

АВТОНОМНЫЙ КОМПЛЕКС ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВОЙ КООРДИНАЦИИ

М.В. ШИШКИН, В.Г. КОРНИЕНКО

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: lordikpro@mail.ru*

В данной статье рассмотрен комплекс автономного определения местоположения объекта на основе спутниковых систем позиционирования. Произведен сравнительный анализ при выборе используемого микроконтроллера. Подробно расписаны алгоритмы программного обеспечения для микроконтроллеров AVR7 и AVR11, используемых в этом устройстве, а также представлены блок-схемы работы основной и дополнительных программ микроконтроллера для управления устройством; блок-схемы и алгоритмы работы сервера для связи с устройствами, показывающие основные принципы управляющей программы.

Ключевые слова: микропроцессор, система управления, позиционирование, gps, глонасс, трекер, gps-приёмник.

Развитие микроэлектроники и широкое применение ее изделий в промышленном производстве, в устройствах и системах управления самыми разнообразными объектами и процессами является в настоящее время одним из основных направлений научно-технического прогресса.

Использование микроконтроллеров в изделиях не только приводит к повышению технико-экономических показателей (стоимости, надежности, потребляемой мощности, габаритных размеров), но и позволяет сократить время разработки изделий и делает их модифицируемыми, адаптивными.

Использование микроконтроллеров в системах управления обеспечивает достижение высоких показателей эффективности при низкой стоимости.

Микроконтроллеры представляют собой эффективное средство автоматизации разнообразных объектов и процессов. Все это определяет необходимость изучения микропроцессорных систем.

Сегодня в мире множество компаний производит навигаторы и GPS-трекеры, технологи GPS используются в авиастроении, системах сигнализации и автоматизации. Разрабатываемое нами устройство можно отнести к ряду персональных GPS-трекеров, однако оно так же отвечает параметрам

автомобильных и промышленных GPS-трекеров и, после несложной модернизации, может быть использовано в этих отраслях.

Каждый GPS-трекер содержит GPS-приёмник, с помощью которого он определяет свои координаты, а также передатчик на базе GSM, передающий данные по GPRS, SMS или на базе спутниковой связи для отправки их на серверный центр, оснащённый специальным программным обеспечением для спутникового контроля. Кроме GPS-приёмника и передатчика важными техническими элементами трекера является GPS-антенна, которая бывает как внешняя так и встроенная в трекер; аккумуляторная батарея; встроенная память и некоторые другие элементы, внедряемые в зависимости от производителя.

Первоочередная функция устройства – вывод расстояния между двумя сопряженными устройствами на специальный дисплей, расположенный прямо на корпусе. Само же устройство будет реализовано в виде носимого наручного кольца.

Кроме основной функции вывода расстояния, устройство обладает рядом дополнительных функций, частично облегчающих пользователю жизнь. К данным функциям можно отнести часы, будильник, таймер, секундомер, тревожную кнопку SOS, а также оригинальный метод общения под названием «Вибросвязь».

С помощью данного устройства пользователь сможет отслеживать местоположения близких ему людей, своих вещей и любимых животных.

Первая модель устройства представлена в виде носимых колец с разнообразным исполнением дизайна и используемого материала, однако в последствии будут выпущены новые модели различного форм-фактора в виде носимых часов, кулонов и браслетов.

Кроме того, будет произведена модернизация устройства для использования в промышленной сфере, а именно: в станкостроительной промышленности в виде датчика местоположения, в сфере устройств контроля безопасности, видеонаблюдения и прочих отраслях информационной и промышленной индустрии.

Разрабатываемое устройство получает координаты с помощью высокотехнологичных чипов SiRFstar IV и SiRFatlas V, в зависимости от модели устройства. Центральным процессором устройства является процессор ARM 7 или ARM11. Эти GPS-чипы и процессоры используются в таких известных нам устройствах, как iPhone, iPod, телефоны Motorola, Samsung, Nokia, видеокарты NVIDIA и прочих передовых устройствах [3].

Для оптимальной работы устройства необходимо наличие ряда определенных факторов:

1. SIM-карта формата nano-SIM.
2. Сигнал сотовой сети местного оператора.
3. Сигнал с одной из нескольких спутниковых систем позиционирования.

Для достижения последнего пункта совсем не обязательно находится на открытой местности или же вне подвалов и подземных помещений. Используемый в устройстве микропроцессор ARM7 обладает порогом чувствительности 164dB, что позволяет получать сигнал со спутника внутри зданий, в гористой местности и даже в подземных помещениях [4].

Полученные от GPS модуля координаты преобразуются микропроцессором в сообщение и отсылаются на сервер посредством СМС либо же через протокол TCP/IP [1].

После обработки сигнала сервер отправляет на устройство ответное сообщение с необходимой информацией, коей является искомое нами расстояние между двумя взаимосвязанными устройствами.

Кроме всего этого, сложная управляющая логика устройства позволяет задействовать некоторые дополнительные функции и подпрограммы, которые можно вызвать определенной комбинацией нажатия клавиш.

В зависимости от работающей подпрограммы и необходимых параметров, микропроцессор составит сообщение нестандартного кода, включающее в себя управляющие команды исполняемых подпрограмм. Таким образом осуществляется обмен информацией между двумя взаимосвязанными

устройствами через сервер, который в свою очередь обрабатывает входящую информацию и производит необходимые расчеты [2].

Кроме того, следует заметить, что устройство может отслеживать обновление программного обеспечения и, при наличии такового на сервере, производить автоматическое обновление.

Несмотря на малые размеры устройства, оно является полностью автономным в плане энергопотребления.

Для решения проблемы энергопитания было решено оснастить устройство солнечной батареей высокой мощности, уникальной технологией Wysips (WhatYouSeeIsPhotovoltaicSurface), термоэлектрогенератором, получающим электричество от тепла тела, а также электрокинетическими двигателями, которые будут преобразовывать энергию качения в электричество.

Однако, если солнечной батареей уже вряд ли можно кого-либо удивить, то уникальная технология Wysips (WhatYouSeeIsPhotovoltaicSurface), разработанная французской компанией SunpartnerTechnologies впервые появляется на мировом рынке. Суть этой технологии состоит в нанесении непосредственно на дисплей мобильных устройств специального прозрачного материала WysipsCrystal, позволяющего извлекать энергию как из природного солнечного света, так и из искусственного. Тонкий и прозрачный элемент, размещенный между жидкокристаллическим экраном и защитным стеклом, является невидимым для невооруженного глаза. Однако он преобразует энергию фотонов в электрическую энергию и может подпитывать батарею, обеспечивая практически непрерывный процесс зарядки.

Кроме этого, внутри устройства расположены четыре электрокинетических двигателя, позволяющих получать электрическую энергию путём преобразования кинетической энергии качения руки.

В довершение ко всему в устройстве будет реализован термоэлектрогенератор, преобразующий энергию тепла человеческой руки в электричество.

Для управления получаемой энергией, её распределением и аккумулярованием в устройстве установлен модуль управления питанием (МУП) и высокоёмкостный микроаккумулятор.

Однако существует также возможность зарядки устройства от обычной электрической сети напряжением 220В с помощью беспроводного зарядного устройства, работающего по стандарту Qi.

Qi ("Ци") — стандарт, разработанный Консорциумом беспроводной электромагнитной энергии (WirelessPowerConsortium, WPC) для индукционной передачи энергии на расстояние до 4см. Аппаратура Qi включает в себя пластину передатчика и совместимый приёмник в подключаемом устройстве. При использовании подключаемое устройство размещают на пластине передатчика. Зарядка происходит посредством индукционной передачи энергии как, например, в трансформаторах.

Таким образом, разрабатываемое устройство является полностью автономным в плане энергопотребления и не нуждается в замене батарей или же аккумуляторов. Однако даже если все вышеперечисленные источники альтернативной энергии выйдут из строя, его всегда можно будет подзарядить с помощью беспроводного зарядного устройства от электросети.

Серверная часть устройства представляет собой физический сервер, принимающий от устройств сообщения с координатами и командами работающих подпрограмм. Сервер хранит в себе несколько баз данных, в которые записывается вся информация по авторизации устройств на сервере, а также копии принятых и отправленных сообщений. Полученные от взаимосвязанных устройств координаты сервер обрабатывает по специальному алгоритму и вычисляет между ними расстояние. Найденное расстояние сервер преобразует в понятный для устройства вид и отправляет его в качестве ответного сообщения. Если устройство отправляет сообщения нестандартного типа, а именно: сообщения авторизации или же сообщения, связанные с работой подпрограмм, сервер преобразует их согласно заданным инструкциям [3].

Кроме того, на сервере хранится программное обеспечение для устройств, и, если на сервере есть более новая версия программного обеспечения, нежели на устройстве, то сервер оповестит об этом устройство и устройство обновит программное обеспечение.

Для обеспечения корректной работы с большим количеством устройств, сервер должен обладать большой скоростью передачи данных, а также высокой вычислительной мощностью и высокой многозадачностью [2].

Кроме того, пользователь может пройти несложную авторизацию устройства на сайте сервера, после чего возможно управление устройством прямо с сервера.

Таким образом, сервер является незаменимой частью в работе данного устройства и, по сути, берет на себя всю вычислительную и прочую нагрузку, связанную с расчетами и обменом информации.

В настоящее время значимыми являются несколько семейств процессоров ARM:

- ARM7 (с тактовой частотой до 60-72 МГц), предназначенные, например, для недорогих мобильных телефонов и встраиваемых решений средней производительности. В настоящее время активно вытесняется новым семейством Cortex.

- ARM9, ARM11 (с частотами до 1 ГГц) для продвинутых телефонов, карманных компьютеров и встраиваемых решений высокой производительности.

- Cortex A — новое семейство процессоров на смену ARM9 и ARM11.

- Cortex M — новое семейство процессоров на смену ARM7, также призванное занять новую для ARM нишу встраиваемых решений низкой производительности. В семействе присутствуют три значимых ядра: Cortex M0, Cortex M3 и Cortex M4.

В 2016 году производитель анонсировал процессоры Cortex-A15 под кодовым названием Eagle, ARM утверждает, что ядро Cortex A15 на 40 процентов производительнее на той же частоте, чем ядро Cortex-A9 при

одинаковом числе ядер на чипе. Изделие, изготовленное по 28-нанометровому техпроцессу, имеет 4 ядра, может функционировать на частоте до 2,5 ГГц и будет поддерживаться многими современными операционными системами.

ARM 7 — процессорное ядро серии ARM, пришедший на смену ARM6.

Это целочисленное 32 разрядное RISC ядро, имеющее быстродействие до 130 млн. оп/сек.

Имеет несколько модификаций — ARM7TDMI, ARM7TDMI-S, ARM7EJ-S, ARM720T, ARM740T.

Первое — базовое, остальные отличаются наличием DSP и Jazelle расширений(ARM7EJ-S), модулем управления памятью (ARM720T) или модулем защиты памяти (ARM740T).

Ядро имеет фон-неймановскую архитектуру с общей памятью команд и данных. Более новые ядра реализуют гарвардскую архитектуру с отдельной кэш-памятью команд и данных, показанную на рисунках 1 и 2 [3].

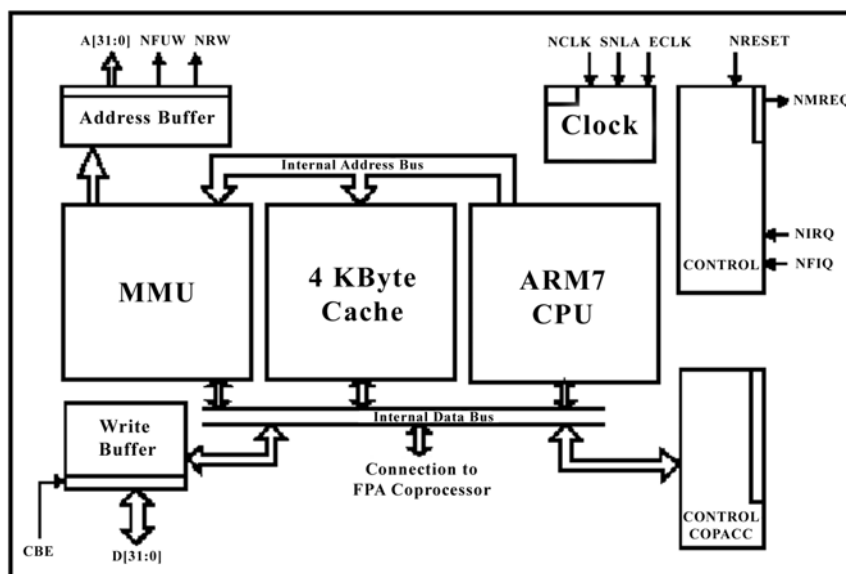


Рисунок 1 - Блок-схема ядра ARM7

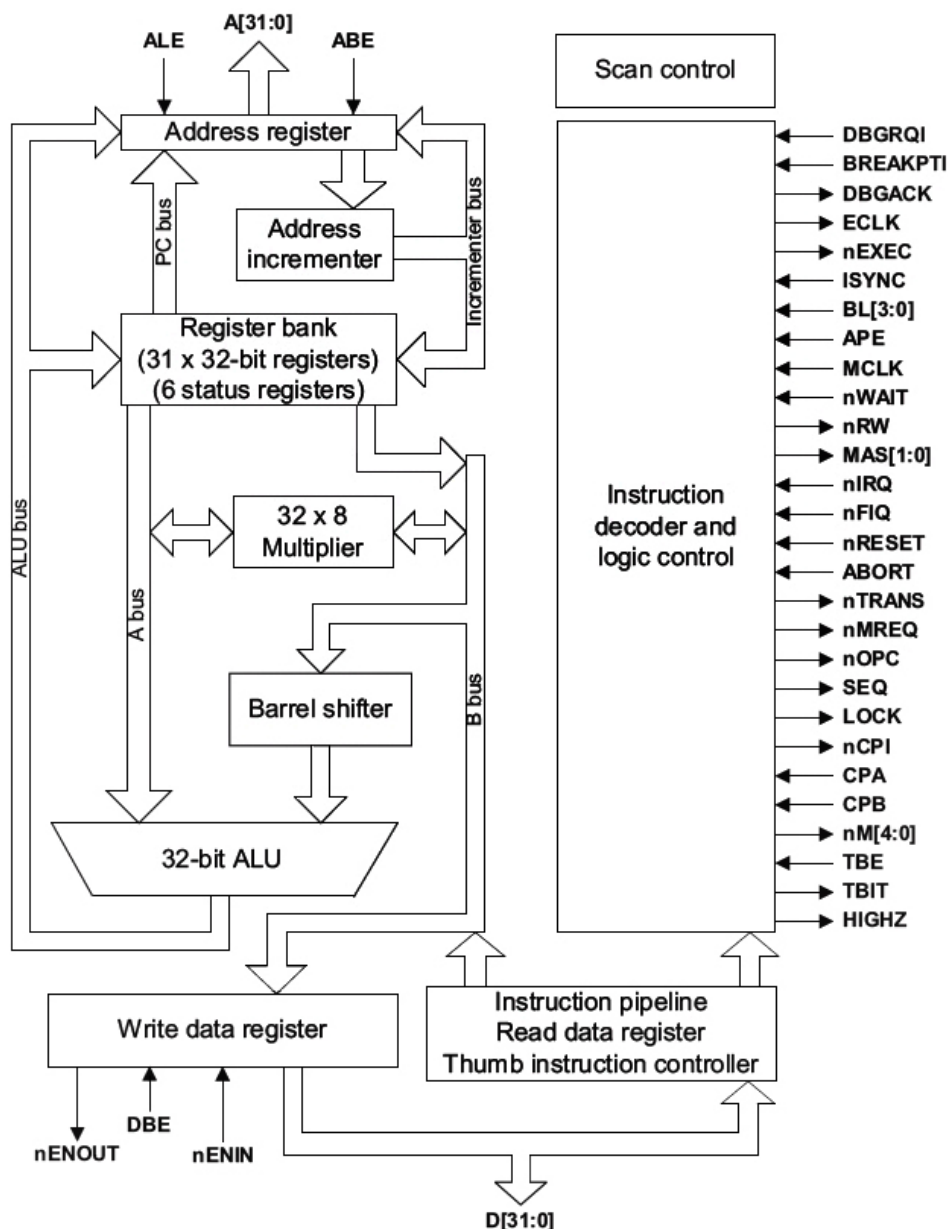


Рисунок 2 – Архитектура ядра ARM7

ARM11 — семейство процессоров 32-битной СЖК архитектуры ARM, представленное 29 апреля 2002 года и использующее набор команд ARMv6.

Скорость вычислений одного ядра на частоте 1 ГГц составляет до 1238 Dhrystone MIPS. Характеризуется низким энергопотреблением (0,6 мВт/МГц при напряжении питания 1,2 В).

Процессор имеет 8-стадийный (9-стадийный для ARM1156T2(F)-S) однопутный целочисленный вычислительный конвейер с 64-битным трактом, ограниченным внеочередным исполнением команд (в основном загрузки из

памяти), предсказанием ветвлений. Кэш L1 имеет латентность в 2 такта, размер строки в 32 байта, четырёхпутную ассоциативность и ширину шины в 64 бита.

Многопроцессорная архитектура с использованием 4-х процессоров ARM11 представлена на рисунке 3.

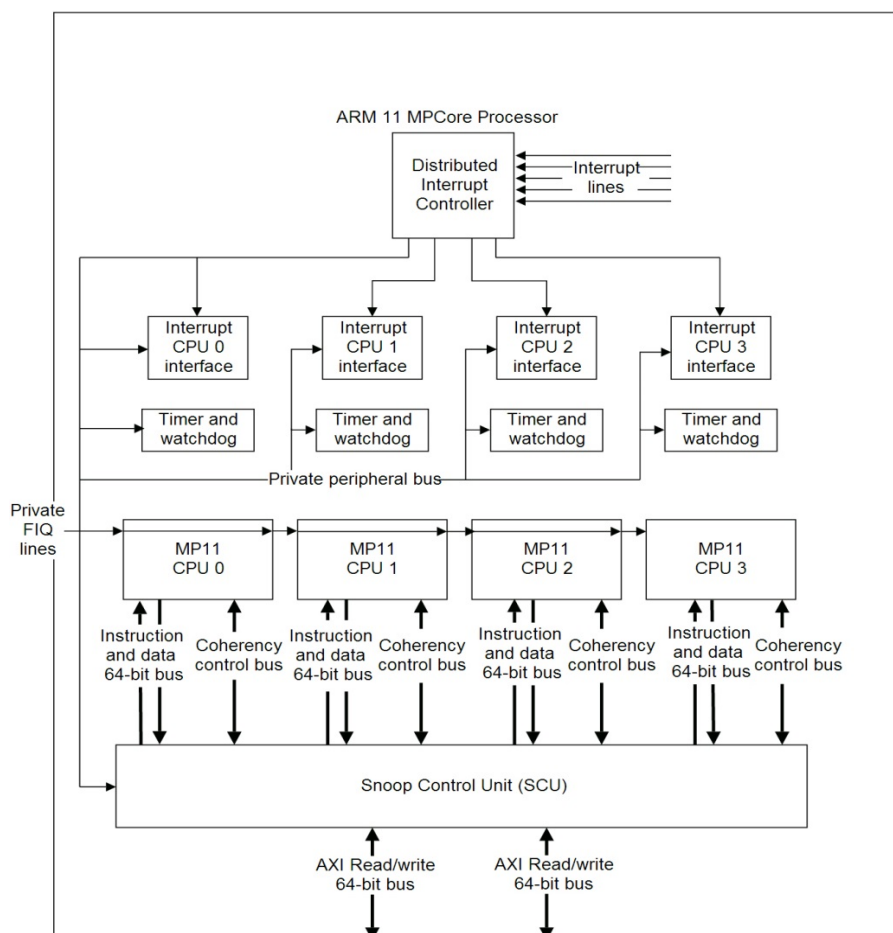


Рисунок 3 – Многопроцессорная архитектура с использованием 4-х процессоров ARM11

Для написания УП к процессорам AVR7 и AVR11 можно использовать несколько языков программирования.

Кроме Ассемблера и языков семейства C также используется HEX код. Для наглядности и удобства будем писать УП на C++.

Из всех возможных программ для программирования AVR процессоров наибольшим удобством пользуется AVRStudio. Используем версию AVRStudio 4 v4.16 и программный пакет WinAVR, включающий в себя кросс-компилятор и инструменты разработки для микроконтроллеров серий AVR и AVR32.

В качестве необходимой литературы воспользуемся самоучителем разработчика устройств на микроконтроллерах AVR.

В полностью выключенном состоянии единственная функция, выполняемая устройством – это подсчёт времени. Все же остальные функции, как непосредственно важные, так и второстепенные, отключены.

Устройство имеет основную УП, основанную на получении координат местоположения посредством спутниковой навигации и ряд дополнительных подпрограмм, расширяющих его функциональные возможности.

К списку функциональных подпрограмм относятся:

- Подпрограмма «SOS»;
- Подпрограмма «ЧАСЫ»;
- Подпрограмма «Привет»;
- Подпрограмма «Будильник»;
- Подпрограмма «Таймер»;

Рассмотрим алгоритмы работы имеющихся в устройстве подпрограмм.

К системным подпрограммам устройства относятся:

- Подпрограммы приёма и передачи сообщения;
- Подпрограмма взаимодействия по протоколу TCP/IP и посредством сотовой связи;
- Прочие небольшие подпрограммы.

Устройство получает координаты от GPS-приемника в виде:

« 45°2'35.8512"N 38°58'35.4108"E »

Где:

45°2'35.8512"N - северная широта устройства

38°58'35.4108"E - восточная долгота устройства

Положительные знаки координат представляются (в большинстве случаев опускаемым) знаком «+», либо буквами: «N» — северная широта и «E» — восточная долгота.

Отрицательные знаки координат представляются либо знаком «-», либо буквами: «S» — южная широта и «W» — западная долгота. Буквы могут стоять как впереди, так и сзади.

Согласно трёхмерной системе координат для позиционирования на Земле WGS 84, используем два основных типа записи полученных координат.

Тип 1: запись координат в ° градусах, ' минутах и " секундах с десятичной дробью (исторически сложившаяся форма записи). Пример записи:

« 45°2'35.8512"N 38°58'35.4108"E »

Для записи данного типа координат и их дальнейшей передачи на сервер, устройству необходимо будет преобразовать с упрощением знаков, а именно: знаки ° градусов, ' минут и " секунд заменяются на знак точки «.». Разделение между координатами также заменяем знаком точки. Тогда получим запись вида:

«45.2.35.8512.N.38.58.35.4108.E»

Сервер же, со своей стороны, преобразует запись в привычный вид и занесет её в БД.

Буквы «N», «E», «S», «W» помогают серверу определиться, к какой части полушария необходимо отнести данную координату и обозначают северную широту, восточную долготу, южную широту и западную долготу соответственно.

Тип 2: запись координат в ° градусах в виде десятичной дроби (современный вариант)

Для этого необходимо перевести координаты в ° градусах, ' минутах и " секундах с десятичной дробью в ° градусы. Для этого следует учесть, что $1^\circ = 60'$ минутам, $1'$ минута = $60''$ секундам. В качестве примера перевода используем северную широту «45°2'35.8512"». Тогда алгоритм для пересчёта из координат в ° градусах, ' минутах и " секундах с десятичной дробью в координаты в ° градусах примет вид:

1.) Переводим секунды в градусы:

Для этого $35.8512''$ разделим дважды на 60.

$$(35.8512":60):60=0.009958667^\circ$$

2.) Переводим минуты в градусы:

Для этого 2' разделим на 60.

$$2':60=0.033333333^\circ$$

3.) Суммируем полученные после преобразований в пунктах 1 и 2 значения с имеющимся значением градусов:

$$45^\circ+0.033333333^\circ+ 0.009958667^\circ=45.043292^\circ$$

Вновь проведя все вышеперечисленные преобразования, получим значение восточной долготы в градусах, которое равняется 38.976503° .

В итоге путем вышеназванных математических преобразований получаем второй тип записи координат:

$$45.043292^\circ \quad 38.976503^\circ$$

Преобразуем координаты для передачи на сервер. Для этого исключим знак $^\circ$ и припишем к концу каждой координаты соответствующее обозначение широты и долготы, в данном случае это буквы N и E. В качестве разделителя используем знак точки. Получим:

$$\langle\langle 45.043292.N.38.976503.E \rangle\rangle$$

Научная же новизна устройства заключается в абсолютно новых конструктивных особенностях, а также в значительном расширении функциональности. Кроме того, рассмотренное устройство является полностью автономным в плане энергопотребления и не имеет аналогов в мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корниенко В.Г. и др. «Микропроцессорные системы управления». – Краснодар.: Издательство ГОУ ВПО «КубГТУ», 2004. – 213 с.
2. Кузьмин А.В. «Основы построения систем ЧПУ». – Старый Оскол.: Издательство «Мир», 2008. – 199 с.
3. Белов А. В. «Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR». – Москва.: Издательство «Наука и техника», 2008. – 532 с.

4. Белов А. В. «Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR 2-е издание». – Москва.: Издательство «Наука и техника», 2010. – 528 с.

REFERENCES

1. Kornienko V.G. i dr. «Mikroprotsessornye sistemy upravleniya». – Krasnodar.: Izdatelstvo GOU VPO «KubGTU», 2004. – 213 s.

2. Kuzmin A.V. «Osnovy postroeniya sistem ChPU». – Staryy Oskol.: Izdatelstvo «Mir», 2008. – 199 s.

3. Belov A. V. «Samouchitel razrabotchika ustroystv na mikrokontrollerakh AVR». – Moskva.: Izdatelstvo «Nauka i tekhnika», 2008. – 532 s.

4. Belov A. V. «Samouchitel razrabotchika ustroystv na mikrokontrollerakh AVR 2-e izdanie». – Moskva.: Izdatelstvo «Nauka i tekhnika», 2010. – 528 s.

AUTONOMOUS COMPLEX OBJECT POSITIONING BY SATELLITE COORDINATION

M.V. SHISHKIN, V.G. KORNIENKO

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: lordikpro@mail.ru*

This article describes a set of autonomous positioning the object on the basis of satellite positioning systems. A comparative analysis in the selection of the microcontroller used. Details painted software and algorithms for AVR7 AVR11 microcontrollers used in this device, and are flowcharts basic operation and optional software of the microcontroller for controlling the device; flowcharts and algorithms for the server to communicate with the device, showing the basic principles of the control program.

Key words: microprocessor control system, positioning, gps, GLONASS, tracker, gps-receiver.