

# Технические решения для снижения энергопотребления при активной эксплуатации и в режиме ожидания

В конце 2009 г. количество пользователей персональных компьютеров превысило 1 млрд. В связи с этим прогнозы Международного энергетического агентства (IEA), согласно которым потребление энергии электронными средствами коммуникации в 2030 г. возрастет до 1,7 ПВт ( $10^{15}$  Вт), не вызывают удивления. Это означает увеличение потребления энергии в три раза [1], а с учетом бытовой техники — по крайней мере, в 4 раза. Исходя из негативного воздействия на окружающую среду и дополнительных расходов производители электроники предпринимают попытки приостановить эту опасную для всех тенденцию, принимая различные технические меры. Далее будут представлены некоторые решения.

**Хартмут Пошманн**  
(Hartmut Poschmann),  
к. т. н.

h.poschmann@arcor.de

**Перевод: Андрей Новиков**

andrej.novikov@uni-rostock.de

Во всем мире предпринимаются различные технические меры для снижения среднего потребления энергии электрическими и электронными приборами. Внимание инженеров направлено на снижение энергопотребления не только во время эксплуатации, но также и во время режима ожидания (standby). В то время как разработчики уже давно думают над улучшением характеристик приборов во время активной эксплуатации, расходу энергии во время режима standby стали уделять внимание лишь в последние несколько лет. Принимаются всевозможные меры, начиная с относительно простых

схемотехнических решений и применения специальных компонентов и заканчивая сложными техническими решениями, базирующимися на новых полупроводниковых технологиях. Повышение энергоэффективности в режиме активной эксплуатации может быть достигнуто путем комбинации улучшения конструкций приборов, оптимизации схематехнических принципов, применения новых материалов и улучшенных полупроводниковых схем.

## Экономия энергии в режиме активной эксплуатации с помощью сенсоров

Многие электрические и электронные приборы в быту и на работе эксплуатируются не постоянно, зачастую даже не регулярно. В то же время некоторая электрическая бытовая техника, как, например, электрокипятильник, эксплуатируется с очень высокой нагрузкой. Для предотвращения таких эксплуатационных режимов производители все чаще встраивают сенсоры для перевода прибора в энергосберегающий режим при отсутствии пользователя.

Например, компания Panasonic Electric Works сообщила о том, что 16 моделей ее тепловых насосов (водонагревателей типа Eco Cut для ванных комнат) были оснащены инфракрасными датчиками присутствия. Они встроены в устройство управления системы (рис. 1) и предотвращают постоянное поддержание температуры воды, если в ванной комнате никого нет. По данным компании, зимой таким образом экономится до 35% энергии. Обычно в имеющихся приборах заранее заданная в блоке дистанционного управления (Remote Control Unit) температура измеряется каждые 15 минут и, в случае необходимости, увеличивается независимо от скорости охлаждения воды. В новых приборах используется комбинация функции запоминания температуры воды в ванне (bathwater temperature learning function)





**Рис. 2.** 23-дюймовый жидкокристаллический монитор FlexScan EV2303W-T фирмы Eizo Nanao с инфракрасным датчиком



**Рис. 3.** Инфракрасный датчик на нижнем крае монитора

и инфракрасного датчика присутствия. Эта функция способствует другому режиму нагревания системы, из-за чего происходит экономия электроэнергии [2].

Японская компания Eizo Nanao также оснащает свои новые жидкокристаллические мониторы с различной величиной экрана встроенным в корпус инфракрасным датчиком присутствия. Монитор переводится в режим экономии электроэнергии, если пользователь отсутствует на рабочем месте более 40 с, а по его возвращении монитор сразу же включается и готов к работе.

По данным компании, потребление мощности прежней 20-дюймовой модели без инфракрасного датчика составляло 25 Вт, а потребление мощности 23-дюймовой модели последующей версии (рис. 2) с инфракрасным датчиком (рис. 3) составляет около 18 Вт. В режиме экономии электроэнергии обе модели расходуют 0,7 Вт и менее [3]. Сенсор (EcoView Sense) распознает людей на расстоянии до 122 см. Для того чтобы предотвратить ошибочное включение монитора, которое в маленьких помещениях может быть вызвано перемещением других людей, сенсор анализирует полученные данные. Но поскольку это известная японская фирма, то понятно, что все производимые ею новые приборы оптимизированы по сравнению с их предшественниками и с точки зрения воздействия на окружающую среду. Разработка новых концепций приборов происходит в комплексе. Так, например, Eizo Nanao выпускает мониторы, сконструированные с учетом возможности вторичного использования (recycling), что и которые со-

ответствуют директиве TCO Displays 5.0, последней версии международных экологических стандартов. Новые мониторы очень тонкие и весят приблизительно на 40% меньше своих предшественников. Также в них было уменьшено количество механических компонентов.

### Более эффективные выпрямители тока и трансформаторы напряжения

Одним из способов сокращения расхода электроэнергии в рабочем режиме является повышение коэффициента полезного действия электроснабжения. Более эффективные выпрямители тока, которые преобразуют переменное напряжение в сети в необходимое для работы электроприборов постоянное, могут также способствовать этому.

Исследователям кафедры силовой электроники Федерального Швейцарского Технологического Института (ETH, г. Цюрих) удалось сократить потери выпрямителей переменного тока на две трети и таким образом довести их до значения менее 1% благодаря новому подходу в моделировании и оптимизации [4]. До сих пор максимальный КПД выпрямителей тока по данным ETH составлял 97,5%. Исследователям кафедры силовой электроники удалось достичь значения 99,2%. Что, благодаря имеющимся теперь улучшенным блокам питания, обещает значительную экономию электроэнергии электронными средствами коммуникации и бытовой электроникой. Приведем один пример: согласно данным научных сотрудников института, благодаря повышению на 1% КПД электронных средств коммуникации в Швейцарии можно было бы покрыть половину годовых расходов электроэнергии всего ETH.

Для того чтобы достичь исключительной эффективности, необходимо оптимально скомбинировать различные параметры конструирования, получаемые при помощи аналитических моделей и компьютерного моделирования. К параметрам, которые исследователи могут оптимизировать при помощи своих моделей, относятся, например, размер и конструкция катушек, а также площадь поперечного сечения компонентов полупроводников, влияющую на величину электропроводности. Часто бытует мнение, что чем больше площадь, тем лучше, но в системе выпрямителей тока слишком большие поперечные сечения могут привести к тому,



**Рис. 4.** Опытный образец сверхэффективной системы выпрямителей тока для применения в информационных технологиях

что эффективность уменьшится. Данный факт учитывается исследователями при разработке.

Группа исследователей ETH планирует наряду с выпрямителем тока (рис. 4) смоделировать и оптимизировать относящийся к нему трансформатор напряжения, который сократит высокое входное напряжение до рабочего напряжения приборов, так как и тут присутствует потенциал экономии электроэнергии. Таким образом, при расчетах может быть принято во внимание еще больше компонентов блока питания. Информацию о дальнейших планах можно найти в следующем источнике [5].

### Основная проблема — потребление в режиме ожидания

Более раннее исследование европейской комиссии выявило необходимость в нулевом расходе электроэнергии в режиме ожидания. В 2005 г. в Европейском Союзе 3,7 млрд электроприборов израсходовали 50 ТВт ( $10^{12}$  Вт) электроэнергии лишь в режиме ожидания. Что соответствует расходам в 7 млрд евро и 20 млн тонн выбросов  $\text{CO}_2$ .

Калифорнийский Университет в Беркли заявил в 2001 г., что в США 26% счета за электричество среднестатистической семьи приходится на расход электроэнергии в режиме ожидания. Даже если эти данные являются не совсем актуальными, можно, тем не менее, предположить, что данная проблема по-прежнему требует решения.

Многие примеры ясно показывают, что задача сокращения потребления электроэнергии электронными модулями, электроприборами и системами в режиме ожидания в настоящее время находится в центре внимания международной электронной промышленности. При этом не последнюю роль играют распоряжения Европейского Союза по поводу потребления энергии в режиме standby. Это объясняет желание многих компаний достичь в идеале «нулевого» расхода электроэнергии. Необходимо стремиться к оптимальной комбинации: с одной стороны, это эффективный расход электроэнергии в рабочем режиме, с другой — нулевой расход в режиме ожидания.

### Standby-Killer 100% Off — полуавтоматическое решение

С помощью добавочного штекерного разъема компания HiSaver почти достигла «нулевого» уровня расхода электроэнергии. Свой продукт компания представила на выставке IFA 2009. При использовании данного штекерного разъема планируется уменьшить расход электроэнергии таких приборов, как мониторы, HiFi-системы или кофе-машины, до 0,2 Вт в режиме ожидания, в случае если интегрированный датчик не регистрирует перемещение людей в определенном радиусе. Наряду с четырьмя экономичными гнездами данный штекерный разъем имеет также один обычный контакт для компьютера или других приборов, которые не должны сразу выключаться [6].



Рис. 5. Монитор P26W-5 Eco компании Fujitsu с нулевым потреблением мощности

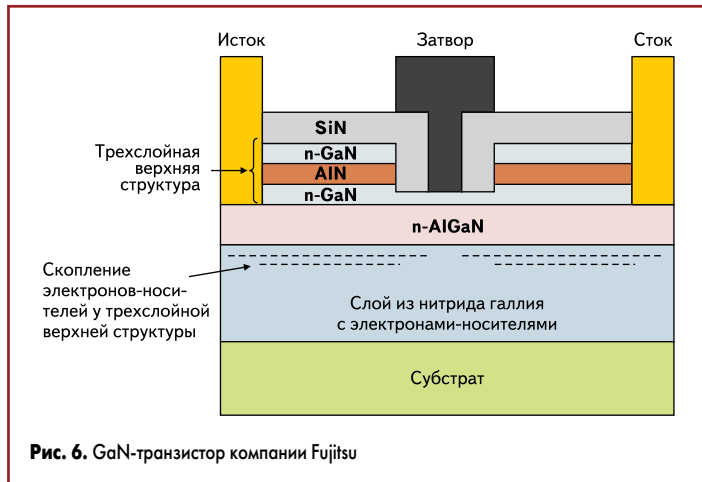


Рис. 6. GaN-транзистор компании Fujitsu

Испанская компания Good for You, Good for the Planet (GFY-GFP) пошла в этой области еще дальше. Она разработала такую технологию, которая позволяет полностью выключать приборы в режиме ожидания [7].

По данным специалистов из Испании, причиной разработки явился тот факт, что, хотя все современные электроприборы и бытовая техника имеют режим ожидания, многие из них не могут быть полностью выключены. Это приводит к огромным ненужным потерям электроэнергии, причем их уровень в развитых промышленных странах составляет уже 12% всего расхода электроэнергии. Этому расточительству должен прийти конец с внедрением технологии Standby-Killer 100% Off.

Для того чтобы достичь полного выключения, технология 100% Off распознает, находится ли прибор в рабочем режиме или в режиме ожидания. Это возможно при помощи микропроцессора со специальным алгоритмом, который в приборе любого типа распознает, находится ли он в режиме standby и может ли технология 100% Off полностью выключить подачу тока. Подача тока может быть при необходимости снова возобновлена при помощи нажатия зеленой кнопки. Согласно данным компании GFY-GFP, данное решение подходит для любых типов приборов и может быть выполнено в форме штекеров или штекерных разъемов. Преимуществом автономных дополнительных устройств является тот факт, что пользователь может перевести уже имеющиеся приборы в «нулевой» режим standby.

По расчетам компании, стоимость данных штекеров должна быть приблизительно сопоставима со стоимостью обычных штекеров. Кроме того, данное решение может быть выполнено при монтаже постоянного компонента в новый электроприбор и использоваться разработчиками также в качестве защиты от перенапряжения.

Один из примеров применения: сеть отелей NH Hotels уже протестировала опытные образцы приборов компании GFY-GFP. Она надеется использовать данное решение во всех 50 000 комнат в более чем 350 отелях в 22 странах мира. Если умножить небольшую экономию одного прибора на 24 часа, 365 дней в году, то при наличии 50 000 приборов это будет существенная экономия электроэнер-

гии. Однако когда точно данная технология будет доступна, еще не известно. Согласно данным GFY-GFP, компания в настоящее время ведет переговоры со многими крупными фирмами. После того как сделка состоится, технология должна выйти на рынок в течение 6 месяцев.

### Монитор с нулевым потреблением мощности в режиме standby

В 2008 г. компания Fujitsu (тогда еще Fujitsu Siemens Computers, FSC) при помощи серии P-Line LCD-мониторов продемонстрировала, что экономия электроэнергии возможна не только за счет вычислительного центра. Согласно данным изготовителей, это был первый в мире монитор (рис. 5), который вообще не потреблял электроэнергию в режиме ожидания. Это стало возможным благодаря специальной электрической схеме в приборе, которая полностью прерывает подачу электроэнергии, как только с компьютера исчезает видеосигнал. Расход энергии в режиме ожидания действительно составляет 0 Вт [8].

Основой энергосберегающего экрана является реле в блоке питания монитора. Как только компьютер перестает посылать видеосигнал, переключатель автоматически прерывает полный цикл электроснабжения монитора. В качестве реле используется конденсатор, который активируется при помощи порта VGA. Как только сигнал от компьютера поступает, реле снова включается, и монитор обеспечивается электроэнергией. Приборы имеют также другую возможность экономии электроэнергии. Датчик постоянно измеряет яркость окружающего пространства и автоматически приспособливает к ней дисплей. Таким образом, при темном окружении по сравнению со светлым офисом требуется меньше мощности. Этот принцип уже используется в новых жидкокристаллических телевизорах. При помощи данной функции, согласно данным изготовителей, удастся сэкономить 50% электроэнергии. Данной энергосберегающей функцией в первую очередь были оснащены жидкокристаллические мониторы из бизнес-линейки ScenicView компании Fujitsu. Мониторы с нулевым потреблением мощности почти не отличаются по цене от других мониторов компании FSC.

### Более компактные блоки питания с нулевым энергопотреблением в режиме standby

В Fujitsu Laboratories, которая является исследовательским отделом технологического концерна, были разработаны специальные транзисторы на основе нитрида галлия, предназначенные для более эффективных и значительно более компактных блоков питания. Подача тока в режиме ожидания полностью приостанавливается, в то время как в рабочем состоянии данная технология обеспечивает хорошие показатели мощности. Данная разработка, согласно данным Fujitsu, обладает потенциалом сокращения потерь мощностей в электронике на одну треть, влияя таким образом на общий расход электроэнергии. Данная разработка была представлена в рамках конференции Device Research в 2009 г. [9].

По данным компании, блоки питания, имеющие традиционные кремниевые транзисторы, вызывают большие потери мощности. Так называемые High Electron-Mobility Transistors (HEMTs) из нитрида галлия (GaN) (рис. 6) уже долгое время были в центре внимания ученых, так как они могут сократить потери электроэнергии в рабочем режиме на 20%. Однако до сих пор для GaN-транзисторов в режиме ожидания необходимо было отрицательное напряжение затвора, что означало потерю энергии. Исследователи из Fujitsu разработали специальную структуру для данных транзисторов, при помощи которой подача тока приостанавливается в режиме standby без приложенного напряжения. Однако в рабочем состоянии, согласно данным компании, может быть достигнута высокая плотность тока. В связи с чем Fujitsu считает, что первые GaN-HEMTs для блоков питания реализованы. Эта разработка должна способствовать появлению исключительно энергосберегающих блоков питания. Например, по расчетам компании Fujitsu, внедрение данной технологии в японских вычислительных центрах сократит потребление ими электроэнергии на 12% благодаря прямому снижению расхода энергии и необходимости охлаждения. Кроме того, Fujitsu обращает внимание на тот факт, что новые транзисторы могут работать на высокой частоте, что позволяет делать блоки питания более компактными. Это также в интересах ко-

нечных потребителей, так как размер адаптеров переменного тока для ноутбуков может быть сокращен на 10%. Но до того как энергосберегающие компактные блоки питания станут реальностью, пройдет еще немного времени. Изготовление приборов на основе новых GaN-транзисторов планируется начать в 2011 г.

### Компьютеры компании Fujitsu с нулевым энергопотреблением в режиме standby

Недавно Fujitsu расширила свою линейку «зеленых» (proGREEN) продуктов, включив в нее 0-Вт ПК. В продаже имеются две модели энергосберегающего персонального компьютера: ESPRIMO E7935 0-Watt (small form factor) и ESPRIMO P79350-Watt (Microtower). Компания предлагает своим покупателям линейку продуктов ESPRIMO proGREEN, оборудованных технологией Intelv Pro с эффективным использованием энергии. Благодаря технологии, которая уже заявлена на патентование, персональный компьютер не расходует энергию в режиме ожидания, тем не менее им можно управлять в рамках запрограммированного времени. Если администратору необходимо вне рабочего времени воспользоваться компьютером, например, произвести обновление программного обеспечения, он может задать временное окно, в котором компьютер автоматически включится и начнет программное обновление. По истечении заданного времени компьютер самостоятельно перейдет обратно в режим «нулевого» потребления энергии. По сравнению с обычным компьютером, 0-Вт ПК экономит таким образом до 60% энергии [10].

Логотипом proGREEN помечаются приборы, которые являются экологичными и энергосберегающими. Вся линейка proGREEN-продуктов имеет известные сертификаты ENERGY STAR5.0, Nordischer Schwan и Blauer Engel и соответствует общепопулярным экологическим стандартам. Кроме того, продукты выполнены в соответствии со строгими предписаниями Европейского Союза и в большинстве случаев даже превосходят требуемые критерии ЕС в отношении энергосбережения и безвредности для окружающей среды [11].



**Рис. 7.** Microtower ESPRIMO P79350-Watt компании Fujitsu

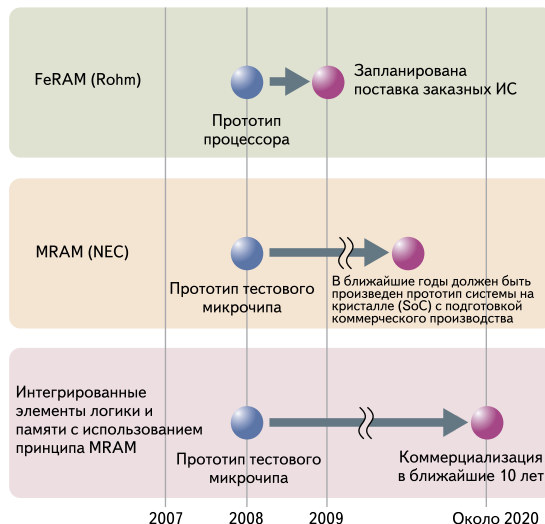
#### а) Основные применения



**Рис. 8.** Уровень развития

отдельных технологий изготовления датчиков для «нулевого» режима ожидания (Zero-Standby)

#### б) Статус разработки



### Энергонезависимые силовые ИС с нулевым энергопотреблением в режиме standby

К сожалению, нет сведений о схемотехнических решениях или электронных модулях, используемых компанией Fujitsu в их компьютерах с нулевым энергопотреблением в режиме standby. Тем не менее можно предположить, что в выключенном состоянии (Off-Mode) полупроводниковый микрочип ждет сигнал, при появлении которого мгновенно включается рабочее напряжение, приводящее микрочип и электроприбор в рабочее состояние. Затем снова поступает сигнал, выключающий микрочип, после чего прибор переходит в режим «выключено» (Off-Mode). Все это может происходить очень быстро. Соответствующая полупроводниковая технология, которая делает возможным переход электроприборов в нормальное выключенное состояние, практически применена в 2009 г. Микрочипы с «нулевыми» потерями в режиме ожидания (Zero Standby Dissipation Chips) возможно реализовать при условии, что весь кристалл, включая его логические ячейки, является энергонезависимым. Так как экологический аспект играет все большую роль в электронике, данная технология может стать «козырной картой» в снижении расходов мощности.

Исходя из сообщений различных компаний и отчетов по конференциям японских фирм Rohm и NEC, можно сделать вывод, что для реализации функции «нулевого» режима standby ведется разработка специальных переключательных схем. Опираясь на другие источники, можно сказать, что промышленность набирает высокий темп в разработке технологий «нулевых» потерь в режиме ожидания.

В настоящее время на передний план выходят две технологии для энергонезависимых триггерных запоминающих устройств: технология компании Rohm, которая основывается на сегнетоэлектрической оперативной памяти (Ferroelectric Random-Access Memory, FeRAM), и технология компании NEC, которая использует магнитную оперативную память (Magnetic RAM, MRAM). При использовании этих типов

конструирования энергонезависимые компоненты присоединяются к традиционным триггерным запоминающим устройствам.

Rohm первой начала данную разработку. Уже в 2008 г. она изготовила прототипы микрочипов FeRAM и в настоящее время уже разрабатывает датчики специально по заказу изготовителей электроприборов. В мае/июне 2009 г. компания запустила в Киото конвейерную линию для изготовления серийной продукции. Компания планировала начать поставку датчиков, изготовленных на заказ (Custom ICs), во второй половине 2009 г. Таким образом, первые приборы, использующие эту новую технологию, должны были появиться на рынке ближе к концу 2009 г.

NEC уже наступает на пятки Rohm. Она разработала технологию MRAM, которая позволяет изготавливать еще более быстрые полупроводниковые кристаллы. Такой микрочип был протестирован еще в 2008 г. Компания планирует через несколько лет подготовить для продажи опытный образец системы на одном кристалле System-on-Chip (SoC) IC. Более подробную информацию о данных технологиях можно найти в литературе [12–14]. Интегральные схемы, использующиеся в технологии MRAM, которые комбинируют энергонезависимую логическую схему и запоминающее устройство на базе системы на одном кристалле, ожидаются в массовом производстве лишь в 2020 г. (рис. 8).

Согласно мнению специалистов компаний Rohm и NEC, данные технологии позволяют существенно экономить расход электроэнергии без ограничений использования приборов. Технологии могут привести к тому, что расход энергии в режиме ожидания будет составлять лишь малый процент от того значения, которое имеют на сегодняшний день цифровые бытовые электроприборы. Благодаря этому в одной лишь Японии возможно будет сэкономить в год сотни миллионов йен. Приборы с такими схемами соединений удастся моментально переводить из режима ожидания в рабочее состояние. В будущем возможны приборы с обычным режимом «выключить»

(Normally-off Equipment), которые будут включаться лишь тогда, когда это необходимо. Уже в 2008 г. компания Rohm созданием опытного образца микропроцессора практически доказала, что в обычном режиме выключения возможно сократить расход энергии на 70% по сравнению с традиционными электроприборами. Например, данная технология хорошо может быть использована при игре на компьютере, когда система находится в пассивном состоянии и ждет команды играющего.

Другие компании реализовали решения, которые, например, реагируют на сигнал дистанционного управления и, таким образом, в первую очередь предназначены для телевизоров или используются для выключения периферийных устройств персональных компьютеров. То, что изготовители приборов заинтересованы в сокращении потребления электроэнергии, продемонстрировали в конце 2008 г. пять компаний, изготовителей сотовых телефонов, выступив с инициативой изменения зарядных устройств [15].

*Примечание.* Оригинал статьи опубликован в журнале PLUS (Produktion von Leiterplatten und Systemen. 2009. № 10. Германия).

1. [www.iea.org](http://www.iea.org)
2. [http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS\\_EN/20090409/168569/](http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20090409/168569/)
3. [http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS\\_EN/20090422/169149/](http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20090422/169149/)
4. [www.pes.ee.ethz.ch](http://www.pes.ee.ethz.ch)
5. [www.pes.ee.ethz.ch/en/our-range/research/vision-and-aim.html](http://www.pes.ee.ethz.ch/en/our-range/research/vision-and-aim.html)
6. [www.hisaver.com](http://www.hisaver.com)
7. [www.gfy-gfp.com](http://www.gfy-gfp.com)
8. [http://ts.fujitsu.com/products/displays\\_projectors/index.html](http://ts.fujitsu.com/products/displays_projectors/index.html)
9. <http://drc.ee.psu.edu/>
10. [www.fujitsu.com/de/news/pr/20090817.html](http://www.fujitsu.com/de/news/pr/20090817.html)
11. [www.progreenit-mission.de](http://www.progreenit-mission.de)
12. <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20090629/172348/?P=1>
13. <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20090629/172348/?P=2>
14. <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20090629/172348/?P=3>
15. <http://pressetext.at/news/081120002/kampf-gegen-stromverschwendung-bei-ladegeraeten>