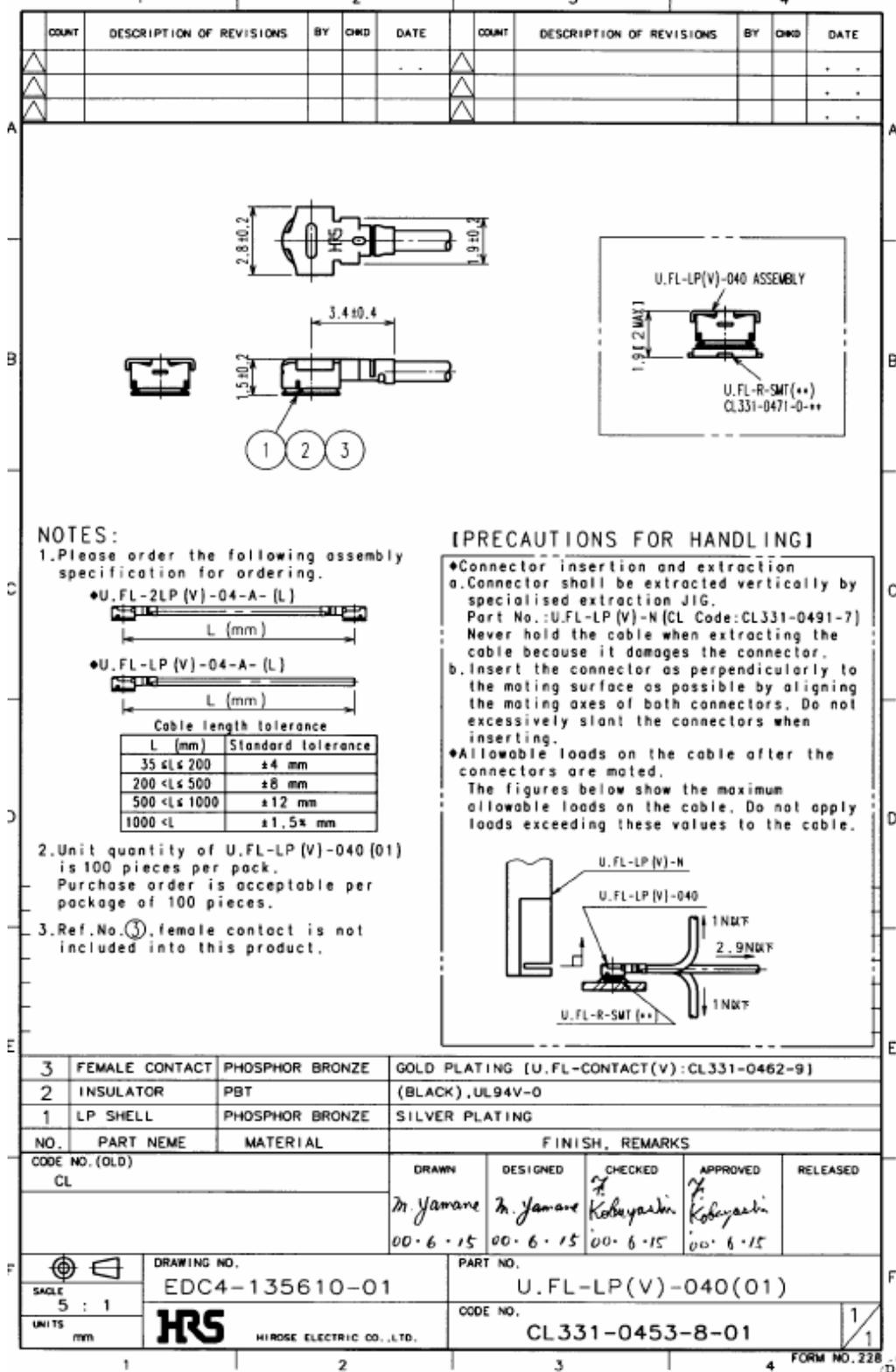


Рис. 31: Спецификации вилки U.FL-LP(V)-040(01)

**Табл. 24:** Информация для заказа изделий Hirose серии U.FL

<b>Поз.</b>	<b>Номер компонента</b>	<b>Номер HRS</b>
Разъем в модуле MC52i	U.FL-R-SMT	CL331-0471-0-10
Корпус вилки, угловой, для кабеля 0,81 мм	U.FL-LP-040	CL331-0451-2
Вилка, угловая, для кабеля 0,81 мм	U.FL-LP(V)-040 (01)	CL331-053-8-01
Вилка, угловая, для кабеля 1,13 мм	U.FL-LP-066	CL331-0452-5
Вилка, угловая, для кабеля 1,32 мм	U.FL-LP-066	CL331-0452-5
Приспособление для отстыковки	E.FL-LP-N	CL331-0441-9

## 5 Электрические характеристики, надежность, характеристики радиосистемы

### 5.1 Абсолютные максимальные значения

Ниже приведены абсолютные максимумы напряжения питания и напряжений на цифровых и аналоговых контактах модуля MC52i (Табл. 25). Выход за эти значения приведет к неустраняемому повреждению модуля MC52i.

Табл. 25: Абсолютные максимальные значения

Параметр	Мин.	Макс.	Ед.
Напряжение BATT+	-0.3	5.5	В
Напряжение на цифровых контактах	-0.3	3.3	В
Напряжение на аналоговых контактах	-0.3	3.0	В
Напряжение на цифровых/аналоговых контактах в режиме POWER DOWN	-0.25	+0.25	В
Напряжение на контакте POWER		12	В
Напряжение на контакте CHARGE		12	В
Дифференциальное сопротивление нагрузки между EPNx и EPPx	15		??

## 5.2 Температура при эксплуатации

Следует отметить, что срок службы модуля, т. е. МТТФ (Mean Time To Failure; Средняя наработка на отказ) может уменьшиться, если модуль эксплуатируется за пределами ограниченного диапазона температуры. Если при эксплуатации модуля температура выходит за пределы ограниченного или расширенного ограниченного диапазона температуры (или возвращается в эти пределы), выдается соответствующий код URC (см. [1]; AT^SCTM).

Табл. 26: Температура платы / батареи

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед.
Нормальная эксплуатация	-20	+25	+70	°C
Автоматическое выключение <sup>1 2</sup>				
Температура, измеренная на плате MC52i	-40	---	>+80	°C
Температура, измеренная на NTC-резисторе батареи	-18	---	+60	°C

1. Когда выполняется экстренный вызов, автоматическое термовыключение откладывается. См. также [Раздел 3.3.3.2](#)

2. Из-за неточности измерения температуры, к пороговым значениям может применяться допуск  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Табл. 27: Температура окружающей среды согласно IEC 60068-2 (без принудительной циркуляции воздуха)

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед.
Нормальная эксплуатация	-20	+25	+55	°C
Ограниченный режим <sup>1</sup>				
Диапазон температуры в ограниченном режиме эксплуатации	от -40 до -20	---	от +55 до +70	°C
Расширенный диапазон температуры в ограниченном режиме эксплуатации <sup>2</sup>		---	от +70 до +85	°C

1. Ограниченный режим эксплуатации согласно 3GPP TS 45.005 V6.7.0 (2004-11), Приложение D, D.2.1, Температура (GSM 400, GSM 900 и DCS 1 800): "При выходе за пределы этого диапазона температуры мобильный терминал (MS), если его питание включено, не должен неэффективно использовать радиочастотный спектр. Ни при каких обстоятельствах не должны превышать уровни передаваемого сигнала мобильного терминала (MS), определенные в 3GPP TS 45.005 для экстремальных условий эксплуатации".

2. **Примечание.** Расширенный диапазон температуры окружающей среды в ограниченном режиме эксплуатации применим только к следующему способу использования: "Каждые 3 минуты прикладное оборудование передает пакет данных GPRS, не превышающий 2 кбайт. Длительность передачи данных GPRS не превышает двух секунд. В течение остального времени в этом интервале (приблизительно в течение 178 секунд) модуль находится в режиме ожидания (IDLE)".

Табл. 28: Температура при зарядке

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед.
Температура батареи при программно управляемой быстрой зарядке (измеряется на NTC-резисторе батареи)	0	---	+45	°C

См. также [Раздел 3.3.3.1](#) для получения информации о NTC-резисторах для измерений температуры на плате и в аккумуляторной батарее, автоматическом термовыключении и оповещениях.

Следует отметить, что в пределах определенных диапазонов температуры при эксплуатации температура платы может варьироваться в широких пределах в зависимости от рабочего режима, используемого диапазона частот, выходной мощности радиосигнала и текущего значения напряжения питания.

При передаче данных по GPRS, если температура достигает порога, определенного для нормального режима эксплуатации, модуль MC52i автоматически переключается в пониженный класс многоканальной передачи (Multislot Class), И наоборот, когда температура возвращается в нормальные пределы, модуль вновь переходит в повышенный класс многоканальной передачи. Для получения дополнительной информации см. [Раздел 3.4](#).

Порог автоматического выключения  $T_{\text{окр. макс.}} = +70^{\circ}\text{C}$  применяется в рабочем режиме PCL5 (GSM 900), GPRS класса 8 (1Tx, 4Rx) и при напряжении питания, не превышающем 4,2 В. Чтобы обеспечить функционирование при достижении верхнего предела  $T_{\text{окр. макс.}} = +70^{\circ}\text{C}$  и непрерывной работе в режиме GPRS класса 8 с напряжением питания 4,2 В, рекомендуется встроить модуль MC52i так, чтобы минимизировать его теплообмен с окружающей средой. Приемлемым решением является установка небольшого радиатора.

## 5.3 Условия при хранении

Указанные ниже условия действительны только для модулей в оригинальной упаковке, хранящихся в защищенных от атмосферных воздействий складских помещениях без регулирования температуры. Нормальная продолжительность хранения при этих условиях составляет макс. 12 месяцев.

Табл. 29: Условия при хранении

Тип	Условие	Ед.	Ссылка
Температура воздуха: низкая высокая	-40 +85	°C	ETS 300 019-2-1: T1.2, IEC 68-2-1 Ab ETS 300 019-2-1: T1.2, IEC 68-2-2 Bb
Относительная влажность: низкая высокая конденсация	10 90 при 30°C 90-100 при 30°C	%	--- ETS 300 019-2-1: T1.2, IEC 68-2-56 Cb ETS 300 019-2-1: T1.2, IEC 68-2-30 Db
Атмосферное давление: низкое высокое	70 106	кПа	IEC TR 60271-3-1: 1K4 IEC TR 60271-3-1: 1K4
Движение окружающего воздуха	1.0	м/с	IEC TR 60271-3-1: 1K4
Влага: дождь, капание, обледенение и иней	Не допускается	---	---
Излучение: солнечное тепловое	1120 600	Вт/м <sup>2</sup>	ETS 300 019-2-1: T1.2, IEC 68-2-2 Bb ETS 300 019-2-1: T1.2, IEC 68-2-2 Bb
Химически активные вещества	Не рекомендуется		IEC TR 60271-3-1: 1C1L
Механически активные вещества	Не рекомендуется		IEC TR 60271-3-1: 1S1
Вибрация (синусоидальная): Смещение Ускорение Диапазон частот	1.5 5 2-9 9-200	мм м/с <sup>2</sup> Гц	IEC TR 60271-3-1: 1M2
Удары: Ударный спектр Длительность Ускорение	полусинусоида 1 50	мс м/с <sup>2</sup>	IEC 68-2-27 Ea

## 5.4 Характеристики надежности

Указанные ниже условия испытаний извлечены из спецификаций полных испытаний.

**Табл. 30:** Условия испытаний на надежность

Тип испытаний	Условия	Стандарт
Вибрация	Диапазон частот: 10...20 Гц; ускорение: амплитуда 3,1 мм Диапазон частот: 20...500 Гц; ускорение: 5 g Продолжительность: 2 ч в каждой оси = 10 циклов; 3 оси	DIN IEC 68-2-6
Удар (полусинусоида)	Ускорение: 500 g Длительность удара: 1 мс 1 удар в каждой оси 6 позиций ( $\pm x, y$ и $z$ )	DIN IEC 68-2-27
Сухое тепло	Температура: $+70 \pm 2^\circ\text{C}$ Продолжительность испытаний: 16 ч Влажность в испытательной камере: $< 50\%$	EN 60068-2-2 Bb ETS 300019-2-7
Смена температур (тепловой удар)	Низкая температура: $-40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ Высокая температура: $+85^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ Время смены: $< 30$ с (двухкамерная система) Продолжительность испытаний: 1 ч Число повторений: 100	DIN IEC 68-2-14 Na ETS 300019-2-7
Циклическое воздействие влажного тепла	Высокая температура: $+55^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ Низкая температура: $+25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ Влажность: $93\% \pm 3\%$ Число повторений: 6 Продолжительность испытаний: 12 ч + 12 ч	DIN IEC 68-2-30 Db ETS 300019-2-5
Холод (постоянное выдерживание)	Температура: $-40 \pm 2^\circ\text{C}$ Продолжительность испытаний: 16 ч	DIN IEC 68-2-1

## 5.5 Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Следует отметить, что нижеперечисленные эталонные значения напряжений (Табл. 31) измерены непосредственно на модуле MC52i. Эти значения не применимы к подключенным вспомогательным частям.

Если для входного контакта указано значение  $V_{i,h,max} = 3,3$  В, следует обеспечить, чтобы напряжение ни при каких условиях не превышало этого значения. Значение 3,3 В является абсолютным максимальным значением.

Межплатный разъем Hirose DF12C на модуле MC52i представляет собой 50-контактную двухрядную розетку. Наименования и позиции контактов см. ниже (Рис. 34, модуль MC52i – вид сверху).

1	CCCLK	EPN2	50
2	CCVCC	EPP2	49
3	CCIO	EPP1	48
4	CCRST	EPN1	47
5	CCIN	MICN2	46
6	CCGND	MICP2	45
7	RXDDAI	MICP1	44
8	TFSDAI	MICN1	43
9	SCLK	AGND	42
10	TXDDAI	IGT	41
11	RFSDAI	EMERGOFF	40
12	BATT_TEMP	DCD0	39
13	SYNC	CTS1	38
14	RXD1	CTS0	37
15	RXD0	RTS1	36
16	TXD1	DTR0	35
17	TXD0	RTS0	34
18	VDDL	DSR0	33
19	POWER	RING0	32
20	CHARGE	VDD	31
21	GND	BATT+	30
22	GND	BATT+	29
23	GND	BATT+	28
24	GND	BATT+	27
25	GND	BATT+	26

Рис. 32: Назначение контактов

Табл. 31: Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Функция	Название сигнала	IO	Форма и уровень сигнала	Комментарии
Питание	BATT+  GND	I	$V_1 = 3,3...4,8 \text{ В}$ $V_{\text{норм.}} = 4,2 \text{ В}$ $I_{\text{норм.}} = 1,6 \text{ А при передаче (Tx)}$  <p>1 Tx, пиковый ток в течение 577 µs каждые 4,616 мс                  2 Tx, пиковый ток в течение 1154 µs каждые 4,616 мс</p>	Вход питания: 5 контактов BATT+ соединяются параллельно. 5 контактов GND соединяются параллельно. Питание должно отвечать требованиям к потреблению тока при передаче (макс. 2 А). Передача в двух временных интервалах удваивает длительность импульсов тока (1154 µs каждые 4,616 мс).
Интерфейс зарядного устройства	POWER	I	$V_{\text{мин.}} = 3,5 \text{ В}$ $V_{\text{макс.}} = 12 \text{ В}$	Сигнал в этой цепи информирует процессор о подключении зарядного устройства.  <b>Примечание:</b> к цепи POWER и земле (например, контакту 21) должен быть подключен конденсатор 10...47 нФ (для ЭМС), Этот конденсатор должен быть размещен как можно ближе к разъему B2B модуля.  <b>Примечание:</b> модуль не может быть выключен, пока сохраняется высокий уровень сигнала POWER. Поэтому, прежде чем выключить модуль, рекомендуется отсоединить зарядное устройство. Если контакт не используется, оставьте его свободным.

**Табл. 31:** Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Функция	Название сигнала	IO	Форма и уровень сигнала	Комментарии
	BATT_TEM P	I	Подключите NTC-резистор ( $R_{NTC}$ 10 кΩ при 25°C) к земле.	Вход для измерения температуры батареи с помощью NTC-резистора. NTC-резистор должен быть установлен внутри блока аккумуляторной батареи или рядом с ним, так чтобы обеспечить применение алгоритма зарядки и получение значений температуры. Если контакт не используется, оставьте его свободным.
	CHARGE	O	$I_{CHARGE}$ макс. = 2 мА $V_{IH}$ макс. = 12 В $V_{LO}$ макс. = 0,25 В при $I = 2$ мА	Эта цепь является источником тока для зарядного полевого транзистора с сопротивлением 10 кΩ между затвором и истоком. Если контакт не используется, оставьте его свободным.
Внешнее напряжение питания	VDD	O	$V_{DD}$ мин. = 2,75 В, $V_{DD}$ тип. = 2,85 В, $V_{DD}$ макс. = 2,95 В $I$ макс. = -10 мА $C_L$ макс. = 1 мФ	Напряжение питания, например, для внешнего светодиода или схемы сдвига уровня. Внешняя цифровая схема не должна создавать никаких импульсных помех или наводок в цепи VDD. Отсутствует в режиме POWER DOWN. VDD сигнализирует о состоянии "ON" модуля. Если VDD не используется, оставьте контакт свободным.
VDD с малой потребляемой мощностью (VDD Low Power)	VDDL P	I/O	$R_I = 1$ кΩ $V_O$ макс. 4,3 В (выход)  $V_{I}$ мин. = 2,2 В, $V_{I}$ макс. = 5,5 В (вход) $I_{I}$ тип. = 10 мА при $BATT+ = 0$ В Мобильное устройство в режиме POWER DOWN: $V_{I}$ мин. = 1,2 В	Если отсутствует напряжение $V_{BATT+}$ , схема RTC получает питание от внешнего конденсатора или запасной батареи  Если контакт не используется, оставьте его свободным.

Табл. 31: Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Функция	Название сигнала	IO	Форма и уровень сигнала	Комментарии
Запуск (Ignition)	IGT	I	$R_I$ 100 кΩ, $C_I$ 1 нФ $V_{IL\text{ макс.}}$ = (BATT+) -0,5 В при $I = -5 \mu\text{A}$ $V_{IL\text{ мин.}}$ = 0 В при $I_{\text{ макс.}} = -50 \mu\text{A}$ $V_{\text{Open макс.}}$ = 4,8 В ON ~~~ ____ ~~~ Активный низкий уровень $\geq 100$ мс	Вход для включения (ON) мобильного устройства.  Низкий уровень в этой цепи должен устанавливаться с помощью формирователя с открытым стоком или открытым коллектором.
Экстренное выключение (Emergency shutdown)	EMERGOF F	I/O	$R_I$ 100 кΩ $V_{IL\text{ макс.}}$ = 0,3 В при $I_{\text{ макс.}} = -500 \mu\text{A}$ $V_{\text{Open макс.}}$ = 2,82 В Сигнал ~~~ ____ ~~~ Активный низкий уровень $\geq 10$ мс	Всегда установлен высокий уровень сигнала.  Устанавливать уровень в этой цепи должен формирователь с открытым стоком или открытым коллектором. Экстренное выключение отключает питание модуля.  Модуль может быть сброшен, если после экстренного выключения активируется IGT.  Для выключения мобильного устройства используйте команду AT^SMSO.  Если контакт не используется, оставьте его свободным.

Табл. 31: Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Функция	Название сигнала	IO	Форма и уровень сигнала	Комментарии
Синхронизация	SYNC	O	$V_{OL\max.} = 0,2 \text{ В}$ при $I = 1 \text{ мА}$ $V_{OH\min.} = 2,35 \text{ В}$ при $I = -1 \text{ мА}$ $V_{OH\max.} = 2,73 \text{ В}$  <p>1 Тх, импульс 877 <math>\mu\text{с}</math> каждые 4,616 мс и 2 Тх, импульс 1454 <math>\mu\text{с}</math> каждые 4,616 мс, с упреждением 300 <math>\mu\text{с}</math>.</p>	<p>Информирует о возрастании потребляемого тока во время передачи в восходящем направлении. Следует отметить, что при хэндовере происходит изменение тайминга.</p> <p>Альтернативный вариант использования: управление индикатором состояния (см. <a href="#">Раздел 3.13.2.2</a>).</p> <p>Если контакт не используется, оставьте его свободным.</p>
Интерфейс 3V SIM	CCIN	I	$R_I$ 100 к $\Omega$ $V_{IL\max.} = 0,5 \text{ В}$ $V_{IH\min.} = 2,15 \text{ В}$ при $I = 20 \mu\text{А}$ , $V_{IH\max.} = 3,3 \text{ В}$ при $I = 30 \mu\text{А}$	<p>CCIN = высокий уровень, держатель SIM-карты закрыт (отсутствие распознавания карты)</p> <p>Макс. длина кабеля – 200 мм (к держателю SIM-карты).</p> <p>Все цепи SIM-интерфейса защищены от ESD с помощью специальной диодной матрицы.</p> <p>Использование CCGND обязательно.</p>
	CCRST	O	$R_O$ 47 $\Omega$ $V_{OL\max.} = 0,25 \text{ В}$ при $I = 1 \text{ мА}$ $V_{OH\min.} = 2,5 \text{ В}$ при $I = -1 \text{ мА}$ $V_{OH\max.} = 2,95 \text{ В}$	
	CCIO	I/O	$R_I$ 4,7 к $\Omega$ $V_{IL\max.} = 0,5 \text{ В}$ $V_{IH\min.} = 2,00 \text{ В}$ , $V_{IH\max.} = 3,3 \text{ В}$ $R_O$ 100 $\Omega$ $V_{OL\max.} = 0,3 \text{ В}$ при $I = 1 \text{ мА}$ $V_{OH\min.} = 2,65 \text{ В}$ при $I = -20 \mu\text{А}$ $V_{OH\max.} = 2,95 \text{ В}$	
	CCCLK	O	$R_O$ 100 $\Omega$ $V_{OL\max.} = 0,3 \text{ В}$ при $I = 1 \text{ мА}$ $V_{OH\min.} = 2,45 \text{ В}$ при $I = -1 \text{ мА}$ $V_{OH\max.} = 2,95 \text{ В}$	
	CCVCC	O	$R_{O\max.} = 5 \Omega$ $CCVCC\min. = 2,75 \text{ В}$ , $CCVCC\max. = 2,95 \text{ В}$ $I_{\max.} = -20 \text{ мА}$	
	CCGND		Заземление	

**Табл. 31:** Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Функция	Название сигнала	IO	Форма и уровень сигнала	Комментарии
Интерфейс 1,8V SIM	CCIN	I	$R_I$ 100 кΩ $V_{IL}$ макс. = 0,3 В $V_{IH}$ мин. = 1,40 В при $I = 15 \mu A$ , $V_{IH}$ макс. = 3,3 В при $I = 30 \mu A$	CCIN = высокий уровень, держатель SIM-карты закрыт (отсутствие распознавания карты)  Макс. длина кабеля – 200 мм (к держателю SIM-карты).  Все цепи SIM-интерфейса защищены от ESD с помощью специальной диодной матрицы.  Использование CCGND обязательно.
	CCRST	O	$R_O$ 47Ω $V_{OL}$ макс. = 0,25 В при $I = 1 \text{ mA}$ $V_{OH}$ мин. = 1,4 В при $I = -1 \text{ mA}$ $V_{OH}$ макс. = 1,95 В	
	CCIO	I/O	$R_I$ 4,7 кΩ $V_{IL}$ макс. = 0,3 В $V_{IH}$ мин. = 1,20 В, $V_{IH}$ макс. = 3,3 В $R_O$ 100Ω $V_{OL}$ макс. = 0,3 В при $I = 1 \text{ mA}$ $V_{OH}$ мин. = 1,60 В при $I = -20 \mu A$ $V_{OH}$ макс. = 1,95 В	
	CCCLK	O	$R_O$ 100Ω $V_{OL}$ макс. = 0,3 В при $I = 1 \text{ mA}$ $V_{OH}$ мин. = 1,40 В при $I = -1 \text{ mA}$ $V_{OH}$ макс. = 1,95 В	
	CCVCC	O	$R_O$ макс. = 5 Ω CCVCC мин. = 1,71 В, CCVCC макс. = 1,95 В $I$ макс. = 20 мА	
	CCGND		Заземление	

Табл. 31: Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Функция	Название сигнала	IO	Форма и уровень сигнала	Комментарии
Интерфейс ASC0	RXD0	O	$V_{OL\max.} = 0,2 \text{ В при } I = 1 \text{ мА}$ $V_{OH\min.} = 2,40 \text{ В при } I = -1 \text{ мА}$ $V_{OH\max.} = 2,82 \text{ В}$  $V_{IL\max.} = 0,5 \text{ В}$ $V_{IH\min.} = 2,00 \text{ В, } V_{IH\max.} = 3,3 \text{ В}$  TXD0, RTS0: привязка к высокому уровню, $-15 \mu\text{А}$ при 0 В DTR0: привязка к высокому уровню, $-60 \mu\text{А}$ при 0 В	Первый последовательный интерфейс для передачи AT-команд или потока данных.  Во избежание появления "висящих" входов при установлении состояния высокого импеданса на выходных контактах, следует подключить резисторы привязки к высокому уровню (к VDD) или резисторы привязки к низкому уровню (к GND). См. <a href="#">Раздел 3.3.2.1.</a>  Если контакты не используются, оставьте их свободными.
	TXD0	I		
	CTS0	O		
	RTS0	I		
	DTR0	I		
	DCD0	O		
	DSR0	O		
	RING0	O		
Интерфейс ASC1	RXD1	O	$V_{OL\max.} = 0,2 \text{ В при } I = 1 \text{ мА}$ $V_{OH\min.} = 2,40 \text{ В при } I = -1 \text{ мА}$ $V_{OH\max.} = 2,82 \text{ В}$  $V_{IL\max.} = 0,5 \text{ В}$ $V_{IH\min.} = 2,00 \text{ В, } V_{IH\max.} = 3,3 \text{ В}$ TXD0, RTS0: привязка к высокому уровню, $-60 \mu\text{А}$ при 0 В	Второй последовательный интерфейс для передачи AT-команд.  Во избежание появления "висящих" входов при установлении состояния высокого импеданса на выходных контактах, следует подключить резисторы привязки к высокому уровню (к VDD) или резисторы привязки к низкому уровню (к GND). См. <a href="#">Раздел 3.3.2.1.</a>  Если контакты не используются, оставьте их свободными.
	TXD1	I		
	CTS1	O		
	RTS1	I		

**Табл. 31:** Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Функция	Название сигнала	IO	Форма и уровень сигнала	Комментарии
Цифровой аудио-интерфейс	SCLK	O	$V_{OL\text{ макс.}} = 0,2 \text{ В при } I = 1 \text{ мА}$ $V_{OH\text{ мин.}} = 2,40 \text{ В при } I = -1 \text{ мА}$ $V_{OH\text{ макс.}} = 2,82 \text{ В}$  $V_{IL\text{ макс.}} = 0,5 \text{ В}$ $V_{IH\text{ мин.}} = 2,00 \text{ В, } V_{IH\text{ макс.}} = 3,3 \text{ В}$  RFSDAI, RXDDAI, SCLK: привязка к низкому уровню, +330 $\mu\text{А}$ при $V_{IN} = 3,3 \text{ В}$	Если контакты не используются, оставьте их свободными.
	TFSDAI	O		
	TXDDAI	O		
	RXDDAI	I		
	RFSDAI	I		

Табл. 31: Электрические характеристики интерфейса прикладного оборудования

Функция	Название сигнала	IO	Форма и уровень сигнала	Комментарии
Аналоговые аудио-интерфейсы	EPP2	O	$V_{O\text{ макс.}} = 3,7$ Вп-п См. также: <a href="#">Табл. 35</a> .	Симметричный аудиовыход, может непосредственно подключаться к телефону.  Если контакты не используются, оставьте их свободными.
	EPN2	O		
	EPP1	O	$V_{O\text{ макс.}} = 3,7$ Вп-п См. также: <a href="#">Табл. 35</a> .	Симметричный аудиовыход. Может непосредственно подключаться к телефону.  Если контакты не используются, оставьте их свободными.
	EPN1	O		
	MICP1	I	$R_1 = 50$ k $\Omega$ (дифференциальное) $V_{I\text{ макс.}} = 1,03$ Вп-п См. также: <a href="#">Табл. 36</a> .	Симметричный микрофонный вход. Развязывается двумя конденсаторами $C_k = 100$ нФ (если подключается к микрофону или иному устройству).  Если контакты не используются, оставьте их свободными.
	MICN1			
	MICP2	I	$R_1 = 2$ k $\Omega$ (дифференциальное) $V_{I\text{ макс.}} = 1,03$ Вп-п См. также: <a href="#">Табл. 36</a> .	Симметричный микрофонный вход. Может использоваться для непосредственной подачи питания в активный микрофон.  Если используется для другого источника сигнала (например, операционного усилителя), должен быть развязан с помощью конденсаторов.  Если контакты не используются, оставьте их свободными.
	MICN2	I		
AGND			Отдельная цепь земли для внешних аудиосхем.	

## 5.6 Параметры электропитания

Табл. 32: Параметры электропитания

Параметр	Описание	Условия	Мин.	Тип.	Макс.	Ед.
BATT+	Напряжение питания	Напряжение должно оставаться в пределах минимального и максимального значений (с учетом падения напряжения, пульсаций и бросков).	3.3	4.2	4.8	B
	Падение напряжения при передаче	Нормальные условия, уровень управления мощностью для $P_{out\ max}$			400	mB
	Пульсации напряжения	Нормальные условия, уровень управления мощностью для $P_{out\ max}$ при $f < 200$ кГц при $f > 200$ кГц		50 2		mB
$I_{BATT+}$	Средний ток питания <sup>1</sup>	Режим POWER DOWN		50	100	μA
		Режим SLEEP при DRX = 2 при DRX = 5 при DRX = 9		4.3 3.0 2.5		mA
		Режим IDLE при DRX = 2 EGSM 900 GSM 1800		15 15		mA
		Режим TALK EGSM 900 <sup>2 3</sup> GSM 1800 <sup>4 3</sup>		260 180	310	mA
		Режим DATA GPRS (4 Rx, 1 Tx) EGSM 900 <sup>2 3</sup> GSM 1800 <sup>4 3</sup>		300 230		mA
		Режим DATA GPRS (3 Rx, 2 Tx) EGSM 900 <sup>2 3</sup> GSM 1800 <sup>4 3</sup>		450 330	550	mA
		Пиковый ток питания (в течение временного интервала передачи, каждые 4,6 мс)	Уровень управления мощностью <sup>2</sup>		1.6	2.0

<sup>1</sup>. Все средние значения тока питания при  $IVDD = 0$  mA

<sup>2</sup>. Уровень управления мощностью PCL 5

<sup>3</sup>. Условия испытаний для получения типовых значений: 50Ω антенна

<sup>4</sup>. Уровень управления мощностью PCL 0

## 5.7 Электрические характеристики подсистемы обработки в полосе голосовых частот

### 5.7.1 Установка аудиопараметров с помощью AT-команд

Аудиорежимы 2...6 настраиваются с использованием нижеперечисленных параметров. Каждому аудиорежиму назначается отдельный набор параметров.

Табл. 33: Аудиопараметры, устанавливаемые с помощью AT-команд

Параметр	Регулируемые характеристики	Диапазон	Диапазон регулировки	Вычисление
inBbcGain	Коэффициент усиления аналогового усилителя MICP/ MICN в контроллере модулирующих сигналов (до ADC)	0...7	0...42 дБ	Шаг 6 дБ
inCalibrate	Цифровое ослабление входного сигнала (после ADC)	0...32767	-∞...0 дБ	$20 * \log(\text{inCalibrate} / 32768)$
outBbcGain	Коэффициент усиления аналогового выхода EPP/EPN контроллера модулирующих сигналов (после DAC)	0...3	0...-18 дБ	Шаг 6 дБ
outCalibrate[n] n = 0...4	Цифровое ослабление выходного сигнала после голосового декодера, до суммирования местного эффекта и сигнала DAC, для каждого шага регулировки громкости [n]	0...32767	-∞...+6 дБ	$20 * \log(2 * \text{outCalibrate}[n] / 32768)$
sideTone	Цифровое ослабление местного эффекта регулируется в модуле по значению outBbcGain для получения постоянного местного эффекта независимо от уровня громкости на выходе.	0...32767	-∞...0 дБ	$20 * \log(\text{sideTone} / 32768)$

Примечание: для параметров inCalibrate, outCalibrate и sideTone также допустимы значения от 32768 и 65535. В модуле такие значения преобразовываются в значение 32767.

### 5.7.2 Модель программирования аудиотракта

Модель программирования аудиотракта позволяет получить представление о том, как изменение параметров AT-команд влияет на сигнальный тракт. Модель остается неизменной для всех трех интерфейсов, за исключением параметров `<outBbcGain>` и `<inBbcGain>`. Эти параметры невозможно изменить при использовании цифрового аудиоинтерфейса, поскольку в этом случае DAC выключен.

Параметры `<inBbcGain>` и `<inCalibrate>` можно устанавливать с помощью команды `AT^SNFI`. Все остальные параметры устанавливаются с помощью команд `AT^SNFO` и `AT^SAIC`.

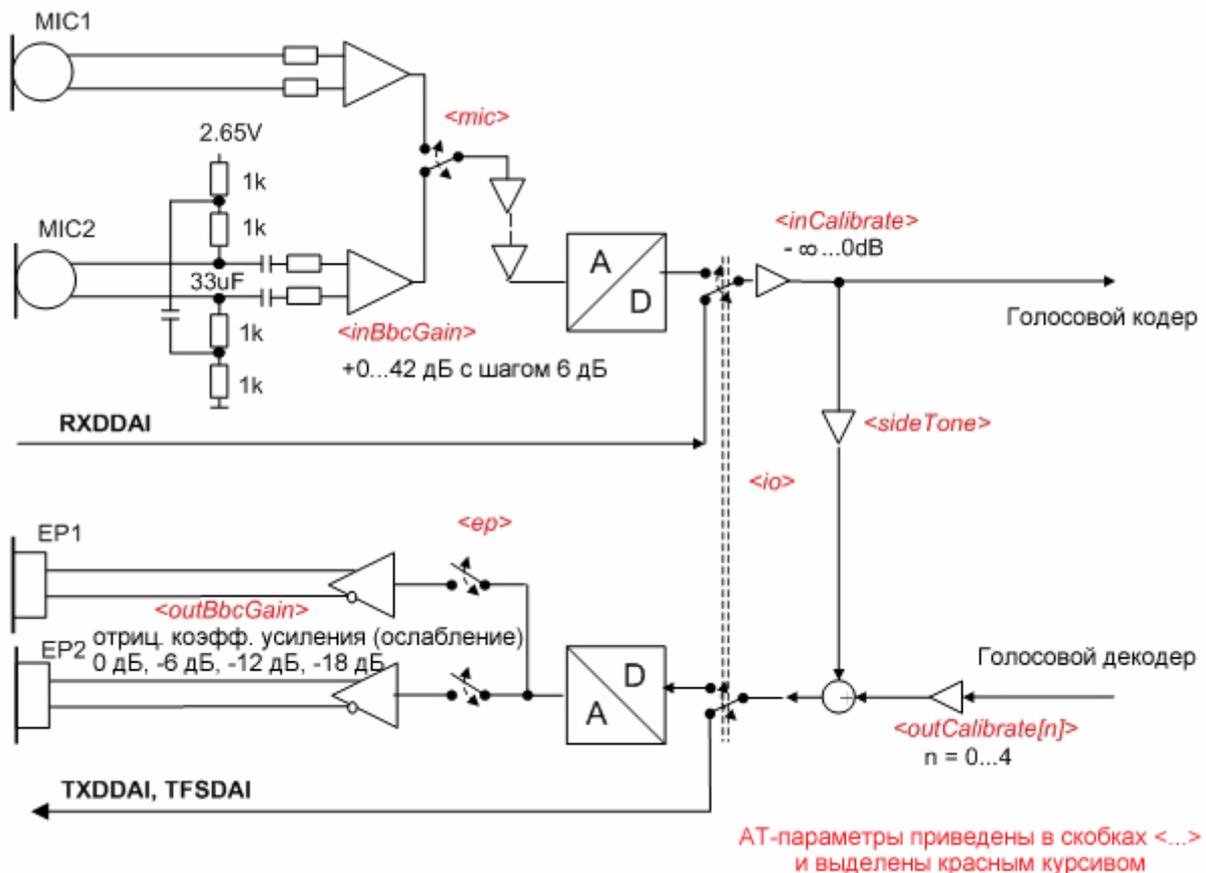


Рис. 33: Модель программирования аудиотракта

### 5.7.3 Характеристики аудиорежимов

Электрические характеристики подсистемы обработки в полосе голосовых частот зависят от текущего аудиорежима, установленного с помощью команды AT^SNFS.

Табл. 34: Характеристики подсистемы обработки в полосе голосовых частот (типовые)

№ аудиорежима AT^SNFS=	1 (настройки по умолчанию, не регулируются)	2	3	4	5	6
Название	Телефонный аппарат по умолчанию (Default Handset)	Основное устройство громкой связи (Basic Handsfree)	Головная гарнитура (Headset)	Пользовательский телефонный аппарат (User Handset)	Обычный кодек 1 (Plain Codec 1)	Обычный кодек 2 (Plain Codec 2)
Назначение	DSB с TAVotronic	Автомобильный комплект	Головная гарнитура	DSB с индивидуальным ТА	Прямой доступ к голосовому кодеку	Прямой доступ к голосовому кодеку
Установка усиления с помощью AT-команды По умолчанию: inBbcGain outBbcGain	Фикс. 4 (24 дБ) 0 (6 дБ)	Регулир. 2 (12 дБ) 2 (-12 дБ)	Регулир. 6 (36 дБ) 2 (-12 дБ)	Регулир. 4 (24 дБ) 0 (0 дБ)	Регулир. 0 (0 дБ) 0 (0 дБ)	Регулир. 0 (0 дБ) 0 (0 дБ)
Аудиоинтерфейс по умолчанию	1	2	2	1	1	2 <sup>1</sup>
Питание	ВКЛ (2,65 В)	ВКЛ (2,65 В)	ВКЛ (2,65 В)	ВКЛ (2,65 В)	ВКЛ (2,65 В)	ВКЛ (2,65 В)
Местный эффект	ВКЛ	---	Регулир.	Регулир.	Регулир.	Регулир.
Управление громкостью	ВЫКЛ	Регулир.	Регулир.	Регулир.	Регулир.	Регулир.
Эхо-контроль (передача)	Подавление	Подавление	Подавление	Подавление	---	---
Шумоподавление <sup>2</sup>	---	15 дБ	15 дБ	---	---	---
Входной сигнал MIC (для 0 дБм0) при 1024 Гц (усиление по умолчанию)	18 мВ	65 мВ	7,5 мВ	18 мВ	315 мВ	315 мВ
Выходной сигнал EP (в мВ ср.кв.) при 0 дБм0, 1024 Гц, без нагрузки (усиление по умолчанию); при 3,14 дБм0	620 мВ	210 мВ по умолч. при макс. громкости	320 мВ по умолч. при макс. громкости	620 мВ по умолч. при макс. громкости	880 мВ 3,7 Вп-п	880 мВ 3,7 Вп-п

**Табл. 34:** Характеристики подсистемы обработки в полосе голосовых частот (типичные)

№ аудиорежима AT^SNFS=	1 (настройки по умолчанию, не регулируются)	2	3	4	5	6
Усиление местного эффекта при установках по умолчанию	21,5 дБ	$-\infty$ дБ	20,5 дБ	21,5 дБ	-3дБ при sidetone = 8192 <sup>3</sup>	-3дБ при sidetone = 8192 <sup>3</sup>

1. Аудиорежимы 5 и 6 идентичны. С помощью команды AT^SAIC в режиме 5 можно переключиться на второй интерфейс. Таким образом, аудиорежим 6 поддерживается только для совместимости с прежними версиями GSM-продуктов Cinterion Wireless Modules.
2. В аудиорежимах с шумоподавлением сигнал микрофонного входа (для уровня 0 дБм0) должен измеряться по синусоидальному импульсному сигналу (5-секундный тональный сигнал и 2-секундная пауза). Синусоидальный сигнал является шумовым сигналом, который ослабляется схемой шумоподавления на макс. 10 дБ (примерно через 12 секунд).
3. См. описание команды AT^SNFO.

*Примечание: для недопущения акустического удара, в прикладном оборудовании сотовой связи должна быть исключена возможность посылки ошибочных AT-команд, приводящих к повышению усиления, например, для высокочувствительного телефона. В прикладном оборудовании сотовой связи должна быть реализована схема защиты.*

### 5.7.4 Тракт приема в полосе голосовых частот

*Условия испытания*

- Указанные ниже значения получены при испытаниях на частоте 1 кГц и степени усиления 0 дБ (если не оговаривается иное).
- Установка параметров:  $gs = 0$  дБ (означает аудиорежим 5 для EPP1 - EPN1 и 6 для EPP2 - EPN2),  $inBbcGain = 0$ ,  $inCalibrate = 32767$ ,  $outBbcGain = 0$ ,  $OutCalibrate = 16384$ ,  $sideTone = 0$ .

Табл. 35: Тракт приема в полосе голосовых частот

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед.	Условия испытания / примечания
Напряжение на дифференциальном выходе (двойная амплитуда)	3.3	3.7	4.1	В	от EPPx до EPNx $gs = 0$ дБ при 3,14 дБм0 без нагрузки
Установки усиления ( $gs$ ) на дифференциальном выходе, шаг 6 дБ ( $outBbcGain$ )	-18		0	дБ	Устанавливается по команде AT^SNFO
Точная регулировка DSP ( $outCalibrate$ )	$-\infty$		0	дБ	Устанавливается по команде AT^SNFO
Смещение постоянной составляющей на дифференциальном выходе			+/-50	мВ	$gs = 0$ дБ, $outBbcGain = 0$ и -6 дБ
Дифференциальное выходное сопротивление		4		??	от EPP1 к EPN1
Дифференциальное выходное сопротивление		2		??	от EPP2 к EPN2
Допустимая дифференциальная емкость нагрузки			100	пФ	от EPP1 к EPN1
Допустимая дифференциальная емкость нагрузки			2000	пФ	от EPP2 к EPN2
Абсолютное изменение коэффициента усиления			+/- 2	%	Изменение, вызванное варьированием температуры и сроком эксплуатации
Неравномерность в полосе пропускания			0.5	дБ	для $f < 3600$ Гц
Ослабление в полосе заграждения	50			дБ	для $f > 4600$ Гц

$gs$  = gain setting (установка усиления)

## 5.7.5 Тракт передачи в полосе голосовых частот

### Условия испытания

- Указанные ниже значения получены при испытаниях на частоте 1 кГц и степени усиления 0 дБ (если не оговаривается иное).
- Установка параметров: Audio mode = 5 для MICP1 - MICN1 и 6 для MICP2 - MICN2, inVbcGain = 0, inCalibrate = 32767, outVbcGain = 0, OutCalibrate = 16384, sideTone = 0

Табл. 36: Тракт передачи в полосе голосовых частот

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед.	Условия испытания / примечания
Напряжение на входе (двойная амплитуда) MICP1 - MICN1, MICP2 - MICN2			1.03	В	
Коэффициент усиления входного усилителя, шаг 6 дБ (inVbcGain)	0		42	дБ	Устанавливается по команде AT^SNFI
Точная регулировка DSP (inCalibrate)	-∞		0	дБ	Устанавливается по команде AT^SNFI
Входной импеданс MIC1		50		кΩ	
Входной импеданс MIC2		2.0		кΩ	
Напряжение питания микрофона, ON Ri = 4кΩ (только MIC2)	2.57 2.17 1.77	2.65 2.25 1.85	2.73 2.33 1.93	В В В	ток питания отсутствует при 100 μА при 200 μА
Напряжение питания микрофона, OFFRi = 4кΩ (только MIC2)		0		В	
Питание микрофона в режиме POWER DOWN					См. Рис. 18.

## 5.8 Радиointерфейс

Условия испытания все измерения выполнялись при  $T_{окр.} = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{\text{БАТТ+ ном.}} = 4,1 \text{ В}$ .

Табл. 37: Радиointерфейс

Параметр		Мин.	Тип.	Макс.	Ед.
Диапазон частот Восх. направление (MS BTS)	E-GSM 900	880		915	МГц
	GSM 1800	1710		1785	МГц
Диапазон частот Нисх. направление (BTS MS)	E-GSM 900	925		960	МГц
	GSM 1800	1805		1880	МГц
Мощность радиочастотного сигнала в ARP, нагрузка 50Ω	E-GSM 900 <sup>1</sup>	31	33	35	дБм
	GSM 1800 <sup>2</sup>	28	30	32	дБм
Количество несущих	E-GSM 900		174		
	GSM 1800		374		
Дуплексное разнесение	E-GSM 900		45		МГц
	GSM 1800		95		МГц
Разнесение несущих			200		кГц
Мультиплексирование, дуплексный режим	TDMA / FDMA, FDD				
Временные интервалы в кадре TDMA			8		
Длительность кадра			4.615		мс
Длительность временного интервала			577		μс
Модуляция	GMSK				
Входная чувствительность приемника в ARP BER, класс II < 2,4% (статический входной уровень)	E-GSM 900	-102 <sup>3</sup>	-107 <sup>4</sup>		дБм
	GSM 1800	-102 <sup>3</sup>	-107 <sup>4</sup>		дБм

<sup>1</sup>. Уровень управления мощностью PCL 5

<sup>2</sup>. Уровень управления мощностью PCL 0

<sup>3</sup>. В условиях замирания

<sup>4</sup>. Типичное значение, по крайней мере -107дБм

## 5.9 Электростатический разряд

Модуль GSM в целом не защищен от электростатического разряда (Electrostatic Discharge; ESD). Следовательно, при обращении с модулем следует принимать меры предосторожности для защиты от ESD, применимые к компонентам, чувствительным к ESD. При обращении с прикладным оборудованием, содержащим модуль MC52i, при упаковке, переносе, эксплуатации такого устройства, следует соблюдать соответствующие правила по защите от ESD.

*Специальные средства защиты от ESD, предусмотренные в модуле MC52i*

- SIM-интерфейс: ограничительные диоды для защиты от перенапряжений.
- Антенный порт: высокочастотный дроссель, соединенный с землей.
- Остальные порты MC52i не доступны для пользователя конечного продукта (поскольку они находятся внутри устройства), и, следовательно, они защищены только по требованиям "Human Body Model" (Модель тела человека).

Модуль MC52i прошел испытания по стандарту группы ETSI EN 301 489-1 (Табл. 2) и по стандарту испытаний EN 61000-4-2. Измеренные значения приведены в следующей таблице.

**Табл. 38:** Измеренные значения по электростатическому разряду

Спецификации / требования	Контактный разряд	Воздушный разряд
<b>EN 61000-4-2</b>		
SIM-интерфейс	± 4 кВ	± 8 кВ
Антенный интерфейс	± 4 кВ	± 8 кВ
<b>JEDEC JESD22-A114D</b> ("Human Body Model", условия испытаний: 1,5 кΩ, 100 пФ)		
ESD на модуле	± 1 кВ	–

*Примечание:* указанные значения могут варьироваться в зависимости от конструкции прикладного оборудования. Например, существует зависимость от того, заземлено ли прикладное оборудование через внешние устройства, такие как компьютер или другое оборудование, например эталонное прикладное оборудование Cinterion Wireless Modules (Глава 7).

## 6 Механические характеристики

В следующих разделах приведены физические размеры модуля MC52i и рекомендации по встраиванию MC52i в главное прикладное оборудование.

### 6.1 Физические размеры MC52i

На [Рис. 34](#) показан вид сверху MC52i и представлены физические размеры платы. Более подробные данные см. ниже (рис. [Рис. 35](#)).

Размеры:  $35 \pm 0,15 \times 32,5 \pm 0,15 \times 3,1 \pm 0,3$  мм (с разъемом прикладного оборудования)  
 $35 \pm 0,15 \times 32,5 \pm 0,15 \times 2,95 \pm 0,2$  мм (без разъема прикладного оборудования)

Вес: 6 г

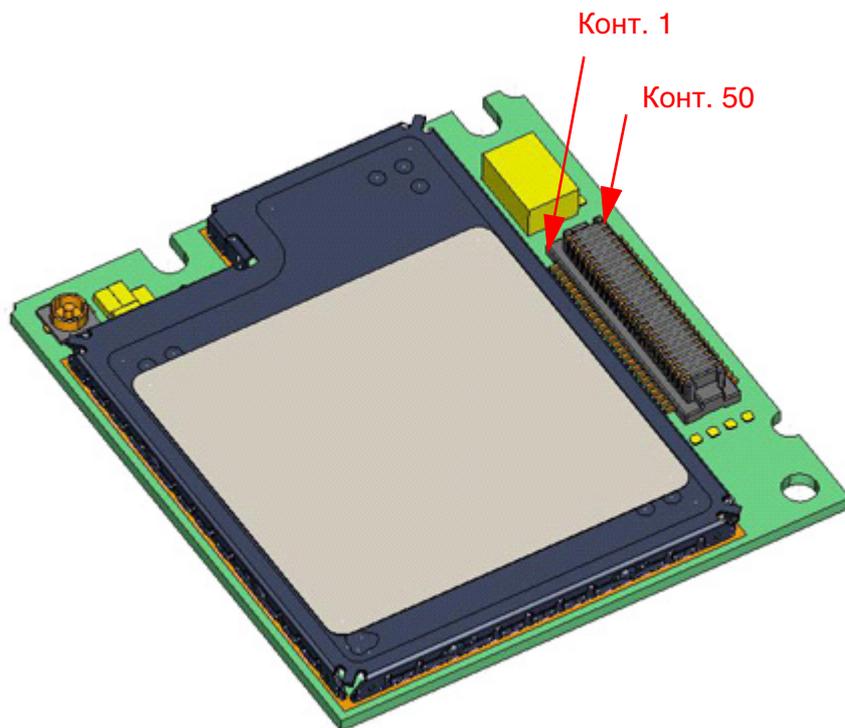


Рис. 34: MC52i – вид сверху

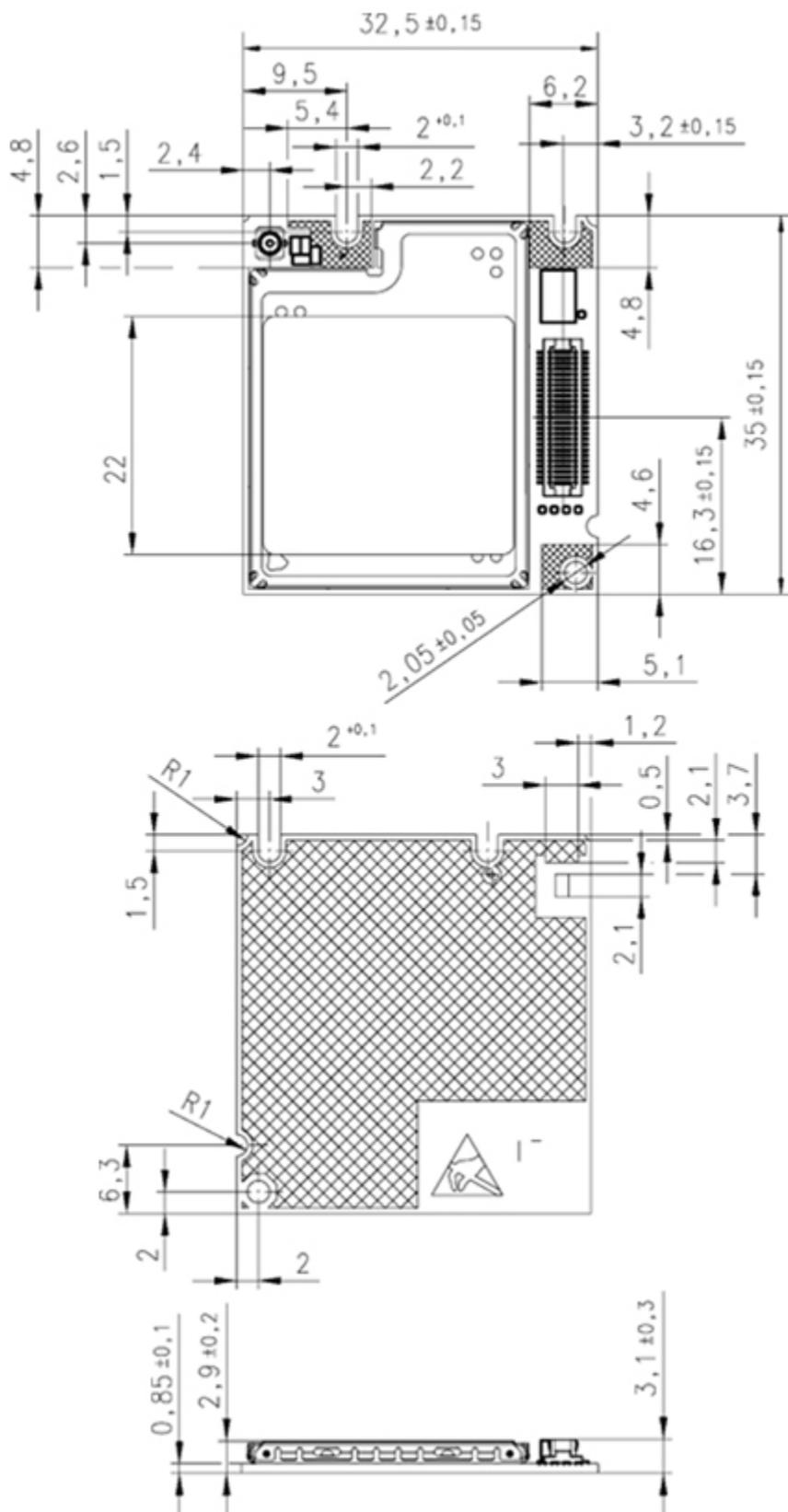


Рис. 35: Физические размеры MC52i (все размеры указаны в миллиметрах)

## 6.2 Монтаж модуля MC52i в прикладном оборудовании

Существуют разные способы установки MC52i в главном устройстве. Оптимальным подходом является установка печатной платы MC52i в кассете, на плате, в станине или корпусе.

В качестве крепежных элементов могут использоваться винты M1.6 или M1.8 с соответствующими шайбами и проставками для печатной платы, либо специальные винты, фиксаторы, кронштейны. Винты следует устанавливать так, чтобы головки винтов находились на нижней стороне печатной платы MC52i. Кроме того, для обеспечения оптимальной поддержки может использоваться межплатное соединение.

Для обеспечения должного подключения к земле настоятельно рекомендуется использовать шину земли на обратной стороне (в дополнение к пяти контактам GND на межплатном разъеме). Для недопущения короткого замыкания исключите возможность соприкосновения остальных участков печатной платы MC52i с главным устройством.

Во избежание механических повреждений не прилагайте избыточных усилий при обращении с модулем, не изгибайте и не деформируйте его. Расположите модуль в плоскости, параллельной плоскости главного устройства. См. также [Раздел 9.2](#), содержащий указания по монтажу.

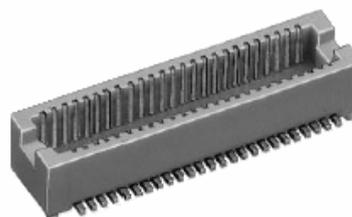
Вся информация по монтажу антенны приведена выше (см. [Раздел 4.1](#)). Обратите внимание, что антенная контактная площадка, находящаяся на нижней стороне печатной платы MC52i, не должна соприкасаться с другими платами, компонентами или корпусом главного устройства. Вокруг этой площадки должен иметься воздушный зазор (см. [Раздел 4.1](#)).

### 6.3 Межплатный разъем

В этом разделе приведены спецификации 50-контактного межплатного разъема, используемого в качестве физического интерфейса для подключения к главному устройству. На печатной плате MC52i смонтирована розетка типа Hirose DF12C. Ответные колодки Hirose имеют разные размеры по высоте.



**Рис. 36:** Розетка (receptacle) Hirose DF12C на модуле MC52i



**Рис. 37:** Колодка (header) серии Hirose DF12

**Table 39:** Информация для заказа изделий серии DF12

Поз.	Номер компонента	Размер по высоте (мм)	Номер HRS
Розетка в модуле MC52i	DF12C(3.0)-50DS-0.5V(81)	3 - 5	537-0694-9-81
Колодки серии DF12	DF12E(3.0)-50DP-0.5V(81)	3.0	537-0834-6-**
	DF12E(3.5)-50DP-0.5V(81)	3.5	537-0534-2-**
	DF12E(4.0)-50DP-0.5V(81)	4.0	537-0559-3-**
	DF12E(5.0)-50DP-0.5V(81)	5.0	537-0584-0-**

*Примечание: вышеперечисленные колодки не имеют направляющих и металлической фурнитуры. Для получения информации о других типах ответных колодок обратитесь в компанию Hirose. Номера HRS со звездочками соответствуют различным типам упаковки.*

**Table 40:** Электрические и механические характеристики разъема Hirose DF12C

Параметр	Значение (50-контактный межплатный разъем)
Число контактов	50
Поставляемое количество	2000 разъемов в упаковке "лента на бобине"
Напряжение	50 В
Номинальный ток	макс. 0,3 А на контакт
Сопротивление	0.05 $\Omega$ на контакт
Напряжение, выдерживаемое диэлектриком	мин. 500 Вэфф
Рабочая температура	-45°C...+125°C
Материал контактов	Фосфористая бронза (поверхность: золочение)
Материал изолятора	РА, бежевый цвет
Размер по высоте	3,0 мм; 3,5 мм; 4,0 мм; 5,0 мм
Усилие вставки	21,8 Н
Усилие разъединения, 1-й	10 Н

Table 40: Электрические и механические характеристики разъема Hirose DF12C

Параметр	Значение (50-контактный межплатный разъем)
Усилие разъединения, 50-й	10 Н
Макс. число подключений	50

### 6.3.1 Размеры разъема Hirose DF12

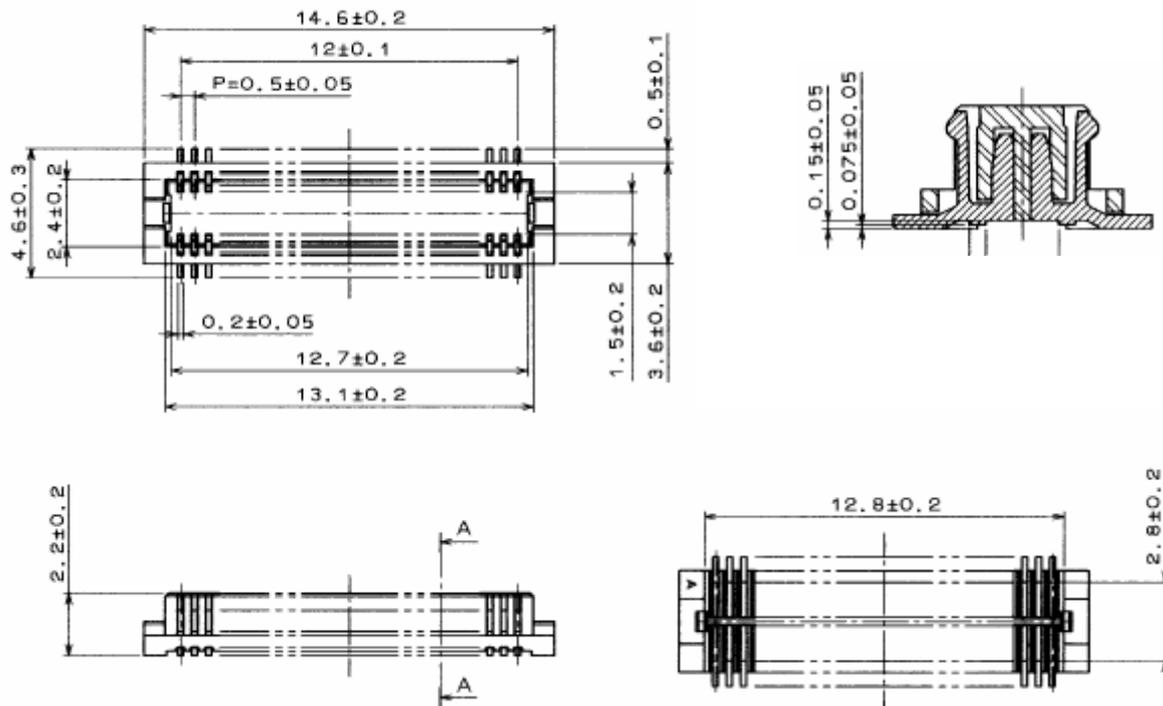


Рис. 38: Размеры разъема Hirose DF12

### 6.3.2 Применение переходного кабеля

Основной способ создания межплатного соединения – непосредственная состыковка обеих частей соединителя. Если этот основной способ не может использоваться в силу конструктивных особенностей прикладного оборудования, применяемый переходной кабель должен отвечать следующим требованиям:

- Максимальная длина: 200 мм  
Рекомендуется, чтобы общая длина кабеля между контактами межплатного разъема на модуле MC52i и контактами на держателе карты не превышала 200 мм. Это необходимо для соответствия спецификациям 3GPP TS 51.010-1 и соблюдения требований по ЭМС.
- Тип кабеля: гибкий кабель или гибкая печатная плата, пригодные для вышеуказанных колодок и розетки Hirose.

В оборудовании, предоставляемом для сертификации эталонного образца MC52i компании Cinterion Wireless Modules, применяется переходной кабель длиной 160 мм. См. [Раздел 7.1](#).

## 7 Сертификация эталонного оборудования

### 7.1 Эталонное оборудование для сертификации

В состав эталонного продукта Cinterion Wireless Modules, предоставляемого для проведения сертификации MC52i, входят нижеперечисленные компоненты.

- Модуль Cinterion Wireless Module MC52i
- Блок Development Support Box (DSB45)
- Гибкий кабель (160 мм) от розетки Hirose DF12C в модуле MC52i к разъему Hirose DF12 в блоке DSB45. Следует отметить, что этот кабель не входит в комплект поставки DSB45. В качестве альтернативного варианта возможно использование переходной платы для установки MC52i на блоке DSB45 (BACK\_PACK\_MAJA --> DSB45).
- Считыватель SIM-карты, встроенный в блок DSB45.
- Телефонный аппарат типа Votronic НН-SI-30.3/V1.1/0
- PC (для поддержки MMI)

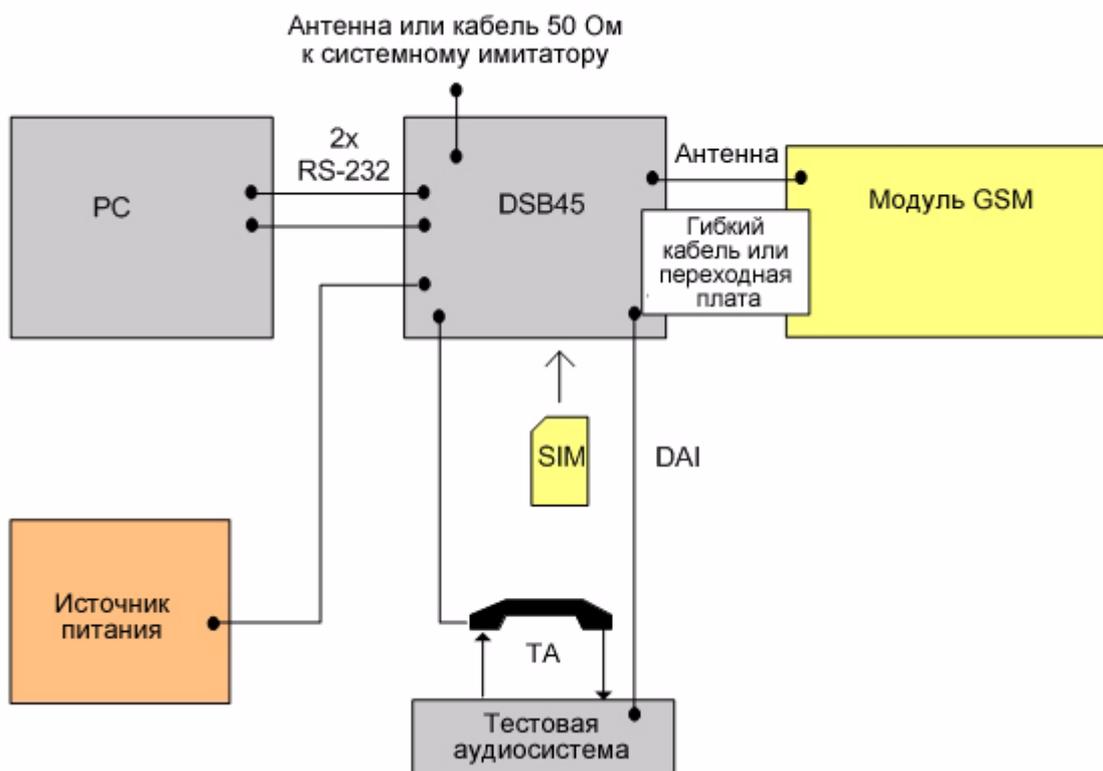


Рис. 39: Эталонное оборудование для сертификации

## 8 Пример прикладного оборудования

На [Рис. 40](#) представлен пример прикладного оборудования, содержащего модуль MC52i и внешний микроконтроллер. Это техническое решение является типичным для устройств с аудиофункциями и поддержкой GSM, таких как мобильные телефонные аппараты, PDA, планшетные компьютеры и т. д.

В состав аудиоподсистемы входят внутренние преобразователи (телефон и микрофон), а также дополнительный интерфейс для подключения внешней головной гарнитуры. В этом интерфейсе осуществляются обнаружение подключения гарнитуры и нажатия кнопки на гарнитуре (Push-to-talk, "нажми и говори").

Схема зарядки обеспечивает компенсационную зарядку, выполняемую в случае глубокой разрядки аккумуляторной батареи. Используемые компоненты: резистор 100Ω, стабилитрон 4V3, диод 1SS355. Если напряжение на выходе зарядного устройства составляет от 5,5 до 8 В, эта схема обеспечивает подачу суммарного тока примерно от 15 мА (5,5 В) до 37 мА (8 В) для компенсационной зарядки и для прикладного оборудования. Если прикладное оборудование потребляет большой ток, может быть добавлена еще одна схема LDO (Low Dropout Regulator% Стабилизатор с малым падением напряжения) для параллельной дополнительной подачи питания специально в прикладное оборудование. Эту схему LDO можно подключить между плюсовым входом зарядного устройства и цепью источника питания 3 В.

*Предостережение: компенсационная зарядка выполняется, когда напряжение на литиево-ионной батарее ниже 3,2 В.*

Высокий уровень в цепи VDD означает, что модуль MC52i активен.

Когда MC52i находится в режиме POWER DOWN, интерфейс прикладного оборудования выключен и в него не должны поступать сигналы от посторонних источников. Следовательно, прикладное оборудование необходимо разработать так, чтобы не допустить прохождения тока в контакты цифровых сигналов интерфейса прикладного оборудования.

Основным назначением цепи RING0 является уведомление о входящих вызовах. Следовательно, если эту цепь подключить ко входу прерываний микроконтроллера, сигнал RING0 можно использовать для запуска микроконтроллера прикладного оборудования из режима энергосбережения.

Тестовые точки (обозначаемые "TPx") можно использовать для загрузки микропрограммного обеспечения в модуль MC52i.

TP0: GND

TP1: передача данных из MC52i

TP2: передача данных в MC52i

TP3: запуск MC52i (активный высокий)

Меры по обеспечению ЭМС принимаются согласно апробированным рекомендациям. На практике оптимальная стратегия по обеспечению ЭМС для прикладного оборудования существенно зависит от общей компоновки и, в особенности, расположения компонентов. Например, установка внутренних акустических преобразователей непосредственно на печатной плате устраняет необходимость

использования ферритовых шайб, показанных на типовой схеме. SIM-карта и микрофон должны быть расположены как можно дальше от антенны.

#### Отказ от обязательств

В отношении типовой принципиальной схемы, показанной на [Рис. 40](#), и информации, приведенной в этом разделе, не предоставляются никакие гарантии, явно выраженные или подразумеваемые. Поскольку функциональность и соответствие национальным нормативам в значительной степени зависят от используемых электронных компонентов, изготовители прикладного оборудования должны самостоятельно гарантировать должные конструкторские и эксплуатационные качества продуктов, в которых используются модули MC52i.

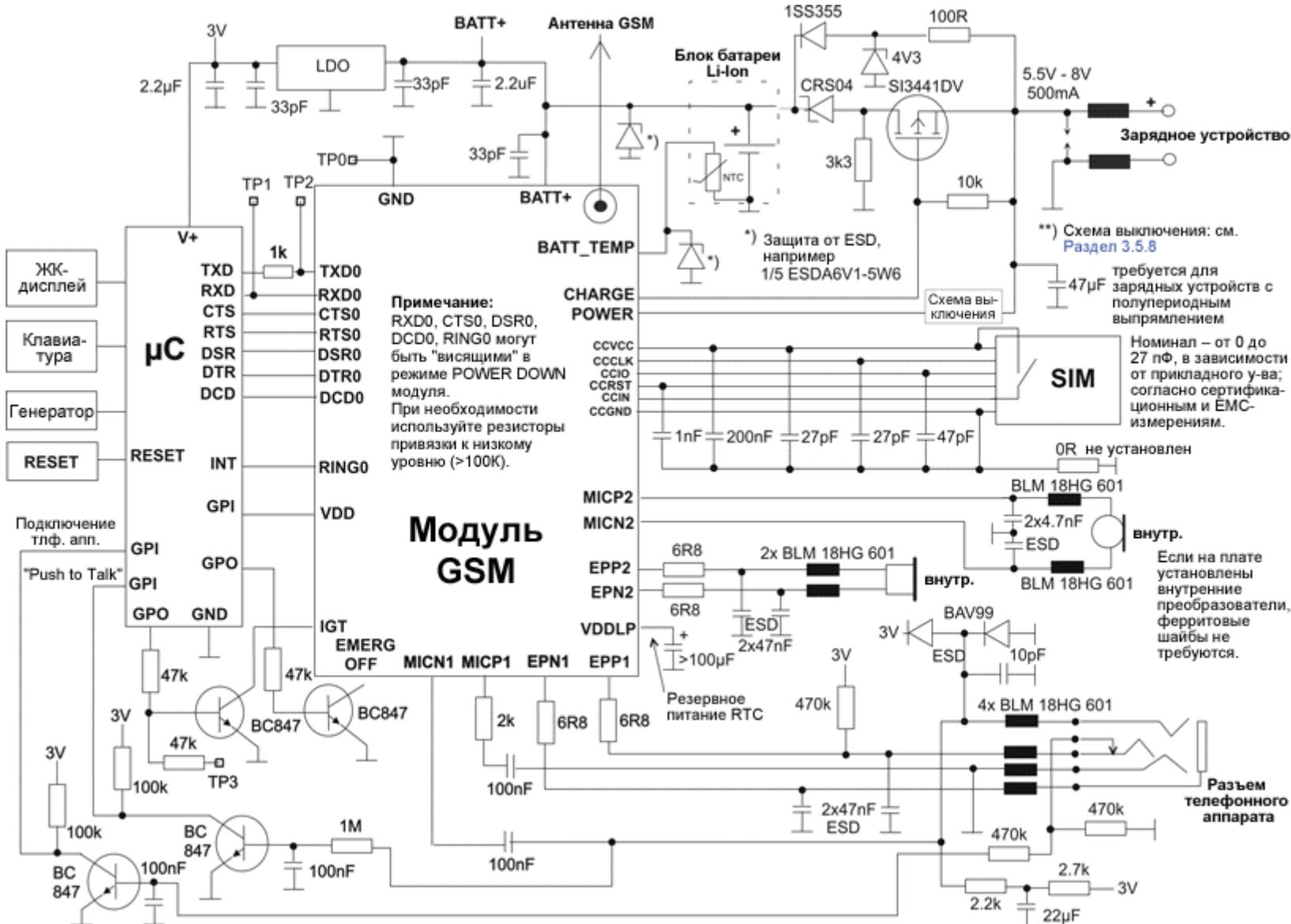


Рис. 40: Принципиальная схема типового прикладного оборудования на основе MC52i

## 9 Приложение

### 9.1 Перечень компонентов и вспомогательных частей

Табл. 41: Перечень компонентов и вспомогательных частей

Поз.	Поставщик	Информация для заказа
MC52i	Cinterion	Номера для заказа: Cinterion Wireless Modules IMEI: L30960-N1220-A100
Блок обеспечения DSB45	Cinterion	Номер для заказа: L36880-N8301-A100
Телефонный аппарат Votronic	VOTRONIC	Votronic HH-SI-30.3/V1.1/0 VOTRONIC Entwicklungs- und Produktionsgesellschaft fr elektronische Gerte mbH Saarbrcker Str. 8 66386 St. Ingbert Germany Телефон: +49-(0)6 89 4 / 92 55-0 Факс: +49-(0)6 89 4 / 92 55-88 Email: <a href="mailto:contact@votronic.com">contact@votronic.com</a>
Держатель SIM-карты с кнопкой для извлечения карты и выдвижным лотком	Molex	Номера для заказа: 91228, 91236 Контактная информация службы сбыта: <a href="#">Табл. 42.</a>
Межплатный разъем DF12C	Hirose	См. <a href="#">Раздел 6.3</a> для получения подробной информации о розетке в модуле MC52i и соответствующих колодках. Контактная информация службы сбыта: <a href="#">Табл. 43.</a>
Антенный разъем U.FL-R-SMT	Hirose	Для получения подробной информации о разъеме U.FL-R-SMT, соответствующих вилок и кабелях см. <a href="#">Раздел 4.1.2.</a> Контактная информация службы сбыта: <a href="#">Табл. 43.</a>

**Табл. 42:** Контактная информация службы сбыта компании Molex (возможны изменения)

<p>Molex Для получения дополнительной информации посетите веб-сайт: <a href="http://www.molex.com">http://www.molex.com</a></p>	<p>Molex Deutschland GmbH Felix-Wankel-Str. 11 4078 Heilbronn-Biberach Germany (Германия) Телефон: +49-7066-9555 0 Факс: +49-7066-9555 29 Email: <a href="mailto:mxgermany@molex.com">mxgermany@molex.com</a></p>	<p>American Headquarters Lisle, Illinois 60532 U.S.A. (США) Телефон: +1-800-78MOLEX Факс: +1-630-969-1352</p>
<p>Molex China Distributors Beijing, Room 1319, Tower B, COFCO Plaza No. 8, Jian Guo Men Nei Street, 100005 Beijing P.R. China (КНР) Телефон: +86-10-6526-9628 Телефон: +86-10-6526-972 Телефон: +86-10-6526-9731 Факс: +86-10-6526-9730</p>	<p>Molex Singapore Pte. Ltd. Jurong, Singapore (Сингапур) Телефон: +65-268-6868 Факс: +65-265-6044</p>	<p>Molex Japan Co. Ltd. Yamato, Kanagawa, Japan (Япония) Телефон: +81-462-65-2324 Факс: +81-462-65-2366</p>

**Табл. 43:** Контактная информация службы сбыта компании Hirose (возможны изменения)

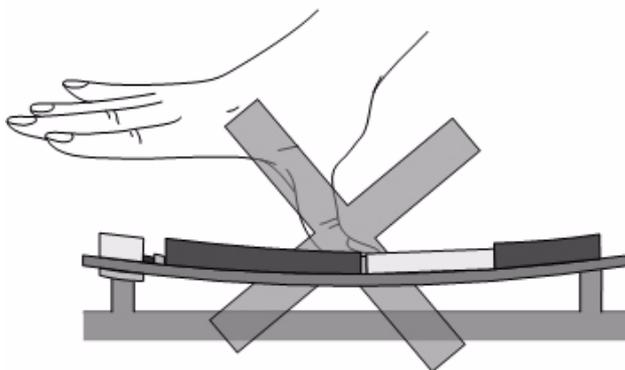
<p>Hirose Ltd. Для получения дополнительной информации посетите веб-сайт: <a href="http://www.hirose.com">http://www.hirose.com</a></p>	<p>Hirose Electric (U.S.A.) Inc 2688 Westhills Court Simi Valley, CA 93065 U.S.A. (США) Телефон: +1-805-522-7958 Факс: +1-805-522-3217</p>	<p>Hirose Electric GmbH Herzog-Carl-Strasse 4 73760 Ostfildern Germany (Германия) Телефон: +49-711-456002-1 Факс: +49-711-456002-299 Email: <a href="mailto:info@hirose.de">info@hirose.de</a></p>
<p>Hirose Electric UK, Ltd Crownhill Business Centre 22 Vincent Avenue, Crownhill Milton Keynes, MK8 0AB Great Britain (Великобритания) Телефон: +44-1908-305400 Факс: +44-1908-305401</p>	<p>Hirose Electric Co., Ltd. 5-23, Osaki 5 Chome, Shinagawa-Ku Tokyo 141 Japan (Япония) Телефон: +81-03-3491-9741 Факс: +81-03-3493-2933</p>	<p>Hirose Electric Co., Ltd. European Branch First class Building 4F Beechavenue 46 1119PV Schiphol-Rijk Netherlands (Нидерланды) Телефон: +31-20-6557-460 Факс: +31-20-6557-469</p>

## 9.2 Указания по обращению с модулем

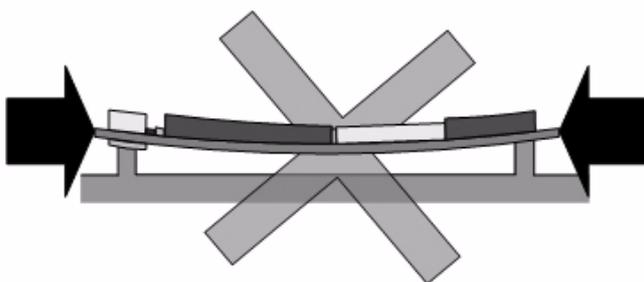
Во избежание механических повреждений не прилагайте избыточных усилий при обращении с модулем, не изгибайте и не деформируйте его. Расположите модуль в плоскости, параллельной плоскости главного устройства (см. также [Раздел 6.2](#)). На следующей странице приведен лист указаний с примерами неправильного обращения с модулем, способного причинить механические повреждения.

Указания по обращению с модулем

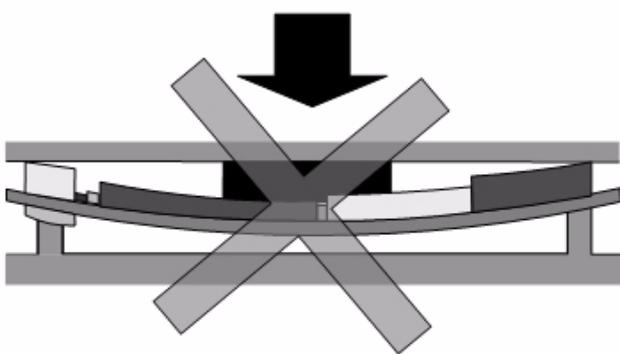
**НЕ ИЗГИБАЙТЕ модуль**



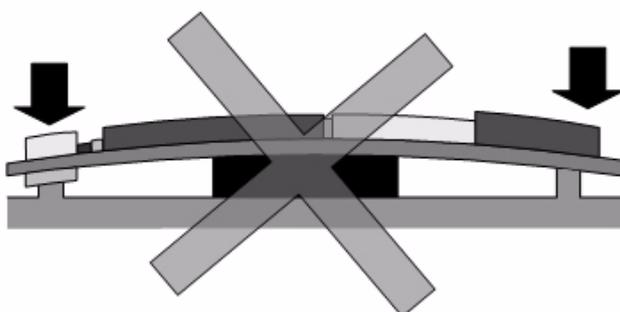
- не нажимайте сверху



- не сжимайте с боков



- не кладите предметы сверху



- не кладите предметы снизу