

# Выбор и настройка встраиваемых GPS-приемников

компании Locosys

**Компактные GPS-приемники в настоящее время находят широкое применение на транспорте, в системах безопасности и телеметрии. Выходной цифровой сигнал приемника представляет собой последовательность пакетов специального формата, размер и информационная насыщенность которых может регулироваться. Компания Locosys выпускает встраиваемые GPS-приемники, построенные практически на всех популярных чипсетах: Atheros, MediaTek, SiRF Star III, u-Blox. В статье рассматриваются особенности продукции Locosys и пример конфигурации GPS-приемников на базе чипсета Atheros AR1511.**

Владимир Каулио, к.т.н.  
kv@efo.ru

## Введение

Современные системы глобальной спутниковой навигации (Global Navigation Satellite Systems — GNSS) позволяют определять точное время и трехмерные координаты объекта, находящегося в любой точке на поверхности Земли. В настоящее время функционируют и постоянно развиваются несколько систем спутниковой навигации. Приемники NAVSTAR-GPS (NAVigation System with Timing And Ranging Global Positioning System) приобрели широкую популярность в коммерческих и государственных проектах благодаря простоте их применения, надежности и доступности. Многие производители интегрируют их в модули сотовой связи. В статье рассматриваются GPS-приемники компании Locosys, принимающие сигнал NAVSTAR-GPS на частоте L1, равной 1545,42 МГц.

Приемники спутниковой навигации применяются в различных областях: для определения местонахождения стационарного или подвижного объекта, в морской навигации, при геодезическом планировании, а также для определения точного времени с помощью

находящегося на спутнике эталона. На основании полученных приемником координат (широта — latitude, долгота — longitude, высота над уровнем моря — altitude) могут быть рассчитаны направление и скорость движущегося объекта. Точность определения координат напрямую зависит от точности определения расстояния до спутников, что, в свою очередь, зависит от точности временной синхронизации. Стабильность хода атомных часов на спутнике такова, что они отстают на 1 секунду за период времени от 30 до 1000 тысяч лет, кроме этого, периодически производится их подстройка. Для повышения точности позиционирования также используются различные методы коррекции координат, основанные на известных координатах стационарных точек (как наземных, так и геостационарных спутниковых).

Для определения трехмерных координат объекта необходимо как минимум 4 спутника. Поэтому спутники распределены по орбитам равномерно, чтобы в каждый момент времени обеспечивать покрытие каждой точки планеты. На рис. 1 показан пример расположения 32 спутников систе-

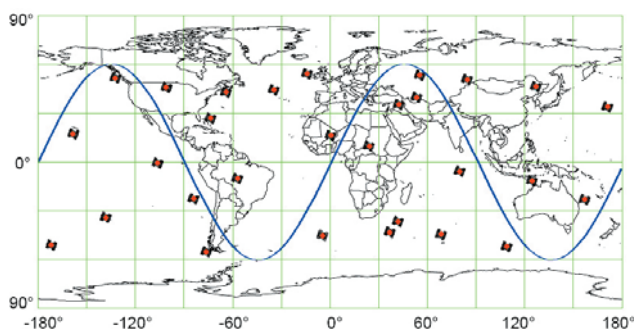


Рис. 1. Пример расположения спутников GPS



**Рис. 2.** Внешний вид малогабаритных GPS-приемников без антенны: а) Atheros AR1511 (UC-1513), SiRF Star III (SC-1513), MT3329 (MC-1513); б) Atheros uN3010 (UC-1722 и LS9548N); в) GPS-приемники со встроенным FM-тюнером

мы NAVSTAR-GPS. Каждый спутник движется по синусоидальной орбите с 12-часовым периодом таким образом, что совершает за сутки один оборот вокруг Земли. Мощность спутникового передатчика составляет 21,9 Вт. Для приемлемого качества приема информации от спутников уровень сигнала на входе приемника должен быть не менее  $-130$  дБм. Точность позиционирования определяется функциональными особенностями и эксплуатационными качествами электронных компонентов (чипсета), входящих в его состав. Широкую популярность у разработчиков завоевали чипсеты таких компаний, как Atheros [1–4], MediaTek [5–8], SiRF Star III [9–12], u-Blox [13]. Они отличаются уровнем чувствительности входного сигнала, количеством каналов приема (по одному каналу на спутник), наличием встроенных малошумящих усилителей, спецификой обработки сигнала.

## GPS-приемники компании Locosys

Компания Locosys выпускает GPS-приемники на базе практически всех популярных чипсетов. Номенклатура приемников имеет широкий спектр — от малогабаритных встраиваемых модулей до корпусных навигаторов с жидко-

кристаллическим дисплеем. На рис. 2а изображены малогабаритные GPS-приемники на чипсетах: Atheros AR1511 (UC-1513) [1], MediaTek MT3318 и MT3329 (MC-1513) [5, 6], SiRF Star III (SC-1513) [9]. Они выполнены в одинаковом конструктивном исполнении  $15 \times 13 \times 2$  мм, предназначены для поверхностного монтажа и не имеют встроенной антенны. Несколько большими габаритами обладают бюджетные приемники на чипсете Atheros uN3010 (рис. 2б): UC-1722 [2] и LS9548N [3]. Основные характеристики встраиваемых GPS-приемников компании Locosys без антенны приведены в таблице 1.

Приемники SC-1513 по качеству приема сигнала в условиях плохой видимости в настоящее время зарекомендовали себя с наилучшей стороны. Их чувствительность составляет  $-159$  дБм. Появление новых приемников на чипсете MediaTek MT3329 с уровнем чувствительности  $-164$  дБм и количеством каналов, равным 66, по-видимому, направлено на аппаратную поддержку потенциальных возможностей постоянно развивающихся систем глобальной спутниковой навигации. Например, для получения сигналов от дополнительных спутников, расположенных на геостационар-

ных орбитах, с целью увеличения точности позиционирования.

GPS-приемники на чипсетах Atheros AR1511 и uN3010 предназначены для применения в бюджетных приложениях. Уровень чувствительности UC-1513 превышает требуемый уровень чувствительности сигнала на 24 дБм. Приемники UC-1722 и LS9548N являются еще более интересным решением по цене, чем UC-1513, но на 2 мм больше по ширине и на 9 мм — по длине (рис. 2). Для отечественных систем, работающих в жестких погодных условиях, следует также обратить особое внимание на расширенный температурный диапазон приемников MC-1513 и UC-1513: от  $-40$  до  $+85$  °C.

Кроме этого, рассмотренные GPS-приемники имеют дополнительные функциональные особенности. Приемник SC-1513 имеет 6 цифровых линий ввода/вывода и поддерживает бинарный протокол управления. Приемник UC-1513 имеет 3 цифровые линии и поддерживает текстовый протокол управления. Приемник MC-1513 поддерживает текстовый протокол управления. Приемник UC-1722 по выводу и конструктивно совместим с приемником LEA-5S компании u-Blox, но не имеет встроенного интерфейса USB. Приемник LS9548N

**Таблица 1.** Основные характеристики встраиваемых GPS-приемников без антенны

GPS-приемник	MC-1513 / MC-1513-96	SC-1513	UC-1513	UC-1722	LS9548N
Чипсет	MediaTek MT3318/MT3329	SiRF Star III	Atheros AR1511	Atheros uN3010	Atheros uN3010
Количество каналов	32/66	20	20	20	20
Частота выходных отсчетов, Гц	1–5/1–10	1	1–10	1	1
Скорость обмена по UART (по умолчанию), бит/с	4800–115200 (9600)	4800–38400 (4800)	4800–115200 (9600)	4800–57600 (9600)	4800–57600 (9600)
Интерфейсы	UART/UART, USB	UART	UART	UART	UART
Чувствительность в режиме слежения, дБм	$-157,5/-164$	$-159$	$-154,5$	$-159$	$-159$
Чувствительность в режиме захвата, дБм	$-144,5/-147$	$-144$	$-142,5$	$-156$	$-156$
Время «горячего» старта, с	2	<2	<2	4	4
Время «теплого» старта, с	<30	<15	<32		
Время «холодного» старта, с	36/35	38	38	39	39
Напряжение на линии основного питания, В	3,0–4,2	3,0–4,2	3,0–4,2	3,0–3,6	3,0–3,6
Напряжение на линии резервного питания, В	2,0–4,3	1,6–6	2,1–6	1,8–3,6	1,8–3,6
Макс. потребление тока при напряжении питания 3,3 В, мА	71/56	66	65		
Потребление тока в режиме слежения, мА	40/38	40	46	47	43
Потребление тока по батарейной линии, мкА	3,3	10	10	16	14
Встроенный малошумящий усилитель	+/+	+	+	+	+
Встроенный SAW-фильтр	+/+	+	+	+	+
Размер, мм	15×13	15×13	15×13	17×22	24×20
Рабочий температурный диапазон, °C	$-40...+85$	$-30...+85$	$-40...+85$	$-30...+85$	$-30...+85$

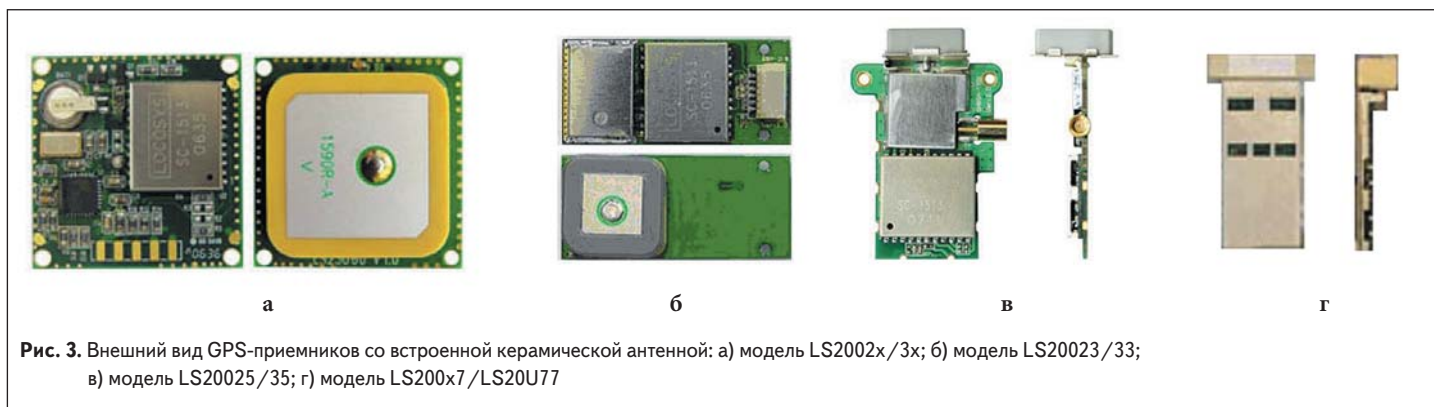


Рис. 3. Внешний вид GPS-приемников со встроенной керамической антенной: а) модель LS2002x/3x; б) модель LS20023/33; в) модель LS20025/35; г) модель LS200x7/LS20U77

повыводно и конструктивно совместим с приемником LR9548S компании Leadtek.

Отдельное внимание следует уделить GPS-приемникам со встроенным FM-тюнером (рис. 2в). Основная особенность таких приемников состоит в наличии модуля системы RDS (Radio Data System)/TMC (Traffic Message Channel) для приема по радиоканалу информации об актуальном городском трафике, погодных условиях, курсах валют и т. п. Получаемые приемником данные формируются в текстовые сообщения по аналогии с форматом NMEA. Данные могут использоваться, например, для расчета альтернативного маршрута движения с учетом загруженности дорог. Модуль построен на базе чипсета SiRF Star III и может успешно использоваться как вдали от населенных пунктов, так и в городских условиях. Размер модулей составляет 20x24x2,4 мм. Поддерживаются спутниковые системы повышения точности (SBAS — Satellite Based Augmentation System): WAAS (Wide Area Augmentation System) в США, EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) в Европе, MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) в Японии. Космические вспомогательные системы позволяют при условии наличия наземной поддержки достигать точности позиционирования до 10 см. В России данная технология недостаточно развита из-за плохой видимости спутников на геостационарных орбитах и отсутствия наземной поддержки.

На основе малогабаритных GPS-приемников компания Locosys выпускает приемники семейства LS со встроенной керамической антенной, дополнительным усилителем и разъемом для подключения внешней антенны. Они построены на базе модулей MC/SC/UC-1513, а также на чипсете u-Blox 5. Такие сборки получили название интеллектуальных (smart) антенн. Их удобно использовать как на этапе разработки (вместо оценочной платы), так и для встраиваемых приложений. Рассмотрим их подробнее.

Модели LS2002x/3x построены на чипсете SiRF Star III и MediaTek, выпускаются в виде модулей квадратной формы размером 30x30x8 мм, имеют интерфейсы UART, RS-232, USB и батарею резервного питания (рис. 3а). В случае пропадания основного питания наличие батареи обеспечивает сохранность настроек выходного сигнала (скорость, набор пакетов) и часов реального времени, а также информацию альманаха (параметры орбит спутников, актуальны около месяца) и эфемерид (текущая информация о спутнике, актуальна несколько часов). При «холодном» старте приемника информация из альманаха и эфемерид недоступна. Именно поэтому требуется относительно длительный промежуток времени для их загрузки. Приемники LS20023/33 не имеют встроенной батареи, но содержат дополнительный усилитель, их размер составляет 35x16x6 мм (рис. 3б).

Новая модель приемника — GPS-логгер LS2002L — построена на базе модуля SC-1513, имеет такой же размер, как и LS20020, но содержит функцию сохранения навигационных данных во встроенной flash-памяти объемом 8 Мбайт. Данная функция полезна для сохранения маршрута следования и последующей обработки данных. Запись в память производится циклически, информация может быть защищена паролем.

Приемники LS20025/35 размером 35x16x13,5 мм построены на основе модулей SC-1513 и MC-1513, имеют встроенную керамическую антенну, дополнительный маломощный усилитель и разъем для подключения внешней антенны (рис. 3в). Новые приемники LS20027/37/57/77 построены на чипсетах SiRF Star III, MediaTek, Atheros, u-Blox, имеют встроенную керамическую антенну, дополнительный усилитель и два SAW-фильтра, интерфейс UART. Модель LS20U77 имеет USB-интерфейс. Размер приемников составляет 29,4x16x6 мм. Приемники предназначены для поверхностного монтажа (рис. 3г).

Таким образом, компания Locosys производит компактные модели без антенны [1, 2, 3, 5, 6, 9] либо со встроенной керамической антенной [4, 7, 8, 10, 11] и разъемом для подключения внешней антенны [8, 11], что упрощает процесс интеграции GPS-приемника в систему. Отличительные особенности smart-антенн приведены в таблице 2.

Таблица 2. Отличительные особенности smart-антенн

Наименование	Чипсет	Интерфейс	Дополнительный усилитель	Антенный разъем	Flash-память	Количество дополнительных фильтров	Размер, мм
LS20020	SiRF Star III	USB	—	—	—	1	30x30x8
LS20021	SiRF Star III	UART	—	—	—	1	30x30x8
LS20022	SiRF Star III	RS232	—	—	—	1	30x30x8
LS20023	SiRF Star III	UART	+	—	—	1	35x16x6
LS20025	SiRF Star III	UART	+	+	—	1	36x25x13,5
LS20027	SiRF Star III	UART	+	—	—	2	29,4x16x6
LS2002L	SiRF Star III	UART	+	—	+	1	30x30x8
LS20030	MediaTek	USB	—	—	—	1	30x30x8
LS20031	MediaTek	UART	—	—	—	1	30x30x8
LS20032	MediaTek	RS232	—	—	—	1	30x30x8
LS20033	MediaTek	UART	+	—	—	1	35x16x6
LS20035	MediaTek	UART	+	+	—	1	36x25x13,5
LS20037	MediaTek	UART	+	—	—	2	29,4x16x6
LS20057	Atheros	UART	+	—	—	2	29,4x16x6
LS20077	u-Blox 5	UART	+	—	—	2	29,4x16x6
LS20U77	u-Blox 5	USB	+	—	—	2	29,4x16x6

## Пакеты с данными глобальной спутниковой навигации

Несмотря на различные характеристики и большое количество производителей, GPS-приемники обладают единым форматом передачи данных по аналогии со стандартными интерфейсами, принятыми в электронном сообществе. Помимо стандартного, некоторые приемники могут иметь дополнительный формат, который определяется особенностями чипсета, например двоичный формат SIRF Binary.

В качестве единого протокола кодирования информации для общения с GPS-приемниками в настоящее время используется стандарт для поддержания совместимости морского электронного оборудования NMEA-0183, разработанный Национальной ассоциацией морской электроники США (National Marine Electronics Association). Ассоциацией определяются протоколы для разных производителей, а также для различных приложений, например систем спутниковой навигации. Для связи GPS-приемника с внешним устройством, как правило, используется встроенный последовательный асинхронный порт UART (удобно для соединения с микроконтроллером) либо интерфейсы RS232/USB/Bluetooth (для работы с персональным компьютером). Каждый байт обычно передается 10 битами: стартовый бит (логический ноль), 8 бит данных, стоповый бит (логическая единица). Скорость передачи данных варьируется от 4800 до 115200 бит/с. Протокол NMEA-0183 имеет текстовый формат, то есть содержит цифры, символы латинского алфавита и разделительные символы. Основные сообщения, которые поступают от GPS-приемника:

- GGA — фиксированные данные GPS (время, широта, долгота, высота, количество используемых спутников и др.);
- GLL — географическое положение (широта, долгота, время, качество данных);
- GSA — информация о количестве спутников и показателях точности (режим измерения, количество спутников для определения результата расчета позиции, точность измерений);
- GSV — подробная информация о положении спутников с привязкой по идентификатору (количество видимых спутников, их высота и азимут, отношение сигнал/шум);
- RMC — рекомендованная минимальная информация GPS (время, широта, долгота, высота, системный статус, скорость, курс, дата);
- VTG — вектор скорости (с указанием курса и величины скорости);
- ZDA — дата, локальное время и всемирное координированное время UTC.

Сообщения имеют единый формат:

```
$GPDTS,Inf_1,Inf_2,Inf_n*CS<CR><LF>
```

где \$ — начало пакета данных; GP — информация для определения NMEA-приложения (в данном случае — глобальная навигация); DTS — идентификатор сообщения, например, GGA; Inf\_1...Inf\_n — информация с числовыми данными, например 175,4 для данных курса; \* — разделитель между основной частью пакета

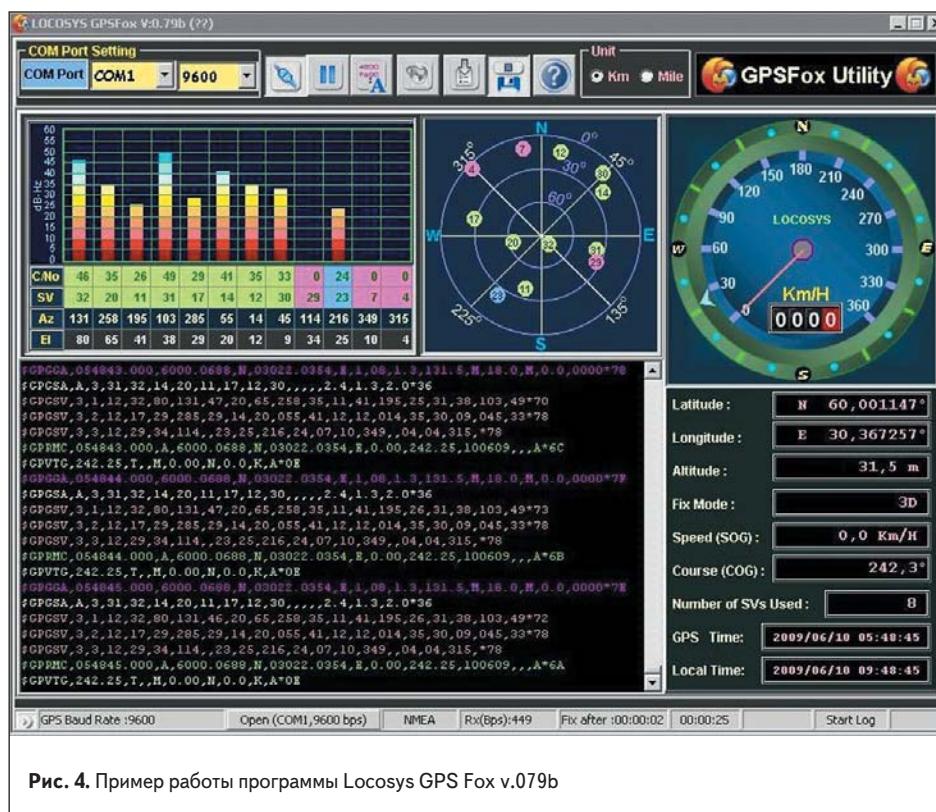


Рис. 4. Пример работы программы Locosys GPS Fox v.079b

и контрольной суммой; CS — контрольная сумма; <CR><LF> — завершающая часть пакета (перевод каретки, конец строки). Максимальный размер поля данных стандартного NMEA-сообщения не должен превышать 79 символов. Расчет контрольной суммы осуществляется путем сложения операцией исключающего ИЛИ (XOR) всех байт сообщения, расположенных между символами \$ и \*.

Пример набора пакетов, полученных с помощью отладочной программы Locosys GPS Fox, приведен на рис. 4. В правой части окна программы можно наблюдать декодированные значения широты, долготы и времени. В верхней части приведена информация о качестве приема сигнала, количестве спутников, их идентификаторы и расположение. В нижней части приводится скорость обмена данными с компьютером, номер COM-порта, время фиксирования GPS-данных, продолжительность эксперимента и др.

После подачи питания GPS-приемник начинает циклически посылать набор NMEA-сообщений в соответствии с заданными производителем установками. На рис. 4 показан пример передачи пакетов сообщений один раз в секунду со скоростью 9600 бит/с. Очевидно, что иногда для повышения производительности системы возникает необходимость изменения заводских настроек — увеличение скорости передачи, отключение пакетов с дублирующей информацией. Бывают случаи, когда программное обеспечение не распознает подключенный GPS-приемник из-за расхождения в скорости передачи данных. Таким образом, использование приемника становится невозможным без его дополнительной настройки. Причем, как правило, настройки не сохраняются в энергонезависимой памяти приемника, поэтому их необходимо периодически повторять —

при повторном подключении GPS-приемника к компьютеру, перезагрузке системы.

Настройка GPS-приемника производится по тому же интерфейсу, который используется приемником для передачи данных. Посылается специальная команда с новыми параметрами. Задача конфигурации может быть возложена на управляющий контроллер микропроцессорной системы либо выполняться вручную при помощи специальной утилиты или программы-терминала в персональном компьютере. Набор и формат управляющих команд определяется чипсетом, на котором построен GPS-приемник.

### Управление GPS-приемником и расчет контрольной суммы NMEA-сообщения

Рассмотрим процесс настройки для установки скорости передачи и определения требуемого набора команд на чипсете Atheros AR1511 (прошивка Orion 3.0) [14]. Данный чипсет позволяет осуществлять настройку в текстовом режиме. Управляющие NMEA-сообщения чипсета Atheros AR1511 имеют следующий формат:

```
$PUNV,Command,*CS<CR><LF>
```

где \$ — начало пакета данных; PUNV — идентификатор управляющего пакета Atheros; Command — команда, состоящая из нескольких полей; CS — контрольная сумма; \* — разделитель; <CR><LF> — завершающая часть пакета. Интервал между сообщениями должен составлять не менее 1 секунды. Размер поля данных управляющего NMEA-сообщения не должен превышать 128 символов. С помощью управляющих команд Atheros AR1511 имеется возможность менять конфигурационные параметры GPS-приемника (команда SET),

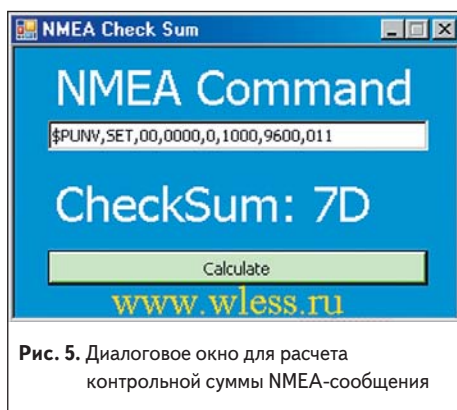


Рис. 5. Диалоговое окно для расчета контрольной суммы NMEA-сообщения

переводить приемник в режим сна (команда SLEEP), получать информацию о текущей версии прошивки (команда VERSION) и др. Расчет контрольной суммы осуществляется в соответствии со стандартом NMEA. На рис. 5 приведен пример утилиты для расчета контрольной суммы.

```
// Пример расчета контрольной суммы
// NMEA-сообщения
// (Visual C# 2008 Express Edition)
// задание команды осуществляется
// в окне редактирования
// расчет — по нажатию кнопки пуск,
// результат — в поле CheckSum
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
namespace WindowsFormsApplication1
{
    public partial class Form1: Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void buttonCalculate_Click
            (object sender, EventArgs e)
        {
            string sCheckSum = CheckSum.Text;
            sCheckSum = sCheckSum.Substring(0, 10);
            sCheckSum += CalculateCheckSum();
            CheckSum.Text = sCheckSum;
        }
        private string CalculateCheckSum()
        {
```

```
string s = textBoxNMEACommand.Text;
int n = s.Length, r = 0;
char c;
for (int i = 0; i < n; i++)
{
    c = s[i];
    switch (c)
    {
        case '$':
            break;
        case '*':
            i = n;
            break;
        default:
            r ^= (int)c;
            break;
    }
}
s = r.ToString("X2");
return s;
}
```

Формат команды SET выглядит следующим образом:

```
$PUNV,SET,00,OutIn,0,1000,UART,NMEA_MASK*CS<CR><LF>
```

где OutIn — тип выходного и входного протоколов (00—NMEA); UART — скорость передачи данных (300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 57600, 115200); NMEA\_MASK — маска выбора пакетов (001 — GGA, 002 — GLL, 004 — GSA, 008 — GSV, 010 — RMC, 020 — VTG, 040 — ZDA, 080 — DTM, 100 — FOM); DTM — датум (параметры модели Земли), FOM (Figure Of Merit) — индикатор качества сигнала в диапазоне 0,000–0,999; CS — контрольная сумма. Например, для того чтобы установить скорость передачи 4800 бит/с и включить пакеты GGA, GLL, GSA, RMC требуется подать следующую команду:

```
$PUNV,SET,00,0000,0,1000,4800,017*78<CR><LF>
```

Команда на рис. 5 означает установку скорости передачи 9600 бит/с и включение пакетов GGA и RMC.

При возникновении ошибки приемник отвечает сообщением ERR с указанием причины, например:

```
$PUNV,ERR,05,00006,00000*5B
(неправильная контрольная сумма)
$PUNV,ERR,05,00003,00000*5E
(неправильная команда)
```

В ряде случаев при заказе больших партий GPS-приемников необходимо иметь заранее запрограммированные скорость обмена данными и набор NMEA-сообщений, тогда компания Locosys модифицирует свои заводские параметры.

## Заключение

Компания Locosys предлагает широкий спектр встраиваемых GPS-приемников. В статье рассмотрены их особенности и способы настройки приемников на чипсете Atheros AR1511. Отдельное внимание уделено расчету контрольной суммы NMEA-сообщений. На основе проведенного в статье анализа характеристик GPS-приемников можно сделать вывод, что основными критериями выбора приемника являются: количество каналов, интерфейс и скорость передачи данных, чувствительность, время старта, напряжение питания, потребление тока, размер, температурный диапазон, наличие встроеной антенны и усилителя с фильтром.

## Литература

1. Datasheet of UC-1513 (AR1511) GPS module, Locosys Technology Inc., 2009.
2. Specifications for GPS receiver UC-1722 (uN3010), Locosys Technology Inc., 2008.
3. Specifications for GPS receiver LS9548N (uN3010), Locosys Technology Inc., 2008.
4. Datasheet of smart antenna module 20057, Locosys Technology Inc., 2006.
5. Datasheet of MC-1513 (MT3318) GPS module, Locosys Technology Inc., 2006.
6. Datasheet of MC-1513 (MT3329) GPS module, Locosys Technology Inc., 2009.
7. Datasheets of smart antenna module LS2003x/37, Locosys Technology Inc., 2008.
8. Datasheet of smart antenna module LS20035, Locosys Technology Inc., 2006.
9. Datasheet of SC-1513 (SiRF Star III) GPS module, Locosys Technology Inc., 2006.
10. Datasheets of smart antenna module LS2002x/27, Locosys Technology Inc., 2008.
11. Datasheets of smart antenna module LS20025, Locosys Technology Inc., 2006.
12. Datasheet of smart antenna module with flash-memory LS2002L, Locosys Technology Inc., 2008.
13. Datasheets of stand-alone GPS smart antenna module u-Blox5 LS20077/U77, Locosys, Technology Inc., 2008.
14. Orion 3.0 NMEA User Manual. Atheros Communications, March, 2008.