

Новые интегральные решения для разработки сборщиков энергии из окружающей среды

Е.С. Синютин

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье рассматривается актуальность проблемы перехода на источники питания не требующие обслуживания, в частности для беспроводных датчиков биофизиологических и иных типов сигналов. В качестве пути решения проблемы приводится процесс сбора энергии из окружающей среды. Представлен ряд электронных компонентов, выпускаемых серийно различными фирмами-производителями, для разработки устройств, питающихся от сборщиков энергии. Показано, что в настоящее время наблюдается высокий темп развития интегральных решений для построения сборщиков энергии различного типа.

Ключевые слова: беспроводной датчик, сборщик энергии, интегральное решение, энергопотребление, биофизиологический сигнал

В последнее время основной проблемой создания энергоэффективных устройств (датчиков биосигналов, датчиков промышленного назначения, и т.п.) является не чрезмерное энергопотребление электронных компонентов (современные высокопроизводительные микроконтроллеры способны работать в активном режиме с током потребления не больше 1-2 мА), а необходимость использовать аккумуляторные батареи. Основными недостатками аккумуляторных батарей являются:

- необходимость регулярно подзаряжать батарею;
- наличие саморазряда;
- ограничение количества циклов заряд-разряд.

Необходимость регулярного заряда батареи для случая распределенных датчиковых систем (например, так называемая «умная» одежда) [1,2] приводит к резкому снижению эргономики системы. Так если рассматривать «умный» костюм, содержащий 20 датчиков биосигналов, каждый из которых имеет на борту индивидуальный химический источник питания и среднее время заряда аккумулятора (около 1-2 часов), то пользователь такого

костюма будет вынужден либо купить 20 зарядных устройств, либо тратить почти целые сутки, подзаряжая каждый датчик в отдельности. Ограничение количества циклов заряд-разряд также сильно повлияет на стоимость эксплуатации подобных систем, либо датчики придется делать исключительно дешевыми (сравнимыми по цене с самим элементом питания).

Кроме датчиков биосигналов проблема источников питания также важна в промышленной сфере применения. Например, для распределенных систем с большим количеством узлов, покрывающих большие площади. Это могут быть интеллектуальные системы мониторинга протяженных объектов, таких как железная дорога [3]. В таких системах большой процент стоимости аппаратных средств составляют кабельные соединения, поэтому установка беспроводных датчиков является перспективным решением, снижающим общую стоимость системы и ее обслуживания.

Одним из путей решения проблемы накопления энергии распределенными датчиковыми системами может стать сбор энергии из окружающей среды.

Под сбором энергии из окружающей среды понимают преобразование энергии потерь при работе устройств (выделение тепла, света, электромагнитных помех) и свободной энергии генерируемой природой (солнечный свет, ветер, градиенты температуры), в полезную электрическую энергию [4].

Основными проблемами при использовании свободной энергии являются ее малые величины и невозможность предсказания стабильности ее поступления. Поэтому для использования ее источника в паре с накопителем энергии (суперконденсатором или аккумулятором) применяется электронный узел преобразования.

Под преобразователем понимается схема мостового выпрямителя с низкими потерями, за которым включен синхронный импульсный DC/DC преобразователь. Оба элемента оптимизированы для работы с источниками имеющими характерные значения тока порядка 10 мкА (например, пьезоэлектрический элемент) [5].

Первый серийный образец такого электронного узла выпустила фирма Linear Technologies в 2010 году. Данный конвертер был оптимизирован для работы с источниками энергии с высоким выходным сопротивлением, таких как пьезоэлектрические генераторы, солнечные батареи или магнитострикционные генераторы.

В 2012-м году эстафету подхватила фирма MAXIM, выпустив несколько микросхем, таких как MAX17710 [6], это уже были полноценные зарядные устройства для микромощных аккумуляторных батарей [7]. Кроме того, данные микросхемы обладали системой защиты от перезаряда аккумуляторной батареи.

Фирма Texas Instruments широко известная своими 16-ти разрядными микроконтроллерами с ультранизким потреблением MSP430 [8], представила в 2013 году целое направление решений для сбора энергии ультранизкой мощности [9]. Основными отличиями предлагаемых микросхем являлись:

- возможность поддержки первичного питания (от стандартного аккумулятора большой емкости) и вторичного питания (от аккумулятора с микро емкостью и подзарядкой от сборщика энергии) была встроена в микросхему, исключая необходимость дополнительных внешних компонентов;
- возможность программирования точки «нормы» накопления энергии (условно – минимальное количество заряда, при котором может работать система);

- возможность программирования максимального тока отдачи (до 50 мА);

Для разработки сборщика энергии как составной части беспроводного датчика существует ряд параметров критически влияющих на результат разработки:

- габаритные размеры микросхем преобразователей;
- количество внешних компонентов, необходимых для работы преобразователя;
- наличие защиты аккумулятора от перезарядки;
- наличие автоматического включения микроконтроллера при достижении требуемого уровня заряда;
- стоимость микросхемы преобразователя;

максимальный ток, выдаваемый преобразователем;

Таблица №1

Сравнение габаритных размеров и числа компонентов для реализации сборщиков энергии

Наименование микросхемы	Габаритные размеры корпуса, мм	Кол-во внеш. компонентов, шт
TPS61200	3.1x3.1x1	6
BQ25505	3.65x3.65x1	8
LTC3108-1	3x4x0.75	6
LTC3109	4x4x0.75	8
MAX17710	3x3x0.5	6
LTC3588-1	3x3x0.75	5

Таблица №2

Сравнение энергетических параметров различных интегральных решений.

Наименование микросхемы	Макс. ток преобразователя, мА	Ток утечки, нА
TPS61200	300	300
BQ25505	200	325
LTC3108-1	300	200
LTC3109	15	200
MAX17710	100	450
LTC3588-1	100	450

Следует отметить, что прямое сравнение этих микросхем провести очень сложно, так как каждое устройство выполняет ряд дополнительных функций. Так, например, MAX17710 является зарядным устройством ориентированным на аккумуляторы сверхмалой емкости, а BQ25505 - зарядное устройство, предназначенное для классических аккумуляторов различного вида, но позволяющее заряжать их от высокоимпедансных источников тока.

Можно проследить тренд, наметившийся за последние 4 года, в области разработки энергосберегающих устройств. Это, в первую очередь, снижение энергопотребления устройств за счет создания энергоэффективных микроконтроллеров (причем, сверхмалое энергопотребление - не всегда является залогом энергоэффективности, как в случае сравнения семейства MSP430 и микроконтроллеров EnergyMicro [10]). Затем, начался процесс создания интегральных схем на основе устоявшихся схем аналоговых устройств (например, analog front-end для съема сигнала ЭКГ [11]).

Сокращение количества элементов в схеме привело к уменьшению токов утечки - энергопотребление интегральной схемы понизить значительно проще, чем схемы с 15-20 отдельными элементами. И наконец, последняя тенденция - попытка уйти от необходимости применять классические химические источники тока (или хотя бы сделать их только резервным вариантом питания устройства), используя суперконденсаторы или гибриды конденсаторов и аккумуляторов, получающие заряд из свободной энергии окружающей среды. На рисунке 1 можно заметить наметившийся тренд по росту количества интегральных решений, выпускаемых различными производителями.

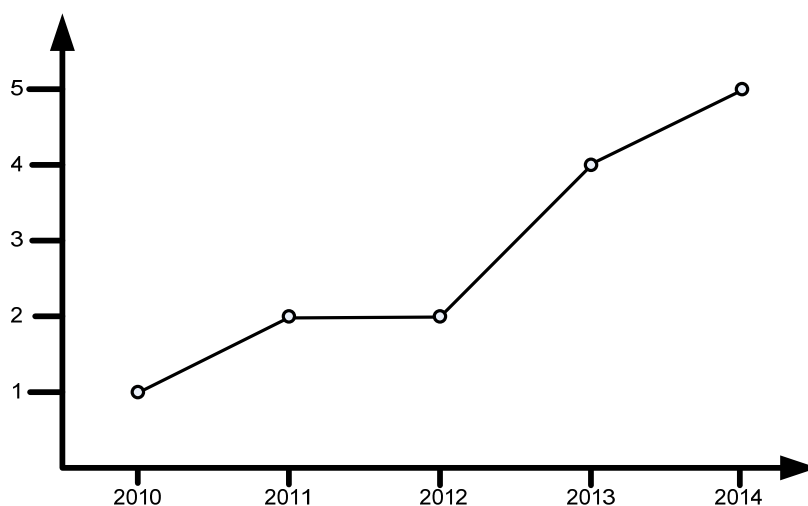


Рис.1. - Количество выпущенных новых интегральных решений для сборщиков энергии по годам

Результатом этого тренда в ближайшее десятилетие станет развитие беспроводных датчиковых систем различного назначения, общим свойством которых станет дешевизна, отсутствие необходимости кабельных связей (в том числе и для подачи питания) и долговечная работа при минимальном обслуживании.

Результаты исследований, изложенные в данной статье, получены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках реализации проекта «Создание высокотехнологичного производства по изготовлению мобильного многофункционального аппаратно-программного комплекса длительного кардиомониторирования и эргометрии» по постановлению правительства №218 от 09.04.2010 г. Исследования проводились во ФГАОУ ВПО ЮФУ.

Литература

1. Беляев А.О., Юдина Е.В., Синютин Е.С. Перспективные беспроводные датчики системы кардиомониторирования и эргометрии для комфортного съема биофизиологических показателей. // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS&IT'14". Научное издание в 4-х томах. - М.: Физматлит, 2014. - Т.2.- С. 117-122.
2. Синютин С.А., Леонова А.В. Интегрированные в одежду электроды для регистрации ЭКГ. // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2029.
3. Кругликов А.А., Лазоренко Г.И., Шаповалов В.Л., Хакиев З.Б., Явна В.А. Интеллектуальные системы мониторинга высоких железнодорожных насыпей. // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/899.
4. Гольцова М. Аккумуляция кинетической энергии из окружающей среды. // Электроника НТБ, №7 2011 - С. 78-85.
5. Майкл Уитакер, Илья Бочарников. Energy harvesting. Новый этап в развитии автономных устройств. // Компоненты и технологии №8 2010. - С. 146-149.
6. MAX17710 Energy harvesting charger and protector // Datasheet, Rev 2 2012, Maxim Integrated, 18 p.

7. THINERGY MEC201 Solid state, flexible, rechargeable thin-film micro-energy cell. // Preliminary Product Datasheet, Infinite Power Solutions. 2011, 12 p.
8. MSP430 Ultra-Low-Power Microcontrollers // Product brochure. Texas Instruments, 2014, 29 p.
9. Industry's most efficient nano power harvesting solutions // Technical document, Texas Instruments, 2013, 3 p.
10. Кириенко В.В., Синютин Е.С. Обзор методов тестирования энергоэффективности микроконтроллеров с ультранизким потреблением для медицинского оборудования. // Ползуновский вестник. 2014. №2 - С. 212 - 216.
11. Синютин Е.С. Сравнительное исследование новых решений входных каскадов электрофизиологических мониторов. // Ползуновский вестник. 2013. №2 - С. 124-128.

References

1. Belyaev A.O., Yudina E.V., Sinyutin E.S. [Future wireless cardiac monitoring system sensors and ergometer for comfortable removal biophysical indicators] // Proceedings of the Congress on Intelligent Systems and Information technology "IS & IT'14". Scientific publication in 4 volumes. - M: FIZMATLIT, 2014. V.2. pp. 117-122
2. Sinyutin S.A., Leonova A.V. // Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2029.
3. Kruglikov A.A., Lazorenko G.I., Shapovalov V.L., Khakiyev Z.B., Yavna V.A. // Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/899.
4. Goltsova M. [Accumulation kinetic energy from the environment] // Electronics NTB, №7. 2011. - pp. 78-85.



5. Michael Whitaker, Ilya Bocharnikov [Energy harvesting. A new stage in the development of stand-alone devices] // Components and technologies, №8 2010. - pp. 146-149.
6. MAX17710 Energy harvesting charger and protector // Datasheet, Rev 2 2012, Maxim Integrated, 18 p.
7. THINERGY MEC201 Solid state, flexible, rechargeable thin-film micro-energy cell. // Preliminary Product Datasheet, Infinite Power Solutions. 2011, 12 p.
8. MSP430 Ultra-Low-Power Microcontrollers // Product brochure. Texas Instruments, 2014, 29 p.
9. Industry's most efficient nano power harvesting solutions // Technical document, Texas Instruments, 2013, 3 p.
10. Kiriyeenko V.V., Sinyutin E.S. [Review of methods for testing the energy efficiency of microcontrollers with ultra-low for medical equipment] // Polzunovsky Vestnik. 2014. №2 - pp. 212 - 216.
11. Sinyutin E.S. [Comparative study of new solutions input stages electrophysiological monitors] // Polzunovsky Vestnik. 2013. №2 - pp. 124-128.