

Ганюшкин Александр Львович, Игнатюк Виктор Александрович

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Владивосток, Россия*

## **Программное обеспечение макета для удаленного управления и мониторинга**

*Изложены проведенная разработка и отладка программного обеспечения разработанного устройства, согласование протоколов передачи данных, отладка алгоритма и программного обеспечения устройства. Бинарный протокол предоставляет пользователю расширенный набор выходных данных, включая «сырую» измерительную информацию, альманахи и эфемериды. Кроме того, через него производится формирование установок, запросов на выдачу данных, команд управления, а также обновление встроенного ПО приемника. Протокол включает в себя как входные, так и выходные сообщения. Управление приемником производится только по бинарному протоколу. В результате проведения работы все указанные процедуры выполнены, полученные данные проанализированы.*

**Ключевые слова и словосочетания:** *ассемблер, микроконтроллер, GSM-модуль, GSM-канал, модуль WISMO 218, AT+CPMS, алгоритм, команда ассемблера, число спутников, зона радиовидимости, протокол обмена NMEA.*

Цель данной работы заключается в разработке и отладке программного обеспечения разработанного устройства, согласовании протоколов передачи данных, отладке алгоритма и программного обеспечения устройства. Бинарный протокол предоставляет пользователю расширенный набор выходных данных, включая «сырую» измерительную информацию, альманахи и эфемериды. Кроме того, через него производится формирование установок, запросов на выдачу данных, команд управления, а также обновление встроенного ПО-приемника.

Протокол включает в себя как входные, так и выходные сообщения. Управление приемником производится только по бинарному протоколу.

Выходные сообщения (пакеты) делятся на следующие группы:

– Пакеты 0x00...0x3F: беззапросные (т.е. формируемые автоматически)

– Пакеты 0x40...0x7F: ответы на установки

– Пакеты 0x80...0xBF: ответы на запросы

– Пакеты 0xC0...0xFF: ответы на команды

Состав входных сообщений:

– Пакеты 0x00...0x3F: не используются

- Пакеты 0x40...0x7F: установки
- Пакеты 0x80...0xBF: запросы
- Пакеты 0xC0...0xFF: команды

Ответы на установки, запросы и команды формируются приемником в ответ на соответствующие входные сообщения [1 – 7].

NMEA протокол поддерживает семь стандартных выходных сообщений: GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG, ZDA и нестандартное входное сообщение SWPROT. Выходные сообщения формируются в соответствии со стандартом NMEA 0183 v3. Каждое стандартное сообщение может быть замаскировано (выключено) путем выдачи соответствующей команды в бинарном протоколе. По умолчанию GGA, GS, A GSV, RMC выдаются, а GLL, VTG, ZDA не выдаются. Также через пакет «0x4E» преамбула сообщений может быть задана либо в соответствии со стандартом v3.01 («GP», «GN», «GL» в зависимости от используемой спутниковой системы), либо всегда «GP».

Сообщения NMEA имеют следующую структуру: \$aaccs,c--c\*hh<CR><LF>

1. «\$» – начало сообщения.
2. «aaccs» – адресное поле. Буквенно-цифровая информация, предназначенная для идентификации источника и типа сообщения. Первые два символа – идентификатор сообщения, определяющий используемую в решении навигационную систему: «GP» – GPS; «GL» – ГЛОНАСС; «GN» – ГЛОНАСС + GPS. Последние три символа – мнемоника формата сообщения, определяющая формат данных последующего сообщения.
3. «,» – разделитель полей. Является началом каждого поля, кроме адресного и контрольной суммы. Если данный символ следует за пустым полем, то это признак того, что данные не передаются.
4. «с—с» – блок данных сообщения, следует за адресным полем и представляет собой группу полей с передаваемыми данными. Последовательность полей данных фиксирована и определяется третьим и последовательными символами в адресном поле. Поле данных может быть переменной длины и начинается с символа «,».
5. «\*» – разделитель контрольной суммы. Следует за последним полем данных в сообщении. Разделитель является признаком того, что следующие два символа являются шестнадцатеричным представлением контрольной суммы сообщения.
6. «hh» – поле контрольной суммы. Абсолютное значение вычисляется как исключающее 8-битные символы, расположенные между «\$» и «\*» (не включая эти символы). Шестнадцатеричное значение старших 4-х бит и младших 4-х бит преобразуется в два ASCII символа (0 – 9, A – F – верхний регистр). Старший символ передается первым. Контрольная

сумма передается во всех сообщениях. Пример формирования контрольной суммы: \$GPGSV,5,5,17,77,71,048,53\*43.

7. <CR><LF> – завершающие символы [7].

Команды, используемые для передачи данных и осуществления управления GSM/GPRS модулем, всегда начинаются с AT (от английского Attention – внимание) и заканчиваются на <CR>. Ответы начинаются и заканчиваются командами <CR><LF> (кроме формата ответа ATV0 DCE) и ATQ1 (подавление результирующего кода).

- Если синтаксис команды неверен, то выдается «ERROR».
- Если синтаксис команды верен, но при этом был передан с неверными параметрами, то выдается строка +CME ERROR: <Err> или +CMS ERROR: <SmsErr> с соответствующими кодами ошибок, если до этого CME было присвоено значение 1. По умолчанию значение CME составляет 0, и сообщение об ошибке выглядит только как «ERROR».
- Если последовательность команд была выполнена успешно, то выдается «OK».

В некоторых случаях, например, при AT+CPIN? или добровольных незапрашиваемых сообщениях, модем не выдает ОК в качестве ответа [8].

После изучения структуры протоколов и управляющих команд модулей перейдем к запуску модулей.

### **Полученные результаты**

Подключение GSM/GPRS модуля WISMO218 к GPRS-каналу связи реализовывалось с помощью стандартной программы ОС Windows – «Гипер терминал», можно отследить передаваемые AT-команды, а так же ответы модуля на принимаемые им команды и таким образом, осуществить диагностику работы модуля. В проведенном лабораторном испытании вместо стандартной программы «Гипертерминал» была использована программа «Device Monitoring Studio». В описываемом испытании осуществлялось подключение к GPRS-каналу связи без передачи данных, так как используемый модуль не имеет в составе своей архитектуры встроенный TCP/IP-стек. После включения модуля осуществляется поиск сети GPRS, поскольку в его настройках предварительно был установлен автоматический поиск сети, командой AT+COPS=0, модуль выдал сообщение по завершению автопоиска: +CGREG:1 – зарегистрирован, «домашняя» сеть. Следующей командой AT+CGACT=1 активируем определенный PDP-контекст. После того как команда выполнена, модуль находится в командном режиме. Если какой-либо PDP-контекст уже находится в запрашиваемом состоянии, это состояние не изменяется. Если запрашиваемое состояние любого определенного контекста не может быть установлено, возвращается ответ ERROR или +CME ERROR. В свою очередь, модуль успешно реагирует на переданную команду и выдает сообщение



пользования 2D; разрешение экстраполяции; продолжительность экстраполяции 5 с; динамический фильтр включен; темп выдачи выходных данных 1 Гц; параметры портов RS232 №0 и №1 57600, 2-стоповых бита, без четности; маска GDOP 15; маска угла места 5°; параметры секундной метки выдается, полярность – положительная, привязка – к шкале времени GPS, длительность – 1 мс, сдвиг – 0 нс; NMEA сообщения GGA, GSA, GSV, RMC, VTG – выдаются; GLL, ZDA – не выдаются; преамбула – «GP» (рис. 2).

```
Выходные данные NMEA  Сохранять NMEA в файл
$GPGSV,5,2,17,08,29,314,29,11,35,200,37,13,07,234,25,16,44,101,48*7A
$GPGSV,5,3,17,67,73,027,,69,05,293,34,70,05,342,,77,35,115,*78
$GPGSV,5,4,17,78,73,022,,79,12,315,,81,25,199,,87,35,036,*7C
$GPGSV,5,5,17,88,79,126,*44
$GPRMC,025050.00,A,4310.7106,N,13154.6462,E,1.03,4.5,00040.8,M,0023.4,M,0.0,0000.0,A*5F
$GPTVG,134.9,T,,,0000.1,N,0000.2,K,A*4C
$GPGGA,025051.00,4310.7106,N,13154.6461,E,1,03,4.5,00040.8,M,0023.4,M,,*65
$GPGSA,A,2,03,06,69,,,,,,,,,6.6,4.5,4.8*34
$GPGSV,5,1,17,01,15,194,38,03,55,056,47,06,41,059,48,07,51,288,28*72
$GPGSV,5,2,17,08,29,314,26,11,35,200,37,13,07,234,25,16,44,101,48*75
$GPGSV,5,3,17,67,73,027,,69,05,293,33,70,05,342,,77,35,115,*7F
$GPGSV,5,4,17,78,73,022,,79,12,315,,81,25,199,,87,35,036,*7C
$GPGSV,5,5,17,88,79,126,*44
```

Рис. 2. Полученные данные по протоколу NMEA v3 GLONASS/GPS модуля GEOS-1M SMD (в увеличенном масштабе)

Рассмотрим подробнее принимаемые данные NMEA сообщений GGA, GSA, GSV, RMC, VTG.

Сообщение GGA – данные определения места по GPS. Время, место и данные, относящиеся к наблюдению, определяются как по GPS, так и по ГЛОНАСС.

Согласно полученным данным сообщение GGA имеет следующий вид: \$GPGGA,025051.00,4310.7106,N,13154.6461,E,1,03,4.5,00040.8,M,0023.4,M,,\*65.

Для того чтобы прочитать принятые данные, необходимо структурировать строку сообщения, после чего она будет выглядеть следующим образом:

\$--GGA,hhmmss.sss,llll.ll,a,uuuuu.yu,a,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx\*hh

Далее разложим сообщение по частям:

- 1) «--» – преамбула сообщения («GP» установлено по умолчанию);
- 2) «hhmmss.sss» – время навигационных определений;
- 3) «llll.ll,a» – широта, N/S;
- 4) «uuuuu.yu,a» – долгота, E/W;
- 5) «x» – показатель качества обсервации: 0 = нет данных, 1 = обсервация получена, 2 = обсервация в дифференциальном режиме;
- 6) «xx» – число использованных в решении спутников;
- 7) «x.x» – величина горизонтального геометрического фактора (HDOP);
- 8) «x.x,M» – высота антенны над уровнем моря (геоидом), м;
- 9) «x.x,M» – превышение геоида над эллипсоидом WGS84, м;
- 10) «x.x» – размер дифференциальных поправок. В режиме GPS или GPS+ГЛОНАСС это размер последней полученной поправки по спутни-

кам GPS. В режиме ГЛОНАСС это возраст последней полученной поправки по спутникам ГЛОНАСС;

11) «xxxx» – идентификатор дифференциальной станции 0÷1023.

Поля 11 и 12 содержат значения только в дифференциальном режиме с использованием поправок RTCM. Во всех других случаях передаются пустые поля.

Для рассмотрения остальных сообщений проведем те же операции.

Сообщение GSA – фактор ухудшения точности, используемые для навигации спутники.

Количество спутников в предложении GSA зависит от количества спутников навигационной системы, участвующих в решении навигационной задачи. Минимальное количество позиций номеров спутников в предложении GSA равно 12. Если спутников в решении меньше 12, то передаются пустые поля. Если спутников в решении больше 12, то полей с номерами спутников столько, сколько спутников в решении.

Полученное сообщение GSA имеет следующий вид:

\$GPGSA,A,2,03,06,69,,,,,,,,,6.6,4.5,4.8\*34

После преобразования:

\$-GSA,a,x,xx, ... ,xx,x.x,x.x,x.x\*hh

Полями данного предложения являются:

1) «а» – режим управления количеством определяемых координат: М = ручное, указан режим, А = автоматическое переключение;

2) «х» – режим работы: 1 = обсервация невозможна, 2 = определяются две координаты, 3 = определяются три координаты;

3) «xx...xx» – номера спутников, используемых для решения навигационной задачи, для GPS используются номера 1÷32, для ГЛОНАСС 65÷96;

4) «х.х» – пространственный геометрический фактор ухудшения точности (PDOP);

5) «х.х» – горизонтальный геометрический фактор ухудшения точности (HDOP);

6) «х.х» – вертикальный геометрический фактор ухудшения точности (VDOP).

Сообщение GSV – видимые спутники.

Число спутников в зоне радиовидимости, номер спутника, угол возвышения, азимут и отношение сигнал/шум. Одно предложение может содержать информацию от 1 до 4 спутников, дополнительные данные о спутниках передаются в следующих предложениях. Номер предложения указывается в первых двух полях данных. Для спутниковых систем зарезервированы следующие номера: для GPS 1÷32, для ГЛОНАСС 65÷96.

Полученные сообщения:

\$GPGSV,5,1,17,01,15,194,38,55,056,47,06,41,059,48,07,51,288,28\*72

\$GPGSV,5,2,17,08,29,314,26,11,35,200,37,13,07,234,25,16,44,10,48\*75

\$GPGSV,5,3,17,67,73,027,,69,05,293,33,70,05,342,,77,35,115,\*7F

\$GPGSV,5,4,17,78,73,022,,79,12,315,,81,25,199,,87,35,036,\*7C

\$GPGSV,5,5,17,88,79,126,\*44

Преобразованное сообщение:

\$--GSV,x,x,xx,xx,xx,xxx,xx, ... ,xx,xx,xxx,xx\*hh

Поля данного предложения:

- 1) «x» – общее число сообщений;
- 2) «x» – номер сообщения;
- 3) «xx» – общее число спутников в зоне радиовидимости;
- 4) «xx» – номер спутника;
- 5) «xxx» – угол возвышения спутника, градусы 00÷901;
- 6) «xxx» – азимут истинный, градусы 000÷3601;
- 7) «xx» – отношение сигнал/шум 00÷99 дБ, если спутник не сопровождается не передается.

Сообщение RMC – рекомендуемый минимальный набор данных имеет фактический вид:

\$GPRMC,025050.00,A,4310.7106,N,13154.6462,E,000.10424,134.9,021011,,A\*5F

Структура принятого сообщения:

\$--RMC,hhmmss.ss,A,lll.ll,a,uuuuu.yu,a,x.x,x.x,xxxxxx,x.x,a\*hh

Поля данного предложения:

- 1) hhmmss.ss – время;
- 2) A – статус (A/V);
- 3) lll.ll,a – широта, N/S;
- 4) uuuuu.yu,a – долгота, E/W;
- 5) x.x – скорость в узлах;
- 6) x.x – курс в градусах;
- 7) xxxxxx – дата: ddmmyy (день/месяц/год);
- 8) x.x,a – магнитное склонение в градусах, E/W;
- 9) a – индикатор режима: A = автономная обсервация, D = дифференциальный режим, N = данные недостоверны, E = данные получены счислением.

Сообщение VTG – курс и скорость относительно грунта имеет вид:

\$GPVTG,134.9,T,,0000.1,N,0000.2,K,A\*4C.

Структура принятого сообщения следующая:

\$--VTG,x.x,T,x.x,M,x.x,N,x.x,K,a\*hh<CR><LF>

Поля данного предложения:

- 1) x.x,T – магнитный курс в градусах;
- 2) x.x,M – курс истинный в градусах;
- 3) x.x,N – скорость в узлах;
- 4) x.x,K – скорость, км/ч;
- 5) a – индикатор режима: A = автономная обсервация, D = дифференциальный режим, N = данные недостоверны [9].

После описания структуры принятых сообщений можно выделить наиболее необходимую информацию для последующего ее использования, например: координаты, высота над уровнем моря, скорость движения, время, дата, курс, видимые и используемые спутники. Координаты места положения  $43.107106^0$  – широта и  $131.546461^0$  – долгота; высота антенны над уровнем моря – 40.8 м; скорость движения 0.02 км/ч, время навигационных определений 02:50:51; дата 02.10.11; магнитный курс  $134.9^0$ ; общее число спутников в зоне радиовидимости – 17, используемых в решении – 3.

В результате проведения исследований разработанные модули успешно прошли лабораторные испытания. Но также было выявлено, что для передачи данных по GPRS каналу необходим TCP/IP-стек, в используемом модуле WISMO 218 он отсутствует. Тем не менее, существует аналог используемого модуля со встроенным TCP/IP-стеком – WISMO 228. Таким образом, в последующих работах используемый модуль будет заменен на его аналог, так как будут проводиться исследования в области передачи данных по GPRS-каналу. В целом все поставленные задачи успешно выполнены, разработана методика отладки устройства, произведено согласование основных узлов, уровней сигналов, протоколов передачи данных. Разработаны передающий и мониторинговый модули, проведены исследования и лабораторные испытания модулей. Произведены некоторые корректировки электрических схем, а также схем печатных плат устройств.

---

1. Wireless Standard Modem WISMO218 Product Technical Specification & Customer Design Guidelines: Техническая документация GSM/GPRS модуля WISMO218 фирмы WAVECOM, 2009. – 97 с.

2. Беспроводной стандартный модуль WISMO: руководство пользователя // WAVECOM Wireless Standard Modem WISMO Series Development Kit User Guide, 2009. – 76 с.

3. Техническая документация микросхемы FT232R USB UART / FT232R USB UART Future Technology Devices International Ltd, 2005. – 29 с.

4. WPM100 руководство пользователя // WPM100 Development Kit User Guide, 2007. – 72 с.

5. GeoC-1M Руководство по эксплуатации. Версия 1.0 / ООО «КБ «ГеоСтар навигация». – Москва, 2010. – 73 с.

6. Протокол обмена BINR. – М.: Литера «О», 2005. – 86 с.

7. Протокол обмена NMEA. – М.: Литера «О», 2004. – 19 с.

8. AT-команды: руководство по использованию AT-команд для GSM/GPRS модемов / пер. с англ. – М.: ЗАО «Компэл», 2005. – 432 с.

9. Протокол обмена NMEA (IEC 61162). – М.: Литера «О», 2009. – 22 с.