

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА НА ARM-ЯДРЕ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ*

В статье рассматриваются установки по преобразованию энергии ветра. Описан разработанный ARM-микроконтроллер для системы контроля и мониторинга параметров.

The paper deals with a plant for wind energy. The article describes the ARM-microcontroller designed for the control and monitoring parameters system.

Введение

Ветер – неограниченный ресурс для производства электроэнергии. Он есть везде, возобновляем, экологически чист.

Постоянно растущие потребности человечества в энергии удовлетворяются сегодня в основном за счет переработки традиционного топлива. Количество этого топлива ограничено, и, как следствие, мир уже сегодня стоит на пороге серьезной энергетической проблемы. Запасы традиционных источников энергии однажды будут исчерпаны, и этот факт заставляет вести активные поиски альтернативных (возобновляемых) источников энергии [1].

Конечно, ветер не является панацеей, и одна лишь ветроэнергетика не спасет мир от энергетического кризиса, но перспективы развития данного направления исследований многообещающи.

В настоящее время основной сдерживающий фактор для повсеместного применения ветроэнергетических установок – высокая стоимость получаемого киловатт-часа. Основными факторами, приводящими к удорожанию энергии, получаемой от ветрогенераторов, являются [2, 3]:

1. Необходимость получения электроэнергии промышленного качества (~220В, 50 Гц), для чего используют дорогой инвертор.
2. Необходимость обеспечения автономной работы системы в течение некоторого времени, для чего применяют аккумуляторы.
3. Необходимость резервного (при отсутствии ветра), надежного, бесперебойного и длительного обеспечения потребителей энергией, для чего в состав системы включают дизель-генераторы.

В настоящее время экономически целесообразно получать с помощью ветрогенераторов не электрическую энергию промышленного стандарта, а постоянный или переменный ток с последующим преобразованием его с помощью ТЭНов в тепло. Такая схема может быть использована не только для территориально удаленных объектов без постоянного энергоснабжения, но и просто для локального обогрева жилья и обеспечения горячего водоснабжения. Эта схема имеет несколько объективных преимуществ [4], связанных со следующими факторами:

- 1) отопление – основная статья энергозатрат любого дома в северной части России;
- 2) схема ветрогенератора и управляющей автоматики может быть кардинально упрощена и в простейшем случае построена на нескольких тепловых реле;

* Работа выполнена в СКБ АмГУ «АиР».

3) в качестве аккумулятора энергии для отопления и горячего водоснабжения можно использовать обычный бойлер с водой;

4) требования к тепловой энергии не так жестки, как к электроэнергии. Здесь нет необходимости в полной бесперебойности снабжения, а диапазон отклонений допустим в широком пределе (19-25°C для температуры воздуха в помещениях и 40-97°C – в системах горячего водоснабжения) [4, 5].

Объект автоматизации

Ветроэнергетическая установка ВЭУ 500. Укрощение стихии ветра производится с помощью ветроэлектрической установки ВЭУ-500М. Она предназначена для использования в качестве автономного источника электроэнергии и может работать как в буферном режиме с аккумуляторной батареей для питания электроприборов постоянного тока напряжением 24В, мощностью до 500Вт, так и в режиме без аккумуляторной батареи. Технические характеристики представлены в табл. 1 [6]

Таблица 1

Технические характеристики

Параметр	Значение
Мощность, кВт (максимальная)	0.5
Расчетная скорость ветра, м/с	10
Рабочий диапазон скоростей ветра, м/с	3-25
Диапазон напряжений постоянного тока, В	19-30
Диапазон выходного напряжения генератора при номинальной нагрузке, В	24-30
Допустимая мощность нагрузки по постоянному току при емкости аккумуляторной батареи 300 Ач, Вт (максимальная)	500
Габаритные размеры, высота (в зависимости от длины мачты)	5.4-6.0
Диаметр ветроколеса	2.2
Масса установки без мачты, кг (максимальная)	60
Число лопастей	3
Средний срок службы, лет (минимальный)	7
Высота мачты, м	4.5
Рекомендуемая емкость аккумуляторной батареи, А·ч	190

Установка имеет устройство ограничения мощности при скоростях ветра от 12 до 25 м/сек и устройство ограничения закрутки кабеля с пружинным стопором. Трехфазный синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов не имеет коллектора. Выходное напряжение не регулируется и зависит от частоты вращения и мощности нагрузки.

Совместно с установкой можно использовать преобразователь напряжения 24/220В, 50 Гц для питания нагрузок переменного тока.

Проблемы управления. Отдельно взятая ветроэнергетическая установка данного типа пригодна только для генерирования электроэнергии. Все усложняется, когда появляются задачи [7, 8]:

- 1) генерирование энергии промышленного стандарта и ее накопление;
- 2) управление нагрузкой для решения задач оптимального распределения энергии;

3) сопряжение системы с верхним уровнем для решения задач анализа и расчета параметров при обосновании энергоэффективности (для научных задач).

Структурная схема соединения всех элементов в ветроустановке может быть представлена в виде рис. 1.

Здесь блок управления (БУ) контролирует работу всей системы: перераспределяет генерируемую энергию с генератора (ГЕН) между аккумуляторной батареей (АКБ), внешней (НАГР) и балластной (ТЭН) нагрузками в зависимости от степени заряда аккумулятора и от мощности внешней нагрузки.

Задачи автоматизации. Цель автоматизации – разработка микроконтроллерной

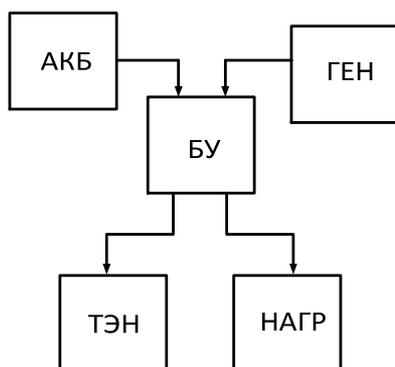


Рис. 1. Структурная схема соединения элементов в ветроустановке:

АКБ – аккумуляторная батарея; ГЕН – трехфазный синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов; БУ – блок управления; ТЭН – балластная нагрузка; НАГР – внешняя нагрузка.

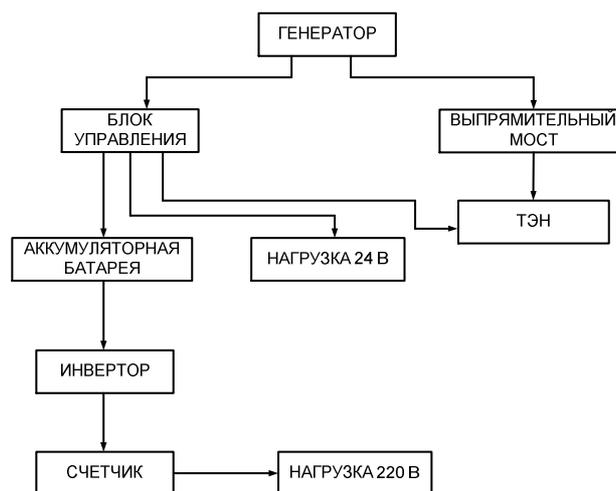


Рис. 2. Структура проектируемой системы.

автоматизированной системы сбора данных и управления, обладающей также возможностью сопряжения с верхним уровнем (персональным компьютером) для выполнения научно-практических задач анализа и расчета параметров, обеспечении энергоэффективности и пр. [9].

Задачи автоматизации – разработать систему сбора данных о скорости ветра, оборотах генератора, напряжении генератора, заряде аккумулятора, выработке электроэнергии; разработать систему регулирования электрической нагрузкой для поддержания заряда аккумулятора.

Таким образом, с учетом поставленных задач можно представить структурную схему проектируемой системы в виде рис. 2.

Генератор имеет на выходе напряжение до 30В, в зависимости от скорости ветра, максимальный ток – 20 А. Блок управления преобразует напряжение и ток с генератора в необходимый вид с помощью контроллера для зарядки аккумуляторной батареи (при полной зарядке батареи производится подключение внешней нагрузки). Балластная нагрузка 24В (ТЭНы) подключается при превышении заданного напряжения на батарее и служит также для торможения генератора и регулирования его оборотов. Блок аккумуляторных батарей накапливает энергию и отдает ее в сеть через инвертор. Минимальное входное напряжение на инверторе 23В, максимальное – 29В. В идеале, контроллер должен подавать это напряжение, отбирая у генератора максимально возможный ток, но при этом, не давая ему уйти из оптимальных оборотов и остановиться.

Технические решения

Ввиду тенденции перевода устройств на микропроцессорную логику, вполне объяснимым станет факт использования в качестве основного элемента системы контроля и управления именно микроконтроллера. Ни для кого не секрет, что рынок буквально пестрит разнообразными устройствами подобного рода. Весьма перспективной разработкой последнего времени является так называемое ARM-ядро (Advanced RISC Machine).

Как такового микроконтроллера ARM нет, есть контроллер с ядром ARM. Типов и марок таких устройств существует огромное множество, но различаются они незначительно. Общее ядро гарантирует, что программные коды с контроллера фирмы STM можно будет перекомпилировать, например, под контроллер фирмы NXP, и он будет работоспособен.

Обоснования выбора микроконтроллера. Приведем основные преимущества предлагаемого к использованию ARM-микроконтроллера.

1. Ценовая политика производителей настолько агрессивна, что ARM начинает вторгаться в нишу, которую плотно занимают простейшие 8-разрядные микроконтроллеры.

2. Тактовые частоты у ARM, даже у слабых моделей, достигают 70МГц, при том, что на операцию им требуется тот же такт, что и обычным микроконтроллерам.

3. Имеется большой объем флэш- и оперативной памяти, а 32-разрядная архитектура позволяет быстрее проводить обсчет больших чисел и обеспечивает плоскую 4Гб адресацию для всех элементов системы.

4. Имеется большое число интегрированных в корпус периферийных модулей: UART, SPI, USB (аппаратный + хост) и Ethernet, причем многие из них не в единственном экземпляре.

5. Высокая степень интеграции элементов, как следствие корпус малых размеров, малое энергопотребление и тепловыделение.

В качестве центрального элемента системы был выбран микроконтроллер производителя Philips Semiconductors (NXP) LPC2103. Данное устройство состоит из ARM7TDMI-S центрального процессора с поддержкой эмуляции, обладает высокой производительностью и низким энергопотреблением. Краткие технические характеристики представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики LPC2103

Память программ, Кб	32
ОЗУ данных, Кб	8
Частота, МГц	70
Порты ввода/вывода, линий	32
Интерфейсы	2xUSART, 2xI2C, 2xSPI
Число каналов АЦП (10 бит)	8
Напряжение ядра, В	1,8
Напряжение для каналов ввода-вывода, В	3,3
Число таймеров	6
Тип корпуса	LQFP48

Проектирование системы. Помимо микроконтроллера, в состав системы для ветроэнергетической установки войдут элементы сопряжения, коммутации, индикации и управления. Учитывая структурную схему (рис. 2), проведем разработку основных структурных частей с точки зрения решения поставленных задач.

Коммутацию силовых цепей осуществим с помощью MOSFET (Метал Оксид Полупроводник Полевой Транзистор). Схема соединения MOSFET транзисторов и системы может быть представлена в виде рис. 3.

Транзисторы, входящие в состав системы, настраиваются на работу в режиме ШИМ. Данная возможность обеспечивается тем, что форма управляющего сигнала МОП зависит от режима его

работы. При этом будет формироваться сигнал одного уровня, однако отдельные взятые импульсы будут иметь разную площадь, в зависимости от скорости вращения генератора, т.е. от частоты, что нам и требуется.

Использование ШИМ-модуляции в данном случае предпочтительнее простого использования биполярного транзистора, который эффективно работает только в крайних положениях – включено и выключено. Все отличные от этого состояния режимы биполярного транзистора малоэффективны, возникают большие тепловые потери, а вследствие этого – малый КПД. Полевой транзистор работает подобно биполярному транзистору: слабым сигналом на затворе обеспечивается управление мощным потоком через канал. Но в отличие от биполярных транзисторов тут управление идет не током, а

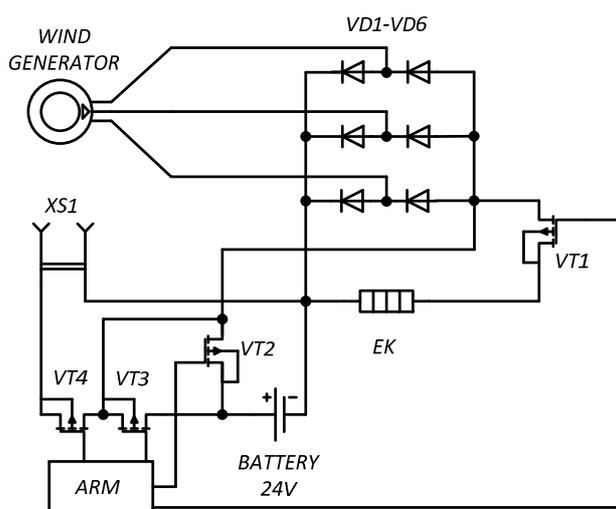


Рис. 3. Концептуальная схема:

WIND GENERATOR – ветрогенератор; VD1-VD6 – диоды, соединенные по схеме моста Ларионова; VT1-VT4 – МОП-транзисторы; EK – нагрузка в виде ТЭН; BATTERY 24V – аккумуляторные батареи; XS1 – внешняя нагрузка; ARM – микроконтроллер.

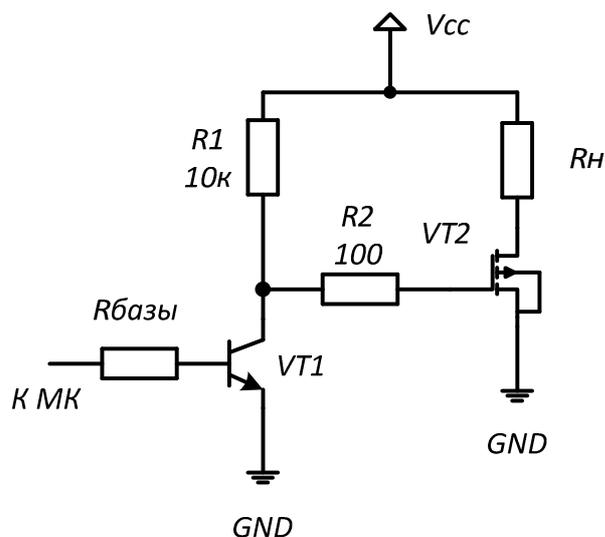


Рис. 4. Схема сопряжения.

напряжением.

В силу конструкции МОП невозможно частично приоткрыть переход, возможны два состояния: либо 1, либо 0. Для управления этим режимом как раз и применен ШИМ, где благодаря огромному количеству импульсов в единицу времени можно принять, что переход приоткрывается (закрывается) частично.

Одной из проблем состыковки MOSFET-транзистора и микроконтроллера является то, что для полноценного открытия до полного насыщения ему нужно подать на затвор довольно большое напряжение. Обычно это около 10В. Микроконтроллер может выдать максимум 5 В, а в случае с ARM – 3,3 В. Для обеспечения сопряжения ARM и схемы коммутации используем схему, представленную на рис. 4 [10].

Все другие соединения и подключения устройств в разрабатываемой системе являются общепринятыми. Полная схема микроконтроллерной системы на ARM-ядре для ветроэнергетической установки, включающей 4 контура ШИМ, систему сопряжения с верхним уровнем (ПК), схему индикации на жидкокристаллическом индикаторе, представлена на рис. 5.

Алгоритм работы системы. Синусоидальный сигнал цепи генератора (WIND GENERATOR) выпрямляется посредством диодного моста VD4-VD10. Далее ШИМ подает сигнал управления на затвор МОП VT5, который, в свою очередь, дозирует количество сбрасываемой электроэнергии на ТЭН ЕК. По схожему принципу работают остальные три контура. Транзистор VT8 управляет зарядом АКБ. Транзистор VT6 подключает внешнюю нагрузку, а транзистор VT7 связующий, делает возможным подключение внешней нагрузки от АКБ.

Для контроля распределения потоков электроэнергии к системе предусматривается подключение датчиков – таких как силы тока, напряжения, частоты. При этом блок управления принимает решения согласно загруженным алгоритмам и показаниям датчиков, он не только считывает их, но и пересылает в сеть.

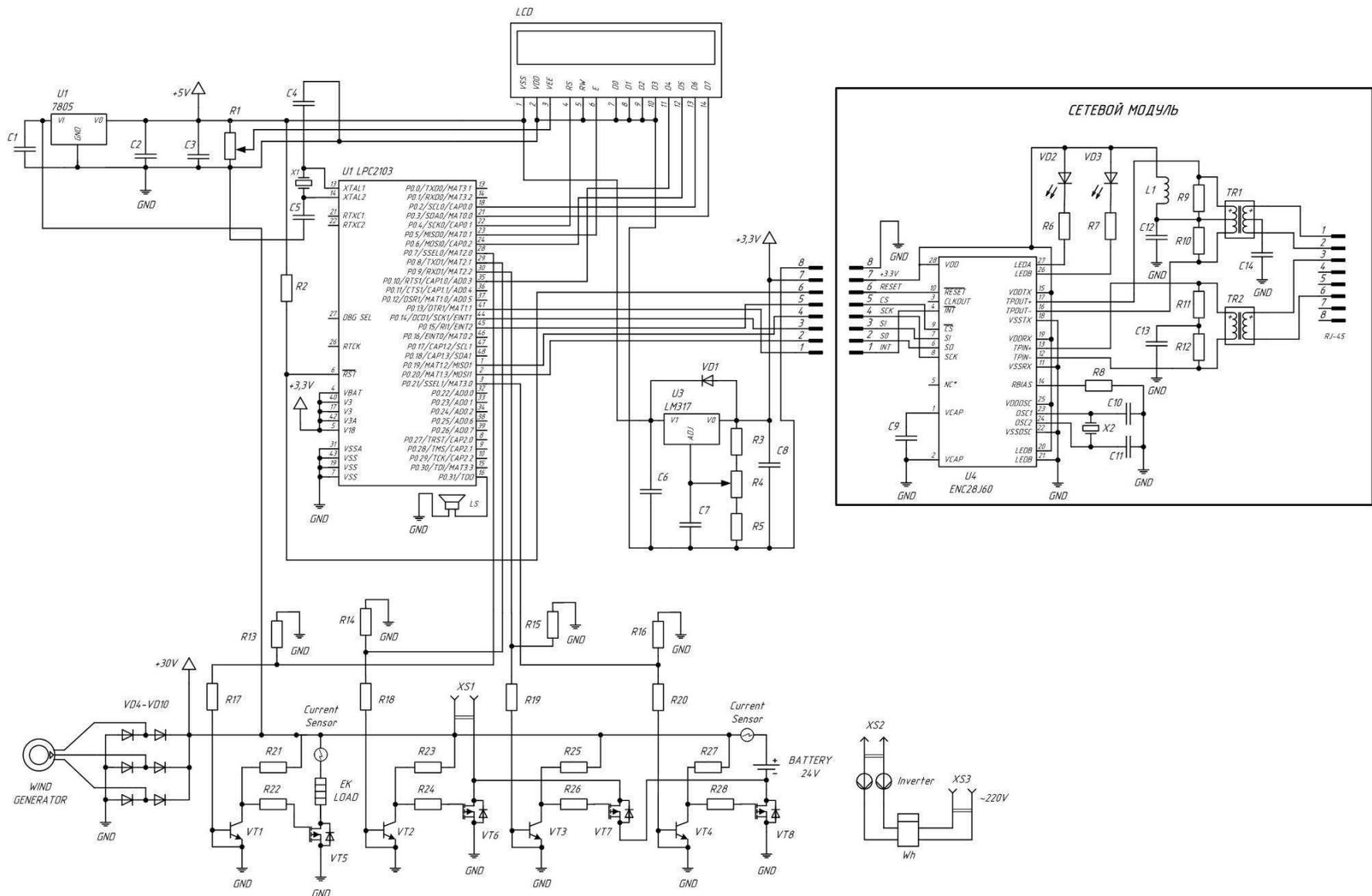


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная.

Сопряжение с верхним уровнем (ПК) реализуется посредством Ethernet (микросхема ENC28J60 компании Microchip). Для связи с хост-устройством реализован интерфейс SPI. При этом в спроектированной системе имеется возможность поддержки одного из наиболее востребованных протоколов верхнего уровня передачи информации.

Заключение

Полученная система позволяет производить автоматизированный контроль и регулирование параметров ветроустановки ВЭУ-500. Разработка проведена с привлечением самых современных средств микропроцессорной техники, обладает большими перспективами в плане практического использования и может быть применена для научных изысканий.

-
1. Безруких, П.П. Экономические проблемы нетрадиционной энергетики // Энергия: Экономика, технология, экология. – 1995. – № 8.
 2. Новости электротехники // www.news.elteh.ru (дата обращения 4.11.11).
 3. Дьяков, А.Ф., Прокуроров, Н.С., Перминов, Э.М. Калмыцкая опытная ветровая электростанция // Электрические станции. – 1995. – № 2.
 4. Логинов, В.Б., Новак, Ю.И. Высокоэффективные ветроэнергетические установки // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1995. – № 1.
 5. Независимый ресурс о существующих возможностях практического использования альтернативных и экологически чистых источников энергии // <http://eko.112s.ru> (дата обращения 1.11.11).
 6. Руководство по эксплуатации, УВЭ – 500М/24 – 2.2.
 7. Сайт альтернативной энергетики // energy-1.ucoz.ru (дата обращения 7.11.11).
 8. Соболев, Я.Г. «Ветроэнергетика» в условиях рынка (1992-1995 гг.) // Энергия: Экономика, технология, экология. – 1995. – № 11.
 9. Средства и системы компьютерной автоматизации // www.asutp.ru (дата обращения 4.11.11).
 10. Сайт «Электроника для всех» // easyelectronics.ru (дата обращения 2.02.12).