

# Новый GSM/GPRS-модуль

## фирмы Enfora Enabler IIIG GSM0408-BGA

**В своих моделях GSM/GPRS/EDGE и GPS-модулей американская фирма Enfora использует последние разработки лидера мировой электроники — Texas Instruments. С помощью такого мощного и надежного базового элемента Enfora постоянно расширяет линейки своей продукции и внедряет их в массовое производство в минимальные сроки.**

**В 2009 году Enfora начала серийное производство нового модуля GSM0408 в BGA-корпусе.**

Виктор Алексеев, к. ф-м. н.  
info@telemetry.spb.ru

### Модуль Enfora Enabler IIIG GSM0408-BGA

Модуль изготовлен на базе нового однокристалльного чипа Texas Instruments “LoCosto”. Этот чип, построенный на 65-нм технологии TI, содержит на одном кристалле практически все компоненты, необходимые для создания GSM/GPRS-устройства последнего поколения.

Модуль предназначен для использования в миниатюрных устройствах слежения за перевозкой грузов, переносных кассовых аппаратах, медицинских приборах, бытовых GPS/GSM-навигаторах, смартфонах, точках беспроводного доступа, беспроводных измерительных устройствах, M2M-приложениях, охранных системах.

Основное отличие GSM0408-BGA от модели GSM0308 — это новый BGA-корпус со 167 выводами. Использование BGA-технологии позволяет свести к минимуму количество дополнительных внешних компонентов, существенно сократить габаритные размеры и снизить цену конечного устройства.

Модель Enfora Enabler IIIG GSM0408 представляет собой 4-диапазонный GSM/GPRS-модуль 850/E-900/1800/1900 МГц. Выпускается также модель GSM0406, рассчитанная на работу в двух диапазонах — 900/1800 МГц. Эти модули с размерами всего 28,0×24,0×2,6 мм и весом 3,6 г не имеют в настоящее время мировых аналогов [1].

Базовые технические характеристики модуля GSM0408 приведены в таблице.

По сравнению с модулем GSM0308 в модуле GSM0408 дополнительно добавлены LCD и I<sup>2</sup>C [1].

В модулях GSM0408 имеется встроенный TCP/IP-стек. Библиотеки HCI-интерфейса содержат программные блоки PPP, TCP, UDP, PAD, TCP, API, FRIEND и т. д.

В качестве основного используется последовательный порт. В модулях GSM0408 поддерживается цифровой аудиointерфейс, соответствующий формату PCM “Texas Instruments industry standard DSP”. Аудиопараметры задаются с помощью новых команд AT\$VOICEPATH=2

и AT\$IOBLKS=0,1. Модули в настоящее время поставляются с фиксированными настройками: тактовая частота 520 кГц, длина слова 16 бит. В GSM0408 можно задействовать до двадцати программируемых вводов/выводов. Очень удобным может оказаться новый вывод для внешнего управления включения/выключения питания. При помощи внешнего импульса можно дистанционно включать или выключать питание модуля. Специальные AT-команды AT\$OFFDLY и AT\$OFF позволяют задавать параметры процесса сброса и подачи питания [2].

Введены и некоторые изменения в программное обеспечение. Так, например, в новой серии Enabler IIIG последовательность «+++» переводит модем в командный режим, но при этом не разрывается TCP-соединение и не нарушается текущий контекст (аналогично тому, как работает команда CSD). При этом команда ATO возвращает модем в режим передачи данных, а команда ATH прекращает PAD-сессию и разрывает соединение. Подробно этот процесс рассмотрен в [3].

Можно также выделить команду AT\$LUPREJ, которая используется для описания ошибки при различных сетевых проблемах [2].

Необходимо отметить изменения, введенные для режима отправки AT-команд через SMS. В Enabler IIIG снято ограничение на фиксированный адрес в команде AT\$SMSDA. Теперь по умолчанию любая, отосланная в корректном



Рис. 1. Внешний вид GSM0408-BGA

Т а б л и ц а . Технические характеристики модуля GSM0408

<b>GSM/GPRS</b>	850/E-900/1800/1900 МГц
<b>GPRS</b>	GPRS Release 97 and 99, CS1-CS4, MS10 (4RX/2TX) (Max 5 Slots), PBCCH/PCCCH
<b>Основной интерфейсный разъем</b>	BGA, 167 выводов
<b>Основной последовательный порт</b>	Управляемые с помощью AT-команд выходы: UART_DCD, UART_TX, UART_RX, UART_DSR, UART_DTR, UART_CTS, UART_RTS, UART_RING протокол V24, 1,8 В, 9 pin, UART
<b>Дополнительный отладочный порт USB</b>	USB (Debug). Используется только для отладки
<b>Логика</b>	1,8 В
<b>Интерфейс MCSI (Multi-Channel Serial Interface) Нет поддержки AT-команд</b>	4 линии (clock, frame sync, RX data, TX data)
	Цифровой аудио, Bluetooth, 3G Audio
	Программирование частоты
	Непрерывный или временный режимы
	Программируемая длина слова (3–16)
<b>Интерфейс I<sup>2</sup>C Нет поддержки AT-команд</b>	Программируемая структура фрейма
	Multi-Master: последовательная шина ПК (ведущий/ведомый)
	4 линии (Master out /Slave in, Master in /Slave out, clock, Chip select (3))
	Скорость передачи данных — до 26 мегабит в секунду
	Протоколы MPU/DSP; DMA
<b>Порт SPI. Нет поддержки AT-команд</b>	Ведущий или ведомый
	Применение: контроль дисплея, времени и даты, EEPROM, FM, camera, data
	2 линии (serial clock and serial data)
	Скорость передачи данных до 400 килобит в секунду
	Ведущий или ведомый по последовательной шине
<b>Пользовательские входы/выводы</b>	Применение: контроль дисплея, EEPROM, FM, камера
	Ведущий или ведомый
	До 20 программируемых GPIO (включая только входы или только выходы)
	Доступ через SPI, MCSI, I <sup>2</sup> C, Keyboard
	Программирование (AT\$IOBLKS)
<b>Светодиодная индикация</b>	Переключение с выхода на вход (AT\$IOCFG)
	Переключение между Pull-up и Pull-down (AT\$IOPULEN, AT\$IOPULUP)
	АЦП: вход 0–1,75 В, разрешение 10 бит
<b>Клавиатура. Нет поддержки AT-команд</b>	Два управляемых вывода для подключения светодиодов. (4 положения для каждого: связь, питание)
	5 строк, 5 столбцов
	Поддержка «антидребезга» клавиш
<b>Аудио. Интерфейс аудиомиксера реализован только аппаратно. В текущей версии прошивки он программно не поддерживается. Планируется программная поддержка в следующих версиях</b>	Защита от одновременного нажатия нескольких клавиш
	Генерация сигнала пробуждения
	Цифровой аудиоинтерфейс (через MCSI)
	Несимметричный выход: микрофон-вход, микрофон-сдвиг, динамики, левый, правый
	Дифференциальный выход MICIP, MICIN, MICBAIS (2,0/2,5 В)
<b>Синхронизация внешних устройств</b>	Формат: PCM data I/O format Texas Instruments
	Поддержка режимов HR, FR, EFR, AMR кодирования речи
	13 МГц ±0,1ppm при регистрации в сети GSM. 13 МГц ±12 ppm при потере связи
<b>Напряжение питания</b>	32 кГц, 32 768 ±20 ppm
<b>Резервное питание</b>	3,3–4,5 В
<b>Включение/выключение питания</b>	Вывод резервного питания для поддержки часов реального времени, 2,8 В
	Специальный вывод для включения/выключения питания
	Управляется внешним сигналом
<b>Перезагрузка</b>	Конфигурируется специальными командами AT\$OFFDLY, AT\$OFF
	Специальный вывод. Внешнее управление. При изменении состояния с низкого на высокое — принудительная перезагрузка
<b>Потребление тока (ждущий режим)</b>	<2,5 мА в среднем DFX 5
<b>GSM 850/900 (1 RX/1 TX, полная мощность)</b>	250 мА в среднем, 1,6 А — пиковое значение
<b>GSM 1800 (1 RX/1 TX, полная мощность)</b>	15 мА в среднем, 1,3 А — пиковое значение
<b>GSM 1900 (1 RX/1 TX, полная мощность)</b>	204 мА в среднем, 1,2 А — пиковое значение
<b>EGSM 850/900 (4 RX/1 TX, полная мощность)</b>	272 мА в среднем, 1,6 А — пиковое значение
<b>EGSM 850/900 (2 RX/2 TX, полная мощность)</b>	420 мА в среднем, 1,6 А — пиковое значение
<b>GSM 1800 (4 RX/1 TX, полная мощность)</b>	242 мА в среднем, 1,6 А — пиковое значение
<b>GSM 1800 (2 RX/2 TX, полная мощность)</b>	354 мА в среднем, 1,6 А — пиковое значение
<b>GSM 1900 (4 RX/1 TX, полная мощность)</b>	235 мА в среднем, 1,6 А — пиковое значение
<b>GSM 1900 (2 RX/2 TX, полная мощность)</b>	340 мА в среднем, 1,6 А — пиковое значение
<b>Протоколы</b>	TCP/IP-стек, UDP-стек, PAD, PPP, CMUX
<b>GSM/GPRS SMS</b>	От точки к точке (MO и MT)
<b>Передача данных</b>	Текст и PDU
<b>SIM-карта</b>	Асинхронный, прозрачный и непрозрачный режимы, (110 В; 300–14 400 бит/с). USSD
<b>Размеры</b>	1,8/3 В
<b>Вес</b>	27,0 28,0 2,5 мм
<b>Температурный диапазон:</b>	3,6 г
	Граничный рабочий: 30...+70 °С
	Рекомендуемый рабочий: 20...+60 °С
<b>Антенный разъем</b>	Хранение: 40...+85 °С
	RF Connector MCD или RF B2B Spring contact

	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
M	GND	LCD_DATA7	LCD_DATA4	LCD_DATA6	LCD_DATA1	LCD_STB	LCD_IRTS	GND	HSOVVID	EARP	EARN	HSOL	HSMIC	AUXL_FMR	M
F	TMS		LCD_DATA2	LCD_DATA5	LCD_CST	LCD_CS0	VIBDR	SPKVDD	SPKND	SPKPO	MICIP	HSOR	FML	GND	F
K	TCK	CCP_CKP	CCP_DTN	LCD_RS	LCD_DATA0	IPWON	I2S_WS	I2S_SDX	SPKNA	SPKPA	MICIN	ADCIN	USB_DM	ID_USB	K
J	TDI	CAM_PWR_DOWN	CCP_DTP	CCP_CKN	LCD_DATA3	GPIO-4	CSYNC	I2S_SCK	I2S_SDR	HSMIC_BIAS	MIC_BIAS	VBUS	USB_DP	VCCS	J
H	GND	TDO	GPIO-15	GPIO-16	LCD_RW	GPIO-20	CDI	CSCLK	CDO	SIMDTIC	HS_DETECT	VBATS	VAC	PCHG_USB	H
G	CAM_RST	GPIO-6	GPIO-18	GPIO-13	GND	IEMU0	KBR2	KBC3	VBACK_UP	VRIO	VRW_LED	ICTLAC2	ICTLAC1	PCHGAC_USB	G
F	GPIO-3	GPIO (future)	GPIO-7	GPIO-14	GND	GND	KBR1	KBC1	ON_IOFF	ADCIN2	LED_B	BM_PRECH	ICTL_USB2	ICTL_USB1	F
E	GPIO-9	GPIO-11	GPIO-8	GPIO-17	GND	GND	GPIO-19	KBR0	KBC2	LED_C	LED_A	ADCIN3	VBAT	VBAT	E
D	GPIO-12	GPIO-10	UART_DSR	UART_TX	GND	GND	GND	KBC0	GND	GND	GND	GND	VBAT	VBAT	D
C	I2C2_SDA	UART_RTS	UART_CTS	UART_DCD	UART_RING	GPIO-1	KBR3	TSPACT_12	GND	GND	GND	GND	VBAT	VBAT	C
B	I2C2_SCL	TRSTN	UART_DTR	UART_RX	GND	GND	SIM_RST	SIM_CLK	GND	GND	GND	GND	GND	GND	B
A	GND	GPIO-5	GND	CLK32K_BUF	GPIO-2	VPRSM	GND	SIM_IO	GND	GND	GND	GND	GND	ANT	A
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

Рис. 2. Расположение и назначение выводов на BGA-корпусе модуля GSM0408

формате AT-команда будет принята модемом. Однако при этом нужно, чтобы ID модема соответствовал описанию входа в AT\$MDMID или другим, перечисленным в AT\$SMSDA условиям. Для управления модулем через SMS введена новая команда AT\$SMSDAEN. В модулях серии Enabler III G введено автоматическое определение скорости передачи по последовательному порту. Заводская установка сейчас: AT+IPR=0. При подключении модуль сам выбирает необходимую скорость. На BGA-разъеме выводы расположены по группам, в соответствии с функциональным назначением. Такое расположение выводов позволяет оптимальным образом развести печатную плату. Расположение и назначение выводов модуля GSM0408 на BGA-корпусе показано на рис. 2. При проектировании печатной платы рекомендуется линии вводов/выводов проводить по внутреннему слою. Это дает возможность сделать непрерывный заземляющий контур на плате. Последнее очень важно для отвода тепла и борьбы с наводками в изделиях с BGA-разъемом. Пример разводки печатной платы для модуля GSM0408 с группировкой по функ-

циональному назначению показан на рис. 3. Следует обратить внимание на то, что линии вводов/выводов максимально удалены от силовых и радиочастотных линий. Конкретные рекомендации по проектированию печатной платы для GSM0408 приведены в [1]. Для разработки изделий на базе модуля GSM0408-BGA выпускается отладочный комплект SDK0408MG720. Внешний вид платы отладочного комплекта показан на рис. 4. На плате расположены перечисленные ниже переключатели и разъемы, позволяющие контролировать напряжения и сигналы в ключевых точках модуля. Питание платы — разъем J208. На него подается положительное стабилизированное напряжение 5 В, 2,5 А. Разъем J208 имеет внутренний диаметр 1,3 мм. Питание может подаваться также через дополнительный разъем J207. Для переключения линии подачи питания служит переключатель J202. Выключатель SW202 — включение/выключение питания. Переключатель J201 позволяет запитывать модуль в автоматическом или ручном режиме. В автоматическом режиме питание на модуль подается сразу после включения SW202.

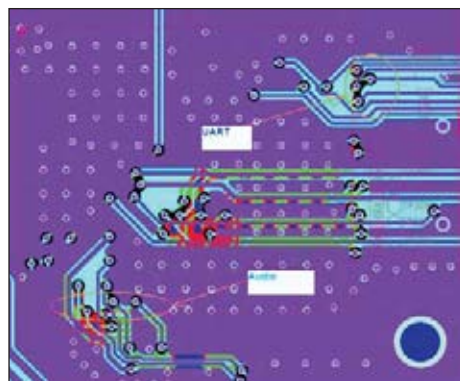


Рис. 3. Пример разводки печатной платы для модуля GSM0408 с группировкой по функциональному назначению



Рис. 4. Отладочная плата SDK0408MG720 (вид сверху)



Рис. 5. Отладочная плата SDK0408MG720 (вид снизу)

В ручном режиме, для управления питанием, с помощью выключателя SW201 можно одновременно подавать на вывод модуля PWR CNTL нулевой потенциал. Этим выводом модуля можно управлять с помощью внешних сигналов, а конфигурировать его специальными командами AT\$OFFDLY, AT\$OFF [1]. Разъем Vbat-Vbat\_J используется для контроля тока в различных режимах работы модуля. Для перезагрузки модуля используется выключатель SW200, с помощью которого вывод модуля RESET кратковременно замыкается



на «землю». При изменении состояния с низкого на высокое происходит принудительная перезагрузка модуля.

На разъем DB-9 выведен стандартный последовательный порт RS232. Каждая линия RS232 контролируется с помощью своего светодиода.

На плате SDK0408MG720 установлен модуль без держателя SIM-карты (рис. 5). Поэтому используется внешний держатель SIM-карты, размещенный непосредственно на отладочной плате (рис. 4). Переключатели J13, J14 позволяют контролировать наличие SIM-карты в держателе.

Для контроля работы GPIO используется светодиодная индикация. Выбор режимов работы осуществляется с помощью DIP-переключателей. Каждый из регулируемых GPIO может быть установлен в высокое или низкое состояние с помощью DIP-переключателя.

Выбранным GPIO можно с помощью команды AT\$IIOCFG присваивать статус входного или выходного вывода. Кроме того, их можно подключать через DIP-переключатели к той или иной линии.

Для каждого GPIO имеется контрольный светодиод, который загорается, когда GPIO переключается в высокое состояние.

На плате имеется встроенная полосковая GSM-антенна. Помимо этого, через разъем SMA можно подключить внешнюю антенну.

С помощью переключателей J400, J401, J402, J403 сигналы с контактов BGA-разъема подаются на контрольный разъем. Таким образом, в любой момент можно контролировать состояние каждого из выводов BGA-разъема.

На разъем MiniUSB выведен отладочный порт, который используется исключительно в целях конфигурирования модуля GSM0408 и не может быть использован для связи с внешними устройствами.

Для работы с аудиоаксессуарами на отладочной плате имеется стандартный разъем для подключения стереогарнитуры (Headset Jack). Кроме того, имеются отдельные разъемы для подключения микрофона и динамика. Режимы работы аудиосистемы конфигурируются с помощью команд AT\$VSELECT=0 (handset) и AT\$VSELECT=1 (headset). Подробнее вопросы управления с помощью AT-команд рассмотрены в [2]. Более подробно отладочный комплект описан в [4].

## Отличия модулей в BGA-корпусе

Технология BGA — это аббревиатура от английского названия Ball Grid Array, корпус с матрицей из шариковых выводов.

В общем случае BGA-выводы представляют собой шарики припоя, нанесенные на контактные площадки с обратной стороны изделия.

Тенденция постепенного перехода к BGA-корпусам в изделиях с высокой концентрацией компонентов на одном кристалле наблюдается в мире с конца 1990-х годов. Сегодня эта технология получила достаточно широкое распространение и в России, в основном за счет предприятий по ремонту мобильных телефонов и компьютерной техники. В первую очередь такая популярность связана с тем, что BGA-корпус является оптимальным

решением проблем производства и монтажа на печатную плату миниатюрных корпусов с большим количеством выводов. Одна из таких проблем связана с коротким замыканием соседних ног штыревых разъемов с мелким шагом, вызванного попаданием припоя или конденсата между выводами. Изделия с BGA-корпусами не имеют такой проблемы, поскольку припой наносится точно в нужном месте и в строго определенном количестве прямо на корпус изделия непосредственно на заводе-изготовителе.

Еще одним преимуществом BGA-корпусов является лучший тепловой контакт между модулем и платой, что в некоторых случаях избавляет от установки теплоотводов.

Следует также обратить внимание на то, что использование BGA-корпуса позволяет существенно снизить высокочастотные наводки. Это связано с тем, что чем меньше длина выводов, тем меньше наводки и излучение. У BGA-корпуса длина излучающих (и принимающих) проводников минимальна и определяется только расстоянием между платой и модулем (0,005 мм).

В связи с быстрым развитием технологии поверхностного монтажа и современной элементной базы процесс пайки компонентов становится все более сложным. Корпуса BGA снимают целый ряд проблем установки компонентов с малым шагом. Кроме того, BGA-корпус проще устанавливать и паять на плату, так как он имеет больший шаг между выводами.

Процент брака при монтаже BGA-корпусов на порядок меньше, чем аналогичный параметр для стандартных корпусов, особенно с многоконтактными разъемами.

Ну и, наконец, немаловажным преимуществом является снижение себестоимости конечного изделия при использовании BGA-корпуса. Во-первых, цена уменьшается на стоимость прямой и ответной частей многоконтактного разъема. Во-вторых, цена снижается за счет уменьшения стоимости печатной платы и затрат на монтаж комплектующих. Это объясняется тем, что BGA-выводы расположены по всей поверхности изделия и сгруппированы по функциональному назначению. Поэтому конструкция печатной платы получается наиболее оптимальной.

При монтаже изделий с BGA-корпусами их нагревают с помощью струи воздуха или инфракрасного излучения до температуры плавления шариковых выводов припоя.

Точная комбинация марки припоя, флюса, паяльной маски и температурного графика пайки не позволяет шарикам полностью деформироваться и удерживает модуль «на плаву» на некотором расстоянии от платы.

Процесс монтажа BGA-модулей на плату осуществляется по следующей схеме:

- Перед началом процесса пайки устанавливаются сферические выводы BGA (рис. 6а).
- На первом этапе пайки начинается локальный нагрев модуля до заданной температуры. Стандартный диапазон находится в пределах от 150 до 190 °С. Точное значение температуры и график нагрева задаются для каждого конкретного случая. На этой стадии шарики частично расплавляются,

и начинается их первичное «оседание» за счет гравитационных сил (рис. 6б).

- На втором этапе температура поднимается до максимальной, соответствующей данной конкретной модели и прописанной в документации на нее. Стандартный диапазон температур — от 250 до 350 °С. Точное значение температуры и график нагрева задаются для каждого конкретного случая. При достижении максимальной температуры пайки происходит полное оплавление BGA-выводов и смачивание припоем контактных площадок платы. Выводы еще больше сплюсчиваются (рис. 6в). При этом расстояние между корпусом модуля и платой достигает заданного для данной модели значения (от 0,05 до 0,5 мм).
- По специально заданному графику начинается охлаждение. Капля припоя, образовавшегося из шарика, фиксируется в отверстии контактной площадки печатной платы. При этом поверхностное натяжение расплавленного припоя не дает капле растекаться по плате.
- На заключительном этапе проводится очистка платы от остатков флюса и припоя.

Для успешного монтажа BGA-модулей необходимо специальное, высокоточное оборудование.

Существуют как промышленные, автоматизированные линии для массового производства, так и оборудование для полуавтоматического и ручного монтажа малых партий изделий в корпусе BGA.

Технологии и оборудование для монтажа BGA-изделий отработаны в настоящее время настолько хорошо, что позволяют проводить работы практически без брака со 100%-ной гарантией качества.

В качестве примера промышленной системы можно назвать установку BGA — 936A, которая применяется в основном в крупносерийном производстве. Благодаря встроенному микропроцессору, установка не требует внешнего управляющего компьютера. Оператор может напрямую программировать термопрофиль,

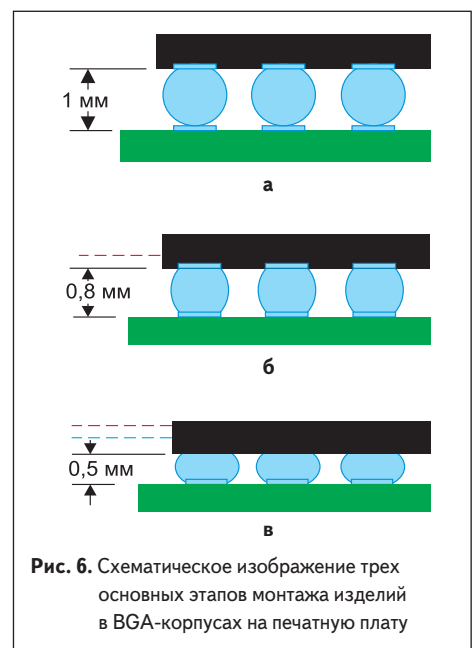


Рис. 6. Схематическое изображение трех основных этапов монтажа изделий в BGA-корпусах на печатную плату

устанавливать автоматическое охлаждение, автоматический захват компонента и настраивать требуемые параметры в соответствии с различными технологическими условиями. Для работы с небольшими партиями печатных плат размером до 600×500 мм предназначена установка QUICK BGA2100. Она позволяет проводить монтаж изделий с BGA-выводами в десяти автоматических режимах. Внешний вид этой установки показан на рис. 7.



Рис. 7. Установка для монтажа изделий в BGA-корпусе QUICK BGA2100

Для малых и опытных партий продукции применение полного автоматического цикла оказывается нецелесообразным. В этом случае используются экономичные паяльно-ремонтные комплексы. Так, например комплекс Quick855 предназначен для монтажа опытных партий изделий с BGA-корпусами при использовании термовоздушной паяльной технологии и программируемых температурных профилей. Оборудование типа Quick855 доступно даже небольшим фирмам. Цена на такие комплексы не превышает 150–200 тысяч рублей [6]. Следует отметить, что сейчас достаточно хорошо отработаны методики ручного монтажа малых партий, позволяющие достичь необходимого качества и соблюдения всех необходимых технологических параметров [7]. Поэтому даже в лабораторных условиях при разработке макета любой грамотный инженер может провести монтаж BGA-модулей вручную. В простейшем случае, при ручном монтаже используются паяльная станция с термофеном, специальные марки паяльной пасты и флюса (например, Interflux IF8001), трафарет для нанесения паяльной пасты на модуль. После окончания процесса монтажа проводится контроль качества пайки. Для этого используются методы как неразрушающего, так и разрушающего контроля. Сегодня применяются два основных метода неразрушающего контроля — рентгеноструктурный анализ и оптический контроль (например, система ERSASCOPE-3000) [8]. Из методов разрушающего контроля можно отметить исследование внутренней структуры выводов BGA после пайки (в срезе) под электронным микроскопом и механический тест на растяжение (отрыв). Для исключения попадания влаги под модуль пространство между ним и платой заливают специальным компаундом. В случае выхода BGA-модуля из строя его демонтаж осуществляется без особых трудностей.

Например, с помощью установки BGA2100 модуль можно демонтировать в течение десяти секунд.

Кроме того, существуют различные методики восстановления шариковых выводов на выпаянных BGA-изделиях.

Критерии технологии, контроля, приемки/отбраковки изделий в корпусах BGA устанавливаются стандартами IPC/JEDEC, J-STD-001, J-STD-020C, IPC-A-610, IPC-7095B [9].

Следует отметить, что в технологии монтажа изделий в BGA-корпусах имеется ряд существенных проблем. Еще раз подчеркнем, что 100%-ная гарантия качества обеспечивается только в тех случаях, когда технология монтажа соответствует на 100% технической и нормативной документации на изделие и на технологию. Это относится как к изготовителю изделий в BGA-корпусе, так и к пользователю, осуществляющему монтаж и эксплуатацию этих изделий.

Например, в случаях, когда изготовитель не выдерживает заявленные значения состава и размеров BGA-выводов, при монтаже будут наблюдаться непропаиваемые контакты и большое количество перемычек припоя.

Из-за микротрещин может происходить поглощение влаги корпусом изделия. В процессе пайки интенсивное испарение влаги может приводить к разнообразным повреждениям и даже к полному разрушению корпуса.

Подобные дефекты обычно наблюдаются в изделиях новых фирм на этапе отладки технологии и у мелких фирм, занимающихся корпусированием небольших партий изделий.

С другой стороны, когда при монтаже изделий в BGA-корпусе не соблюдаются заданные технологические режимы и параметры, на выходе могут появляться различные дефекты.

Среди наиболее типичных можно выделить следующие.

- Паяльная паста оплавлена не полностью из-за неправильного выбора температурного профиля.
- Трещины и разрывы в паяном соединении, возникшие вследствие несоответствия использованных температурных режимов и марок паяльной пасты, флюса.
- Трещины и разрывы между шариком и подложкой микросхемы появляются, когда неправильно подобраны материалы печатной платы и материала подложки BGA-корпуса (разные коэффициенты теплового расширения).
- Полное отсутствие или слабый электрический и механический контакт паяного соединения проявляются как следствие загрязнения или окисления контактных площадок в процессе хранения и сборки.
- Затекание паяльной маски на контактную площадку может возникнуть из-за ошибок при разработке конструкции контактных площадок.
- Расплавление и «расползание» шариковых выводов являются следствием превышения температуры и времени нагрева на последнем этапе.
- Низкая электрическая и механическая прочность паяного соединения, увеличение сопротивления контактов обычно

возникают из-за низкой температуры при пайке с применением флюсов.

Часто можно слышать, особенно от российских производителей, что использование изделий в BGA-корпусе чревато значительным процентом брака на этапе монтажа на печатную плату. Из вышеизложенного следует, что этот брак является результатом использования дешевых, некачественных изделий или результатом прямых нарушений технологии в процессе монтажа.

Понятно, что для того, чтобы избежать брака, необходимо очень тщательно выбирать как производителя самого изделия в BGA-корпусе, так и контрактного производителя, который будет заниматься его монтажом на печатные платы.

## Заключение

Новый модуль GSM0408-BGA рассчитан на использование в массовом производстве.

Российскому производителю, начинающему новый проект, очень трудно выбрать среди предлагаемой на рынке продукции различных фирм надежный, дешевый модуль, который будет поддерживаться в течение ближайших нескольких лет.

Сейчас, в период мирового кризиса, практически невозможно сказать, кто из пятерки мировых лидеров в производстве GSM/GPRS-модулей выживет, и как эта пятерка будет выглядеть в будущем.

Наиболее вероятно, что в новых разработках для массового производства будут, в основном, использоваться миниатюрные GSM/GPRS-модули с минимальным энергопотреблением и в корпусе BGA.

При выборе определенной модели модуля очень важно избежать ошибки, связанной с несовершенством методик и технологий производителя. Поэтому вопрос цены не является здесь приоритетным.

Как уже отмечалось, в своих изделиях Enfora использует технологии Texas Instruments. Поскольку TI имеет огромный опыт в производстве микросхем в BGA-корпусах, есть все основания ожидать, что модули GSM0408-BGA будут свободны от отмеченных в предыдущем разделе технологических недостатков производителя. ■

## Литература

1. Enfora Enabler IIIG-BGA Modem Integration Guide. GSM0408IG001 Revision: 1.00 10/08/08.
2. Enfora Enabler IIIG-BGA. AT Command Reference. GSM0408AT001. Revision: 1.01. 2/09/2009
3. GSM0408AN002-Enabler III-G PAD Disconnect. Enfora, Inc.
4. Application Note GSM0408AN001. Enfora Enabler III AT-Commands Over SMS. 2007 Enfora, Inc.
5. Enabler IIIG-BGA SDK Guide GSM0408SD001 Revision: Draft 10/08/2008
6. [www.telemetry.spb.ru](http://www.telemetry.spb.ru)
7. <http://www.technica-m.ru>
8. [www.fasteko.ru](http://www.fasteko.ru)
9. [www.ersa.de](http://www.ersa.de)
10. [www.ipc.org](http://www.ipc.org)
11. [www.jedec.org](http://www.jedec.org)