

# Особенности конструирования телекоммуникационных устройств

## на базе GSM/GPRS-модулей фирмы Telit

**В статье описаны особенности конструирования телекоммуникационных устройств на примере создания готового прибора с использованием модуля GE863-GPS.**

**Кирилл Скиба**  
skiba@vdm.kiev.ua

Беспроводные системы передачи данных, или M2M-системы<sup>1</sup>, — это стремительно развивающийся сегмент рынка систем связи (в некоторых источниках прогнозируется ежегодный рост объема продаж модулей до 50%). Эта тенденция свидетельствует не только об увеличении числа различных готовых устройств, но и о повышении конкуренции среди производителей GSM/GPRS-модулей. При этом основными факторами для разработчика являются не только цена, но и функциональные возможности и массо-габаритные показатели, что приводит к ужесточению требований к компактности и функциональности изделий [1, 2]. Интегра-

ция GSM/GPRS-модулей требует соблюдения целого ряда условий. На рис. 1 приведены основные интерфейсы модуля GE863-GPS [3]. Рассмотрим более подробно особенности реализации каждого из них.

### Источник питания

Разработка схемы источника питания является одним из основных этапов создания устройств на базе GSM/GPRS-модулей фирмы Telit [4], при этом следует учитывать данные энергопотребления. В таблице 1 приведены уровни напряжений питания и тока потребления GSM- и GPS-трактов в различных режимах работы модуля.

**Таблица 1.** Основные требования к источнику питания GSM/GPS-модулей

Параметр		Значение	
Напряжение питания, В	Номинальное	3,8	
	Максимальное	4,2	
	Диапазон рабочих напряжений	3,4–4,2	
GSM-тракт			
Потребляемый ток, мА	Пиковый	2000	
	Средний в течение GPRS-сессии при макс./мин. уровне мощности	500/100	
	Средний в течение GSM-сессии	270	
	В режиме энергосбережения	4	
		В режиме ожидания (режим энергосбережения отключен)	19
GPS-тракт			
Потребляемый ток, мА	Максимальный	80	
	Среднее значение	60	
	В режиме энергосбережения	1	
	GPS-антенны (внешняя активная антенна)	20	



**Рис. 1.** Основные интерфейсы модуля GE863-GPS

<sup>1</sup> M2M-системы обеспечивают организацию беспроводного обмена телеметрической информацией между двумя различными устройствами. M2M обычно расшифровывается как Machine-to-Machine, но возможна расшифровка этой аббревиатуры как Man-to-Machine, Machine-to-Man, Machine-to-Mobile или Mobile-to-Machine.

Из временной диаграммы, приведенной на рис. 2, видно, что энергопотребление модуля носит импульсный характер с частотой повторения импульсов 216 Гц, поэтому при проектировании источника питания следует обратить внимание на ширину и длину дорожек цепей питания, так как падение напряжения на них влечет за собой появление помех в сигнальных цепях и аудиотракте. Кроме того, при пиковом значении

тока потребления напряжение питания модуля не должно падать ниже 3,4 В, в противном случае модуль будет автоматически выключаться. Рассмотрим пример создания источника питания для входного напряжения 5 В. Так как разница между входным и выходным напряжениями невелика, то может быть использован линейный стабилизатор, КПД которого для такого случая будет достаточно высок. При этом на его вы-

ходе необходимо установить конденсатор для сглаживания пиков энергопотребления. Обычно применяется танталовый конденсатор емкостью 100 мкФ с номинальным напряжением не менее 10 В, который располагается в непосредственной близости от модуля для минимизации вносимых помех. При расчете теплового режима работы источника питания следует учитывать соотношение продолжительности сеанса передачи данных и интервала между ними, а также то, что при плохих условиях связи среднее значение тока потребления во время сеанса связи может составлять 500 мА (в обычных условиях — 150 мА). Электрическая схема источника питания приведена на рис. 3.

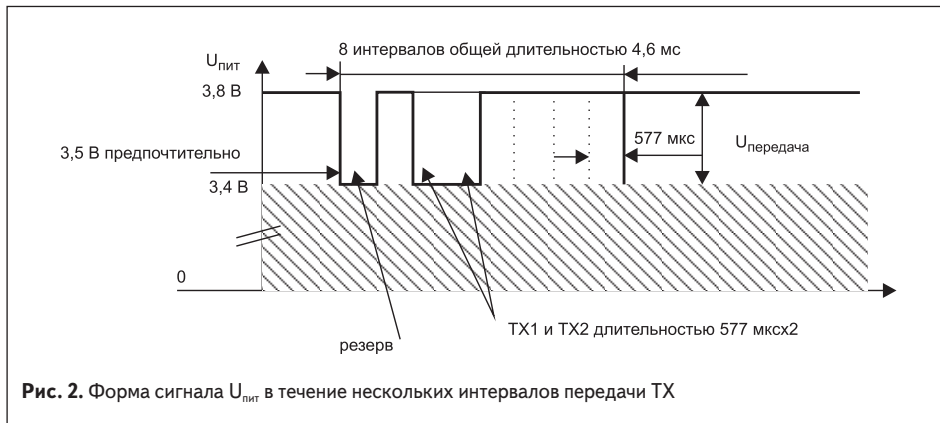


Рис. 2. Форма сигнала  $U_{пит}$  в течение нескольких интервалов передачи TX

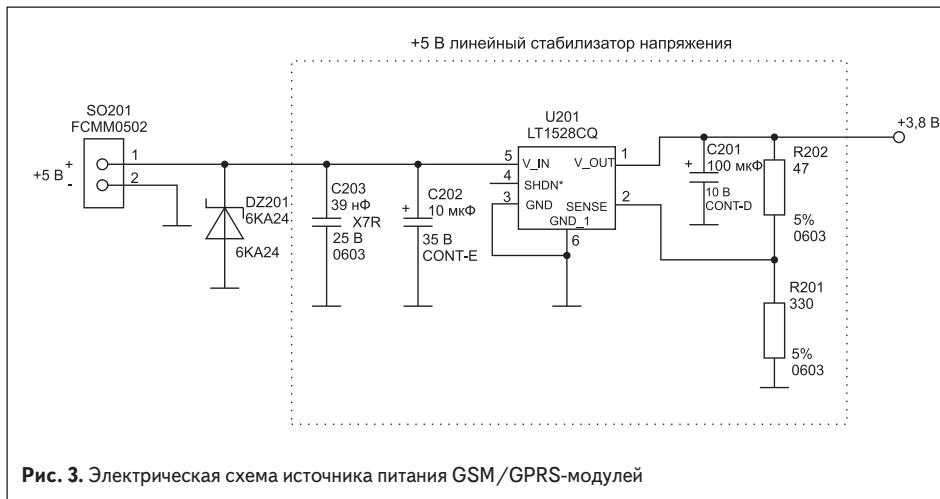


Рис. 3. Электрическая схема источника питания GSM/GPRS-модулей

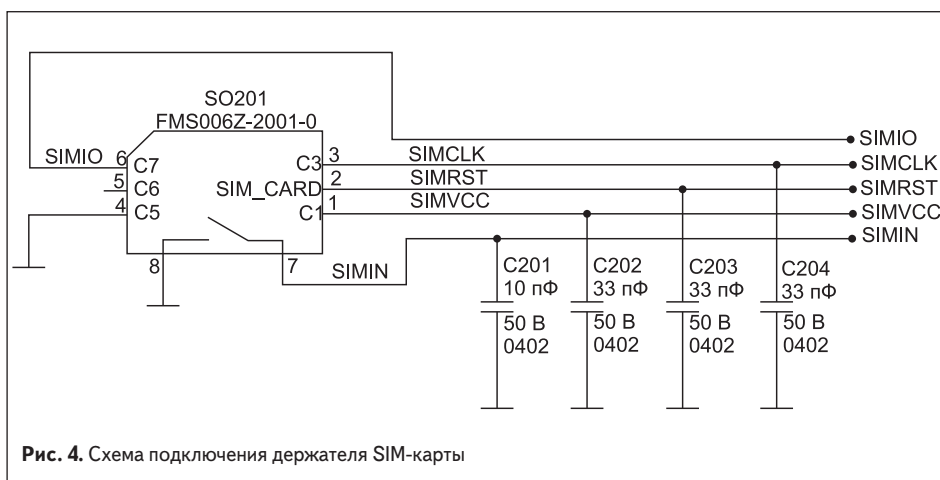


Рис. 4. Схема подключения держателя SIM-карты

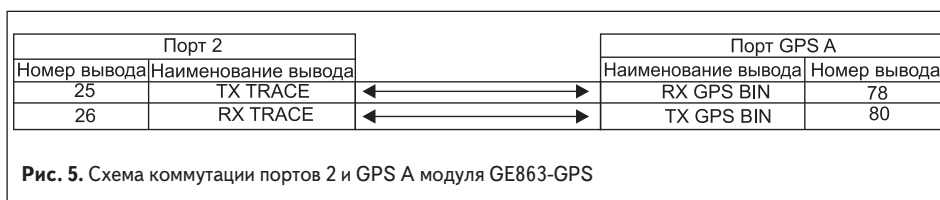


Рис. 5. Схема коммутации портов 2 и GPS A модуля GE863-GPS

## Интерфейс SIM-карты

Модули фирмы Telit поддерживают стандартные интерфейсы 3/1,8 В и имеют пять выводов для подключения SIM-карты (рис. 4):

- SIMVCC (питание);
- SIMRST (сброс);
- SIMIO (данные);
- SIMIN (детектирование);
- SIMCLK (часы).

При проектировании интерфейса SIM-карты одним из основных требований является соблюдение правил электромагнитной совместимости (ЭМС). При этом следует учитывать то обстоятельство, что на вывод SIMCLK подается сигнал частотой 3,57 МГц, а на выводе SIMIO скорость передачи данных составляет 9600 байт/с. Для предотвращения проблем ЭМС соединительные цепи должны быть экранированными и иметь минимальную длину.

Для уменьшения уровня электромагнитных помех держатель SIM-карты должен располагаться как можно дальше от антенны. Кроме того, для фильтрации ВЧ-помех в цепях SIM-интерфейса должны быть установлены конденсаторы (как показано на рис. 4), которые необходимо размещать в непосредственной близости от держателя. В случае, если расположение держателя SIM-карты вблизи модуля не представляется возможным, то для защиты от электромагнитных помех в цепи SIMCLK необходимо установить RC-фильтр. При подключении SIM-держателя, в котором отсутствуют контакты для детектирования наличия SIM-карты, необходимо заземлить вывод SIMIN модуля.

Для защиты от электростатических разрядов, например при установке SIM-карты, к выводам SIMCLK и SIMIO следует подключить диоды TVS (Transient Voltage Supression).

## Последовательный интерфейс UART

В модуле GE863-GPS доступны для использования 4 последовательных порта:

- порт 1;
- порт 2 (для управления GPS-трактом);
- GPS-порт А (для передачи GPS-данных в двоичном формате);
- GPS-порт В (для передачи GPS-данных в NMEA-формате).

При работе с этими портами следует учитывать то, что максимально допустимое входное напряжение на цифровых выводах модуля не должно превышать 3,75 В (рекомендуемое 2,8–3 В), несмотря на то, что рекомендуемое

напряжение питания модуля составляет 3,8 В. Поэтому в случае использования внешнего преобразователя уровня его напряжение питания должно быть в пределах 3–3,3 В, а не 3,8 В. Последовательный порт 1 имеет 7 выводов для реализации с уровнями сигналов 2,8 В. Для реализации неполного интерфейса, содержащего только выводы приема/передачи, используются выводы RX и TX. Так как модуль GE863-GPS выполнен в BGA-корпусе, то его демонтаж для перепрошивки сопряжен с рядом технических проблем, поэтому в готовом устройстве должна быть предусмотрена возможность перепрограммирования модуля. Прежде всего, необходимо обеспечить преобразование сигналов последовательного порта 1 модуля из КМОП-уровня в уровни  $\pm 12$  В. Для перепрограммирования необходимо использовать сигналы Rx, Tx, GND и On/Off модуля. Последовательный порт 2 используется для управления GPS-приемником. При необходимости получения данных от него через этот порт приемник следует подключить к последовательному порту GPS A, как показано на рис. 5.

### ВЧ-интерфейс

В GSM-модулях фирмы Telit подключение антенн может осуществляться двумя способами: непосредственно к ВЧ-разъему модуля либо (для модулей с BGA-корпусом) через шариковые выводы, но при этом требуется выполнить трассировку дорожек печатной платы. В случае применения модулей семейства GC864 способ подключения выбирается производителем готового устройства: либо через контакты под пайку, расположенные на верхней стороне модуля, либо подключением к разъему GSC на его нижней стороне (рис. 6).

Способы подключения антенны к GSM/GPRS-модулям различных семейств приведены в таблице 2.

В случае подключения антенны через ВЧ-разъем модуля сложностей с ее коммутацией не возникает, следует только учесть требования к характеристикам антенн, приведенные в таблице 3.

В случае подключения антенны через шариковые выводы BGA-корпуса необходимо обратить повышенное внимание на трассировку ВЧ-тракта(-ов), являющуюся одним из важнейших этапов про-



Рис. 6. Модуль семейства GC864

Таблица 2. Характеристики различных семейств модулей фирмы Telit

Название семейства модулей	Способ подключения антенны	Число вводов/выводов общего назначения	Число АЦП/ЦАП
GM862	MMCX-разъем	13	1/–
GE863	Шариковые выводы BGA-корпуса	18	1/1
GE864	Шариковые выводы BGA-корпуса	21	3/1
GC864	Контакт под пайку или разъем GSC	21	3/1
GE865	Шариковые выводы BGA-корпуса	10	2/1

Таблица 3. Требования к антеннам, подключаемым к модулям фирмы Telit

Наименование	Значение
<b>GSM-антенна</b>	
Диапазон частот	Удвоенная полоса GSM/DCS-диапазона или, при использовании во всех четырех диапазонах, счетверенная полоса GSM/DCS/PCS-диапазонов
Полоса пропускания, МГц	80 (GSM), 170 (DCS), 140 (PCS)
Волновое сопротивление, Ом	50
Допустимая мощность, Вт, не менее	2
<b>GPS-антенна</b>	
Диапазон частот, МГц	1575,42 (GPS L1)
Полоса пропускания, МГц	$\pm 1,023$
Коэффициент усиления, дБм	1,5–4,5
Волновое сопротивление, Ом	50
Коэффициент усиления МШУ*, дБ	25 (макс. 27)
Напряжение питания, В	3–5
Ток потребления, мА	20 (макс. 40)

Примечание. \* МШУ – малошумящий усилитель.

Таблица 4. Характеристики дифференциальных трактов микрофона для модулей фирмы Telit

Параметр	Mic_MT	Mic_HF
Схема подключения к линии	по переменному току	
Тип линии	сбалансированная	
Емкость разделительного конденсатора, нФ	100	
Дифф. входное сопротивление, кОм	50	
Дифф. входное напряжение, мВ	1030 (пиковое), 365 (СКЗ)	65 (пиковое), 23 (СКЗ)
Чувствительность микрофона, –дБВ/Па, ном. значение	45	
Коэффициент усиления, дБ	20	10
Тип экзокompенсатора	телефонная трубка	система hands-free

ектирования устройства и оказывающую влияние на все характеристики готового устройства. В качестве примера рассмотрим реализацию антенных трактов для модуля GE863-GPS.

### GSM-антенна

В модуле GE863-GPS отсутствуют ВЧ-разъемы (табл. 2), поэтому антенна подключается через шариковые выводы BGA-корпуса. GSM-антенну можно реализовать непосредственно на плате в виде печатных дорожек либо использовать внешнюю антенну. В первом случае необходимо учесть специальные рекомендации [6], а во втором — выполнить трассировку дорожек тракта с учетом требований к волновому сопротивлению и электромагнитной совместимости. При этом следует использовать специальные программы для расчета волнового сопротивления печатных дорожек, например Antenna Stripline Spreadsheet Calculator. Дорожки должны иметь минимальную длину, а вносимые ими потери не должны превышать 0,3 дБ, при этом сигнальную необходимо расположить между двумя земляными как можно дальше от источника питания, а также от цепей, чувствительных к электромагнитному излучению.

### GPS-антенна

К параметрам дорожек GPS-тракта предъявляются такие же требования, как и к параметрам дорожек GSM-тракта, поэтому остановимся на использовании дополнительных элементов, таких как антенны и усилители. Так как в GPS-тракте модуля отсутствует малошумящий усилитель, то для стабильного и качественного приема сигналов со спутника рекомендуется использовать активные антенны со встроенным МШУ. Питание МШУ контролируется и управляется модулем с помощью AT-команд. В случае использования антенн с круговой диаграммой направленности следует учитывать, что, несмотря на меньшее усиление, эта антенна благодаря работе с отраженными сигналами позволяет существенно увеличить точность позиционирования.

### Аудиоинтерфейс

Все модули производства фирмы Telit поддерживают работу по двум независимым аудиотрактам:

- МТ — симметричному аудиотракту, используемому для подключения телефонной трубки;

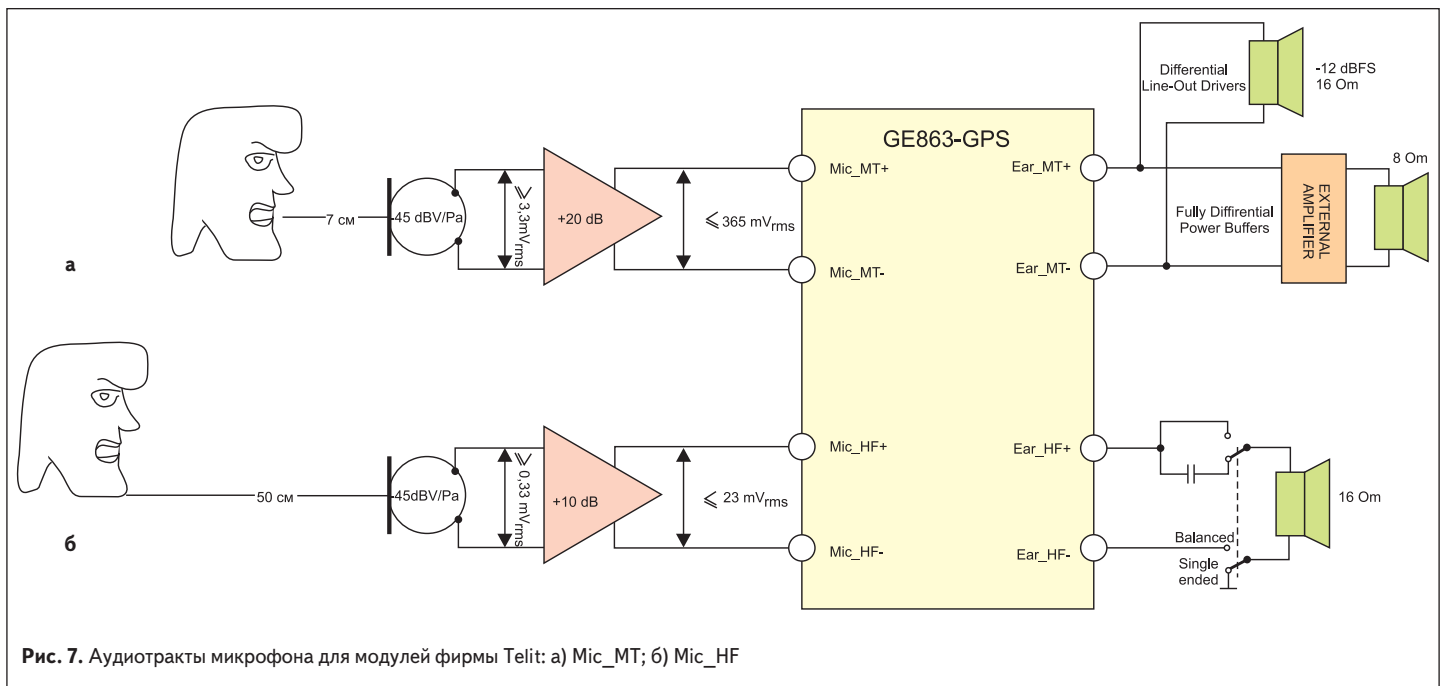


Рис. 7. Аудиотракты микрофона для модулей фирмы Telit: а) Mic\_MT; б) Mic\_HF

- HF — асимметричному аудиотракту, используемому для подключения устройств hands-free.

Эти аудиотракты не могут работать одновременно, их переключение осуществляется АТ-командами или через вывод модуля AXE. Как показано на рис. 7, основное различие этих трактов в микрофонных цепях.

Характеристики дифференциальных трактов микрофона Mic\_MT и Mic\_HF приведены в таблице 4. При разработке готового устройства необходимо помнить, что микрофонные цепи очень чувствительны к шумам и их разводка требует особого внимания. Эти цепи должны быть сбалансированы для минимизации влияния электромагнитных помех, возникающих на земляной шине. Кроме того, следует помнить, что при реализации асимметричного микрофонного тракта Mic\_HF необходимо включать специальные программные системы экзоподавления, в то время как при использовании Mic\_MT эти системы необходимо отключать с помощью АТ-команд. Расчет параметров внешнего усилителя и цепей смещения напряжения микрофона может быть выполнен согласно рекомендациям [3].

При выборе динамика следует помнить, что основными типами являются:

- телефонный динамик (низкая мощность, обычно используется в стандартных телефонных трубках);
- гарнитурный динамик (низкая мощность, обычно используется в гарнитурах hands-free);
- динамик громкой связи (высокая мощность, обычно сопряжен с динамиками стереосистемы автомобиля).

Если для первых двух достаточно мощности выходного сигнала модуля в несколько милливольт и они могут подключаться непосредственно к его выводам, то для динамика громкой связи необходима мощность сигнала 5–10 Вт и, соответственно, между ним и выводами модуля необходимо подключить внешний усилитель. Требования по разводке печатных плат для подключения динамиков идентичны требованиям,

предъявляемым к разводке микрофонных цепей. Примеры расчета цепей динамиков и их реализации приведены в [3].

### Аппаратный интерфейс I/O (интерфейс ввода/вывода общего назначения)

Семейства модулей фирмы Telit отличаются также числом вводов/выводов общего назначения (GPIO) (табл. 2), при этом каждый из них может находиться в одном из трех состояний:

- только на ввод данных;
- только на вывод данных;
- чередование этих состояний (управляется внутренним контроллером либо с помощью АТ-команд, либо с помощью ПО PYTHON).

В первом случае поступающие на вывод сигналы генерируются микроконтроллером модуля и подаются на этот вывод. Чередование состояний контролируется встроенным в модуль ПО, кроме того, некоторые выводы могут выполнять специальные функции.

Не все выводы GPIO работают во всех трех состояниях. Так, для модуля GE863-GPS:

- Выводы GPIO1, GPIO2, GPIO3, GPIO4, GPIO8...GPIO18 могут работать только в первых двух состояниях.
- Вывод GPIO5 работает во всех трех состояниях, и его можно использовать для индикации состояния передачи по GSM-сети (задается программно), при этом во время активной передачи по GSM-сети на него подается напряжение логической единицы.
- Вывод GPIO6 поддерживает все три состояния, и его можно использовать как тревожный (для подключения устройств сигнализации). При этом следует помнить, что в момент перезагрузки модуля на этот вывод подается напряжение логической единицы. При его использовании в режиме сигнализации напряжение на выводе контролируется модулем и принимает значение «1» при срабатывании сигнализации и «0» — после выполнения переданной АТ-команды. Этот вывод ис-

пользуется для включения питания микроконтроллера модуля или всего устройства во время срабатывания сигнализации, кроме того, он позволяет запрограммировать таймер для периодической работы устройства в целом и выключения как всего устройства, так и модуля в период покоя для снижения тока покоя до нескольких микроампер.

- Вывод GPIO7 поддерживает все три состояния, и его можно использовать для подключения драйвера звонка.

Все выводы GPIO поддерживают КМОП-сигналы уровня 2,8 В. Поэтому для корректной работы с цифровыми устройствами, имеющими другие логические уровни ввода/вывода, следует использовать микросхемы согласования уровней.

### ЦАП и АЦП

Модуль GE863-GPS имеет один ЦАП и один АЦП. ЦАП представлен 10-разрядным преобразователем, который может формировать напряжение в диапазоне 0–2,6 В. При подключении внешнего устройства необходимо использовать НЧ-фильтр, пример расчета которого приведен в [3]. Следует помнить, что при работе в режимах пониженного энергопотребления использование ЦАП невозможно. АЦП представляет собой 11-разрядный преобразователь с диапазоном измеряемых напряжений 0–2 В. ■

### Литература

1. Скиба К. GSM/GPRS-модули и модемы компании Telit // ЭКис — Киев: VD MAIS. 2006. № 10.
2. Скиба К., Скиба Ю. GSM/GPRS-модули со встроенным GPS-приемником производства компании Telit // ЭКис — Киев: VD MAIS. 2007. № 2.
3. Telit\_GE863-GPS\_Hardware\_User\_Guide\_r6
4. [www.telit.com](http://www.telit.com).
5. TUNEABLE PCB ANTENNA TYPE 1 (WA\_ENG\_GEN\_APN\_00.pdf).