

# Обнаружение без проводов

Применение технологий встроенных систем  
в беспроводных датчиках движения

Оливер Штайгер, Рихард Блох, Беат Крамер  
Даниэль Маттер, Филиппе Претр, Кристиан Хайте

Датчики движения получили широкое распространение в жилых и рабочих помещениях во всем мире, где они служат как целям защиты, так и для включения и отключения источников света. Однако этим датчикам для работы требуются провода, поэтому их установка оказывается трудоемкой и дорогостоящей. Но все это вскоре изменится. Компания АББ в сотрудничестве с одним из партнеров разработала новый беспроводной датчик движения. Благодаря использованию технологий, позаимствованных из встроенных систем, удалось не только избавиться от проводов: инженеры создали универсальное, надежное, компактное и недорогое устройство, способное работать не менее пяти лет от стандартных щелочных элементов!



Компания Busch-Jaeger, входящая в группу АББ, предлагает широкую номенклатуру датчиков движения, предназначенных для применения в домах и офисах, а также для наружной установки. Приборы Busch Watchdog характеризуются высокой надежностью и инновационным дизайном. Однако в некоторых случаях сложность монтажа, в особенности в уже построенных зданиях, где не предусмотрено дополнительной кабельной проводки, может быть слишком высокой. Поэтому для сокращения объема работ, а также обеспечения дополнительной свободы при выборе места установки, компания Busch-Jaeger, совместно с исследовательским центром АББ и компанией MEMS Inc.<sup>1)</sup>, разработали новый беспроводной датчик движения (рис. 1).

Низкое энергопотребление было одним из основных требований к новому датчику, и это требование следовало выполнить без ущерба надежности. Это было достигнуто с помощью высокоэкономичных компонентов и технологий, применяемых во встроженных системах. Восприимчивость к электромагнитным помехам, повышающаяся с ростом полного внутреннего сопротивления системы, также требовала внимания. Для решения этой проблемы все чувствительные сигнальные линии были выполнены короткими. В итоге удалось не просто отказаться от кабельной проводки и упростить монтаж, но и получить надежный и недорогой датчик движения, потребляющий в среднем менее 20 мкА. Кроме того, датчик отлично вписался в существующую номенклатуру изделий Busch-Jaeger по стоимости, конструктивным особенностям и характеристикам.

**1** Новый беспроводной датчик движения отличается надежностью и инновационным дизайном.



#### Конструкция датчика

Для обеспечения различных функций датчика были разработаны три взаимосвязанных модуля: сенсорный модуль, радиомодуль и модуль контроллера.

Беспроводной датчик движения АББ построен на основе технологий встроженных систем, характеризуется универсальностью, надежностью, компактностью и невысокой ценой.

#### Сенсорный модуль

Это – наиболее «тонкая» часть системы, поскольку она включает в себя пассивный

пироэлектрический датчик ИК-излучения (PIR, рис. 2а), следящий за движением и генерирующий чрезвычайно слабые электрические сигналы. Поскольку слабые сигналы особенно чувствительны к электромагнитным помехам, их необходимо усиливать как можно ближе к источнику. В непосредственной близости от разъемов PIR-сенсора был установлен сверхмаломощный усилитель (рис. 2б). Сам датчик был позаимствован из серии изделий Busch Watchdog Professional и адаптирован к строгим требованиям экономичности, предъявляемым новым устройством.

#### Радиомодуль

Радиомодуль обеспечивает связь между беспроводным датчиком движения и одним, либо несколькими исполнительными устройствами (т. е. радиоуправляемыми выключателями освещения). Для соблюдения требований к экономичности в этом модуле применяется лишь односторонняя связь от сенсора к исполнительному устройству, что позволяет избежать необходимости поддержания постоянной готовности к приему. В типовой схеме связь устанавливается в диапазоне ISM (диапазон для промышленных, научных и медицинских устройств) на частоте 868 МГц по протоколу KNX-RF. На открытом пространстве обеспечивается дальность связи до 300 м.

<sup>1)</sup> MEMS Inc. – инженеринговая компания, основанная бывшими научными сотрудниками АББ. Дополнительную информацию см. по адресу [www.memsg.ch](http://www.memsg.ch) (сентябрь 2007 года).

**2** На сенсорном модуле усилитель и PIR-сенсор установлены таким образом, чтобы избежать электромагнитных помех.

**а** Верхняя сторона платы с PIR-сенсором.

**б** Нижняя сторона платы с электронной схемой и усилителем (на снимках, сделанных на производственной линии, показаны несколько датчиков).



## Исследования и разработки

**Модуль контроллера**

Сенсорный модуль и радиомодуль смонтированы на модуле контроллера (рис. 3). Этот модуль также содержит источник питания и обеспечивает контроль фоновой подсветки и параметризацию. Его базовым компонентом является микроконтроллер смешанного типа, обрабатывающий сигналы сенсора, параметры системы и генерирующий на выходе двоичный сигнал присутствия, передаваемый далее на исполнительное устройство с помощью радиомодуля. Микроконтроллер может работать в нескольких энергосберегающих режимах, которые позволяют временно отключать отдельные функции процессора и восстанавливать их через несколько микросекунд. За счет включения только тех частей схемы, которые требуются для выполнения той или иной функции,

обеспечивается дополнительная – на самом деле весьма значительная – экономия энергии.

**Поиск подходящего источника питания**

В конечном итоге успех беспроводного устройства не менее, чем от инновационной конструкции, зависит от выбора и наличия подходящего источника питания. Пользователям нужны недорогие и компактные источники, работающие на протяжении длительного времени. Поэтому был рассмотрен целый ряд различных источников питания, и определена возможность их применения в беспроводном датчике движения. Ниже приведены некоторые из учтенных критериев.

■ Источник должен работать не менее 10 лет без перерыва.

- Источник должен обеспечивать средний ток 20 мкА и выдерживать пиковое потребление до 25 мА. Такой ток обычно требуется во время работы радиоканала.
- Диапазон рабочих температур должен быть не уже чем от – 20 до +60 °С.

Шесть возможных кандидатов перечислены во вставке.

**Гальванические элементы**

Гальванические элементы – наиболее очевидное решение. Четыре щелочных элемента напряжением 1,5 В обеспечивают срок работы от 5 до 7 лет, что лишь немногим меньше заданных 10 лет. Кроме того, этот вариант очень дешев, а сами элементы можно найти практически везде. Недостатком этого решения, однако, является ограниченный температурный диапазон<sup>2)</sup> и скорость саморазряда, которая оказывается достаточно большой. Решить эти проблемы можно путем использования более дорогих, но долговечных элементов на основе системы литий/дисульфид железа (Li-FeS<sub>2</sub>).

Пользователям нужны недорогие и компактные источники, работающие на протяжении длительного времени.

**Солнечные элементы**

Источник питания на основе солнечных элементов идеально подходит для беспроводного датчика движения. Солнечные элементы представляют собой экологичную альтернативу химическим источникам тока. Они не требуют обслуживания или замены и особо удобны для автономной работы. На самом деле прототип источника питания для беспроводного датчика на солнечных элементах уже был разработан инженерами АББ. Фотоэлектрические элементы вырабатывают энергию в дневное время, а для ночной работы требуется какой-либо способ сохранения энергии. Этот принцип показан на рис. 4: конденсатор с двойным электрическим слоем (EDLC или ионистор) C1 сохраняет энергию, выработанную солнечным элементом в течение дня. Такие конденсаторы, известные также под названием Gold Cap (от Gold Capacitor – одно из торговых названий), обеспечивают плотность энергии в 300 раз выше

Варианты питания беспроводного датчика движения.

Источник питания	Источник энергии	Соответствие требованиям
Гальванический элемент	Электрохимический	Соответствует
Солнечный элемент	Солнце	Соответствует
Термоэлектрический генератор	Разница температур	Условно соответствует – низкие показатели
Топливный элемент	Электрохимический	Непригоден – высокая стоимость, низкая долговременная стабильность
Пьезоэлектрический элемент	Ветер (эффект фон Кармана)	Непригоден – крайне низкие показатели
Беспроводная передача энергии	Сеть	Непригодна – высокая стоимость, проблемы совместимости

3 Модуль контроллера с тремя сенсорными модулями и одним радиомодулем.



<sup>2)</sup> Типичный диапазон рабочих температур для щелочных элементов – от -10 до +50 °С, тогда как для элементов Li-FeS<sub>2</sub> диапазон составляет от – 40 до +85 °С.

той, что дают обычные конденсаторы. Они допускают сотни тысяч циклов перезаряда в отличие от традиционных химических аккумуляторов, которые выдерживают лишь несколько сотен, до тысячи, циклов. Однако заряд такого конденсатора может занимать несколько часов. Поэтому параллельно ему обычно включают еще один конденсатор C5 меньшего размера, что позволяет сократить время запуска включенного устройства.

Солнечные элементы изготавливаются из аморфного кремния. Элементы такого типа гораздо дешевле элементов из кристаллического кремния, а их КПД не зависит от равномерности освещения. Это важно, поскольку датчики движения часто применяются в частично затененных местах. При использовании вышеописанного решения элемента размером  $57 \times 50$  мм оказывается достаточно для надежного энергоснабжения беспроводного датчика движения.

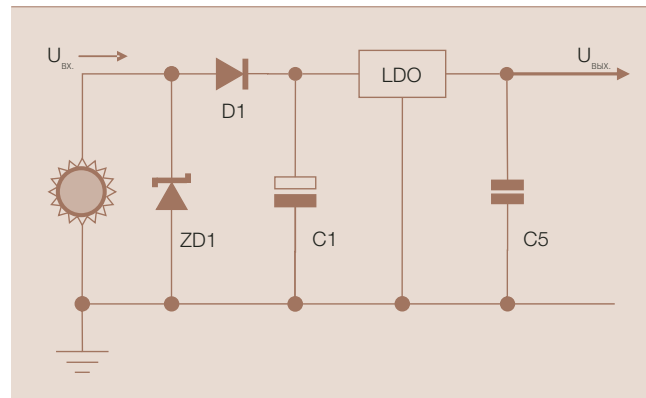
#### Термоэлектрические генераторы

Термоэлектрические генераторы работают на основе прямого термоэлектрического эффекта – эффекта Зеебека – и вырабатывают энергию за счет разницы температур. Эффект Зеебека определяется как напряжение холостого хода, возникающее между двумя точками проводника при наличии равномерного градиента температур между этими точками. Этот эффект обычно очень слаб, но созданные недавно генераторы уже способны выдать до 20 мкВт с одного элемента при разнице температур  $5^\circ\text{C}$ . Чтобы применить термоэлектрический эффект в беспроводном датчике движения, внутри устройства необходимо достичь достаточной разницы температур. Хотя для этого можно использовать солнечную энергию, термоэлектрические генераторы еще не пригодны для установки в помещениях.

#### Топливный элемент

Топливный элемент – это электрохимический прибор, схожий с гальваническим элементом, но сконструированный таким образом, чтобы запас расходуемых реагентов непрерывно пополнялся. Иными словами, если у гальванического элемента емкость ограничена, то топливный элемент вырабатывает электричество за счет потребления водорода и кислорода из внешнего источника. Исследования показали, что разработка топливных элементов для портативных компьютеров и сотовых телефонов вполне возможна, но высокая стоимость и ограниченный срок службы в настоящее время не позволяет применить их в беспроводных датчиках.

4 Принципиальная схема источника питания на солнечных элементах. Солнечные элементы вырабатывают энергию в дневное время, а в темное время суток используется энергия, накопленная в емкостях C1 и C2.



#### Пьезоэлектрические элементы

Пьезоэлектричеством называется эффект выработки напряжения некоторыми кристаллами при приложении к ним механического усилия, например, за счет ветра или иного термического движения воздуха с использованием эффекта фон Кармана. Последний эффект, который в частности объясняет развевание флага на ветру, заключается в том, что движение воздуха вокруг плохообтекаемого тела создает вихри поочередно на разных сторонах этого тела. Однако КПД этого метода недостаточен для питания беспроводного датчика движения.

Беспроводной датчик сочетает надежность датчиков Busch Watchdog со сверхнизким энергопотреблением, при этом его нетрудно установить в любом месте.

#### Беспроводная передача энергии

Беспроводная передача энергии работает за счет передачи электромагнитной энергии от внешнего источника питания на приемник. Для этого необходимо установить дорогую и громоздкую излучающую катушку. Так или иначе, заинтересованность заказчиков в такой технологии пока низка.

#### Преимущества для потребителя

Беспроводной датчик движения, разработанный АББ, сочетает надежность приборов Busch Watchdog и сверхнизкое энергопотребление. Он может быть установлен в любом месте, а процесс установки очень прост. Обычные щелочные элементы обеспечивают продолжительность работы не менее пяти лет, а при использовании

элементов на основе системы литий/дисульфид железа этот срок увеличивается более чем в два раза. Датчик соответствует всем действующим директивам по ЭМС.

Беспроводной датчик Busch Watchdog<sup>3)</sup> был с успехом представлен на ярмарке ElektroTechnik в Дортмунде (Германия) в сентябре 2007 года.

Оливер Штайгер

Рихард Блох

ABB Corporate Research

Баден-Дёттвиль, Швейцария

olivier.steiger@ch.abb.com

richard.bloch@ch.abb.com

Беат Крамер

Даниель Маттер

Филиппе Претр

MEMS AG

Баден-Дёттвиль, Швейцария

beat.kramer@memsag.ch

daniel.matter@memsag.ch

philippe.pretre@memsag.ch

Кристиан Хайте

Busch-Jaeger Elektro GmbH

Люденшид, Германия

christian.heite@de.abb.com

<sup>3)</sup> Более подробная информация об изделии находится по адресу <http://www.busch-jaeger.de/de/bewegung-smelder/1836.htm> (сентябрь 2007 года).