

Измерение энергопотребления

Обзор

По прогнозам мировой спрос на энергию, скорее всего, будет расти быстрее, чем возможности генерирующих мощностей. Как ожидает министерство энергетики США, к 2035 году уровень общего энергопотребления в США вырастет на 30% и превысит 5 триллионов кВт·ч, в то время как плановый ввод новых генерирующих мощностей (в том числе и на базе возобновляемых источников энергии) обеспечит прирост выработки электроэнергии лишь на 22%. Повышение энергоэффективности и совершенствование управления энергопотреблением имеют критически важное значение для предотвращения возможности энергетического кризиса.

Традиционные стратегии управления энергопотреблением, не использующие обратную связь, являются несовершенными и неэффективными, что приводит к снижению надежности и стабильности распределения электроэнергии. Инженеры работают над повышением эффективности использования энергии во всех приложениях электроники — коммерческом оборудовании, бытовых устройствах, промышленных двигателях и сетевом оборудовании. Однако повышение эффективности — это лишь часть проблемы. Чрезвычайно важно совершенствовать управление энергопотреблением, а для этого нужны системы комплексных измерений. Обратная связь, предоставляющая данные о том, как потребляется энергия, обеспечивает преимущества и позволяет снизить потери. Кроме того, более наглядная для потребителей информация об использовании электроэнергии

позволит преодолеть их безразличие к проблемам энергетики.

Результаты точных измерений необходимы для того, чтобы изучить, принять или модифицировать ту или иную модель энергопотребления. Критически важно реализовать управление потреблением энергии и получать информацию для обслуживания систем и диагностики отказов.

В данной главе рассмотрены две основных области, в которых могут проявиться преимущества новых технологий измерения: точки нагрузки (POL) в жилом/промышленном секторе и центры обработки данных.

Измерение эффективности в точке нагрузки

Интеллектуальные схемы управления мощностью требуют точного измерения не только общего энергопотребления (например, во всем здании), но и энергопотребления в точке нагрузки (такой как кондиционер воздуха, светильник, посудомоечная машина или компьютер).

Интеллектуальные счетчики могут отслеживать зависимость потребления мощности от времени суток и позволяют коммунальным компаниям предлагать абонентам скидки, чтобы изменить схему энергопотребления. Для широкого внедрения автоматизации нам необходимо предоставить потребителям возможность выбора и расширенный набор услуг. Отдельные точки нагрузки следует объединить в локальные сети, которые позволят собирать информацию, осуществлять управление, мониторинг и контролировать раз-

личные нагрузки в здании или домовладении. Ассортимент услуг может быть расширен за счет измерений качества электроэнергии и статистики ее потребления, эти данные позволят планировать техническое обслуживание. Такая сеть может быть реализована с помощью широкого набора конфигураций и протоколов в зависимости от конкретных приложений.

Локальная сеть для сбора данных и управления, включающая в себя средства точного измерения мощности, способна обеспечить значительное снижение затрат благодаря информации о том, как используется электроэнергия. Если потребители увидят, что эксплуатация кондиционера воздуха обходится в 200 долларов США в месяц (стоимость использования) или что стоимость использования сушильного аппарата днем, а не в 7 часов вечера, значительно выше (стоимость использования в зависимости от времени суток), весьма вероятно, что они изменят схему своего энергопотребления.

Раньше для сбора подобной информации требовались дорогостоящие высокочастотные счетчики коммунальных услуг, теперь ее можно получить с помощью устройств, которые стоят на порядок меньше. Информация о коэффициенте мощности, нелинейных искажениях, активной мощности (Вт) и полной мощности (ВА) теперь легко доступна и может использоваться для оптимизации бюджетов доставки мощности, планирования профилактического обслуживания и для оценки износа системы.

На **Рис. 1** показано энергопотребление ноутбука при использовании двух различных подключаемых источников пита-

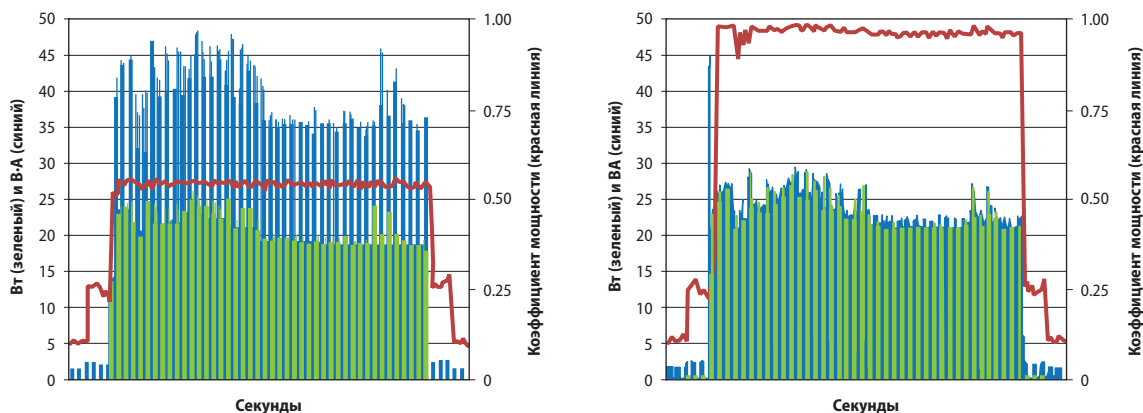


Рис. 1. Энергопотребление ноутбука в процессе запуска, в установившемся режиме и при завершении работы — используются два различных источника питания.

ния. Хотя реальная нагрузка одна и та же, мощность, которая поставляется по сети коммунальной компанией (так называемая полная мощность), значительно отличается от мощности, потребляемой нагрузкой (активная мощность). Такие различия приводят к напрасным и неучтенным потерям мощности. Благодаря интеллектуальным решениям для измерения энергопотребления можно использовать статистические данные, чтобы регулировать работу приборов в целях оптимизации энергоэффективности.

Точность измерений важна для действенного предотвращения перебоев в питании и для защиты оборудования. Небольшое снижение уровня напряжения или частоты в сети могут служить индикатором предстоящего сбоя в питании, что позволит устройствам переключиться в защищенный режим работы. Кроме того, информация о переходе напряжения через ноль может использоваться для определения момента, когда следует включить или отключить устройство, чтобы сократить его износ вследствие дугового разряда.

Измерение энергоэффективности центров обработки данных

Центры обработки данных привлекают все больше внимания. Согласно оценкам управления по охране окружающей среды (США) в 2006 году энергопотребление центров обработки данных составляло 1.5% от общего уровня энергопотребления США, а к 2011 году, как ожидается, этот показатель удвоится, что влечет за собой необходимость строительства десяти дополнительных электростанций. Повышение энергоэффективности центров обработки данных поможет избежать подобных инфраструктурных затрат и обеспечит операторам этих центров значительную экономию при оплате счетов за электроэнергию.

Недавно в рамках программы ENERGY STAR было выпущено руководство для центров обработки данных, призванное смягчить спрос на электроэнергию за счет повышения энергоэффективности. Главное в этом руководстве — новый показатель, называемый эффективностью использования мощности (Power Usage Effectiveness — PUE), который позволяет оценить эффективность производственной инфраструктуры. Показатель PUE вычисляется путем деления общего энергопотребления центра обработки данных на энергопотребление ИТ-оборудования. Для этого необходимо провести измерения во множестве точек внутри центра

обработки данных, включая источники бесперебойного питания (ИБП) и распределительные щиты питания.

Данные о потреблении мощности в режиме реального времени необходимы, чтобы предотвратить дорогостоящую перегрузку защитных прерывателей, а также отказаться от приобретения излишнего оборудования, которое большую часть времени будет находиться в состоянии простоя или в дежурном режиме. Вооружившись этой информацией, руководители центров обработки данных смогут реализовать оперативную стратегию динамического выделения и перераспределения мощности, чтобы добиться максимально значения PUE.

Дополнительное преимущество систем измерения энергопотребления состоит в том, что они предоставляют руководителям центров обработки данных ранние предупреждения о возможных отказах, что позволяет в плановом порядке проводить профилактическое обслуживание. Ранние предупреждения обеспечивают запас времени, необходимый, чтобы эффективно использовать возможности избыточности до того, как произойдет отказ. Благодаря системам измерения энергопотребления возможен непрерывный мониторинг работоспособности электросети. Это особенно важно при необходимости включения оборудования в определенном порядке, например при возобновлении работы после аварийного отключения энергии, чтобы не допустить перегрузок.

Системы на кристалле для измерения энергопотребления

Чтобы реализовать алгоритмы интеллектуального управления питанием, необходимо иметь четкое представление как о реальном энергопотреблении, так и о реальной потребности в энергии. Для этого требуется высокая точность измерений и множество метрологических функций, в том числе: измерение искажений, активной, реактивной и полной мощности, энергии, среднеквадратических значений напряжения и тока, а также частоты. Эта ценная информация позволяет повысить эффективность эксплуатации, предотвратить перебои в питании и организовать порядок включения устройств после аварийного отключения питания.

Точность измерений определяется решением, погрешностью и динамическим диапазоном. Многие микроконтроллеры общего назначения имеют ограниченную точность и узкий динамический ди-

апазон из-за применения 10- или 12-битных АЦП. В то же время дискретные схемы для измерения переменного тока требуют использования множества компонентов, глубоких знаний в соответствующей области и больших затрат времени на разработку.

Доступные сегодня решения СнК позволяют встроить возможности интеллектуальных измерений в различные устройства: от устройств, подключаемых в точке нагрузки, до распределительных щитов питания. Достижения в области технологий производства и проектирования позволяют обеспечить соответствие метрологических средств, содержащихся в одной системе на кристалле, критическим требованиям к цене, функциональности, надежности и размерам. Сегодня передовые решения СнК могут быть встроены в серверные шкафы, источники бесперебойного питания, AC/DC-модули питания, распределительные щиты питания, интеллектуальные устройства и светильники.



Рис. 2. Устройство мониторинга розетки на базе интерфейса ZigBee®.

На Рис. 2 показана простая в использовании система сбора данных в точках нагрузки. Это недорогое устройство для мониторинга розетки демонстрирует возможности СнК 78M6612, предназначенной для измерения энергии. Оно позволяет пользователям снимать данные с розетки сети переменного тока с отметками о времени измерения и передавать их по беспроводному интерфейсу на эталонный счетчик для графического анализа или сравнения.

Система на кристалле 78M6612 для мониторинга мощности переменного тока способна измерять токи от 10 мА до 20 А с ошибкой не более 0.5% в широком диапазоне температур: от -40 до +85°C.

Встроенный 22-битный АЦП поддерживает столь широкий динамический диапа-

зон и такую точность, что позволяет системе на кристалле обнаруживать различные режимы низкого энергопотребления в точке нагрузки. К тому же, широкий динамический диапазон дает возможность использовать одну и ту же схему для мониторинга обширного спектра приложений, обеспечивая экономию за счет масштаба.

Технические преимущества использования СнК для измерения энергопотребления

- Точные измерения мощности в широком динамическом диапазоне токов

могут использоваться, чтобы удостовериться, что устройство находится в режиме с низким энергопотреблением. Например, одна система на кристалле позволяет измерять токи от 10 мА до 20 А с точностью 0.5%.

- Измерения напряжения и частоты сети позволяют определять наилучшее время для использования электроэнергии, особенно в тех случаях, когда ее источник не принадлежит локальному поставщику. Небольшие падения напряжения или частоты сети являются индикатором возможных сбоев питания.
- Переход напряжения переменного тока через ноль может использоваться для определения наилучшего момента для

отключения или включения переключателей — такая возможность появляется каждые 8 или 10 мс, в зависимости от частоты сети.

- Собранные статистические данные могут использоваться для раннего обнаружения отказа в локальном AC/DC-модуле питания или для получения информации о характере нагрузки, только что подключенной к сети.

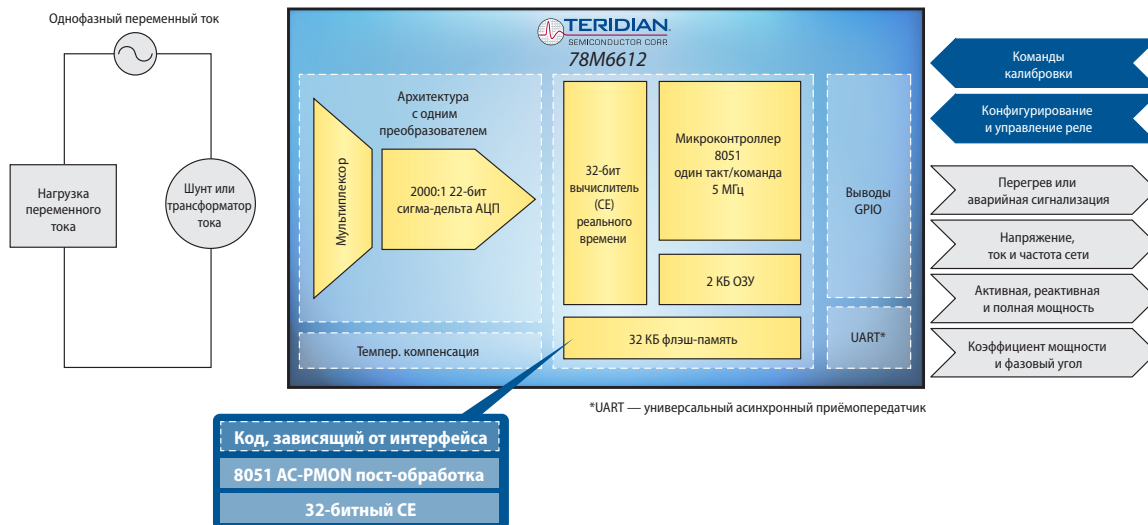
Высокоинтегрированная система мониторинга розеток на базе всего одной микросхемы экономит время, занимаемое пространство и средства по сравнению с многокристальным решением

78M6612/78M6613

78M6612/78M6613 — это высокоинтегрированные ИС для измерений мощности и для мониторинга однофазного переменного тока (AC-PMON) в бытовых и промышленных системах. ИС 78M6612 предназначена для измерения мощности переменного тока в устройствах общего назначения, а 78M6613, позволяющая упростить интеграцию средств измерения мощности однофазного переменного тока, — для источников питания. Эти однокристальные решения, имеющие точность измерения энергопотребления в Вт·ч — 0.5% или лучше в диапазоне токов 2000:1 при различных температурах, предоставляют метрологические данные, которые обычно можно получить только с помощью сложных многокристальных измерительных систем.

Обе ИС оснащены четырьмя аналоговыми входами, используют технологию Single Converter Technology® компании Teridian и интегрированный 32-битный вычислитель (CE) для измерения энергопотребления одной или двух нагрузок переменного тока или розеток. Эти приборы отличаются высоким уровнем интеграции, благодаря чему можно уменьшить пространство, занимаемое на плате, и снизить стоимость готовой системы. Они содержат ядро 8-битного микропроцессора с 32 КБ встроенной флэш-памяти, интерфейс UART и несколько выводов GPIO для упрощения интеграции в любой источник питания или модуль мониторинга розетки. В типичных условиях эксплуатации ИС 78M6612/78M6613 потребляют около 30 мВт. 78M6612 поставляется в 64-выводных корпусах LQFP или 68-выводных корпусах QFN, не содержащих свинца, а 78M6613 — в 32-выводных бессвинцовых корпусах QFN.

Создание устройств на базе ИС 78M6612/78M6613 значительно упрощается при использовании бесплатного набора инструментальных средств разработки. Полное встраиваемое ПО для измерения электроэнергетики поддерживает последовательный интерфейс UART и облегчает калибровку, конфигурирование и извлечение данных. Доступны варианты встраиваемого ПО для эмуляции интерфейсов I²C, PMBus™ или SMBus с использованием имеющихся выводов GPIO. Встраиваемое ПО может быть предварительно загружено при производстве ИС, возможна также его модификация пользователем в случае необходимости. Имеющиеся библиотеки программного обеспечения значительно ускоряют процесс разработки.



Блок-схема типичной SNK, встроенной в однофазное устройство, для измерения электроэнергии.

Преимущества

- **Однокристалльное решение обеспечивает метрологическую точность, присущую обычно только многокристальным счетчикам**
 - Точность измерения энергопотребления в ватт-часах в диапазоне токов 2000:1 и при различных температурах составляет 0.5%
- **Интеллектуальный мониторинг энергопотребления**
 - Полный набор параметров диагностики энергопотребления (коэффициент мощности, нелинейные искажения, кратковременные падения и провалы напряжения) для каждой розетки
 - Предсказание сбоев электропитания
 - Интеллектуальное управление коммутационными реле, включая обнаружение перехода напряжения через ноль для каждой розетки
- **Высокий уровень интеграции позволяет снизить стоимость комплектующих**
 - Параллельный мониторинг двух розеток
 - Питание сразу двух розеток позволяет снизить затраты в расчете на одну розетку
 - Поддержка полного набора коммуникационных протоколов для измерения энергопотребления
 - Исключение потребности во внешних компонентах для запуска устройства или загрузки калибровочных параметров
- **Сокращение сроков вывода продукции на рынок**
 - Программные инструментальные средства поддержки упрощают цикл разработки
 - Не требуется самостоятельная разработка ПО
 - Имеется в наличии полный набор встраиваемого ПО для измерения энергопотребления и хост-интерфейсов

8-канальная ИС для измерения электроэнергии упрощает разработку сложных серверных блоков распределения питания и при этом позволяет снизить затраты

78M6618

78M6618 — это высокоинтегрированная однофазная система на кристалле для измерения мощности и для мониторинга 8 розеток. Она предназначена для многоканального мониторинга мощности в блоках распределения питания, интеллектуальных прерывателях тока и панелях реле в жилых домах и системах автоматизации зданий.

Точность ИС 78M6618, составляющая 0.5% для измерения энергопотребления в ватт-часах в диапазоне токов 2000:1 при различных температурах, обычно достижима только в многокристалльных измерительных системах. Эта ИС для измерения электроэнергии отличается беспрецедентным уровнем интеграции: 32-битный вычислитель SE, ядро микропроцессора, 128 КБ флэш-памяти, 4 КБ совместно используемого ОЗУ, часы реального времени, три режима с низким энергопотреблением, встроенный таймер или пробуждение по внешнему сигналу; два универсальных асинхронных приемопередатчика, интерфейс EEPROM I²C/MICROWIRE® или SPI™. Кроме того, данная система на кристалле поддерживает технологию Single Converter Technology® компании Teridian, содержит 22-битный сигма-дельта АЦП, десять аналоговых входов, обеспечивает цифровую температурную компенсацию и прецизионное опорное напряжение. Благодаря таким разнообразным возможностям ИС 78M6618 может использоваться в широком наборе приложений для измерения однофазных нагрузок. Эта однокристалльная микросхема, которой требуется лишь несколько внешних компонентов, позволяет значительно снизить стоимость реализации сложных систем распределения питания (PDU).

Полный набор инструментальных средств внутрисхемной эмуляции и разработки упрощает и ускоряет процесс проектирования. Имеются метрологические библиотеки, предназначенные для измерений и управления переключением восьми однофазных розеток переменного тока (подключенных к одной и той же фазе). Комплект программ для разработчика ПО, примеры разработки и руководство разработчика ускоряют создание и сертификацию средств измерения мощности и энергии.

Преимущества

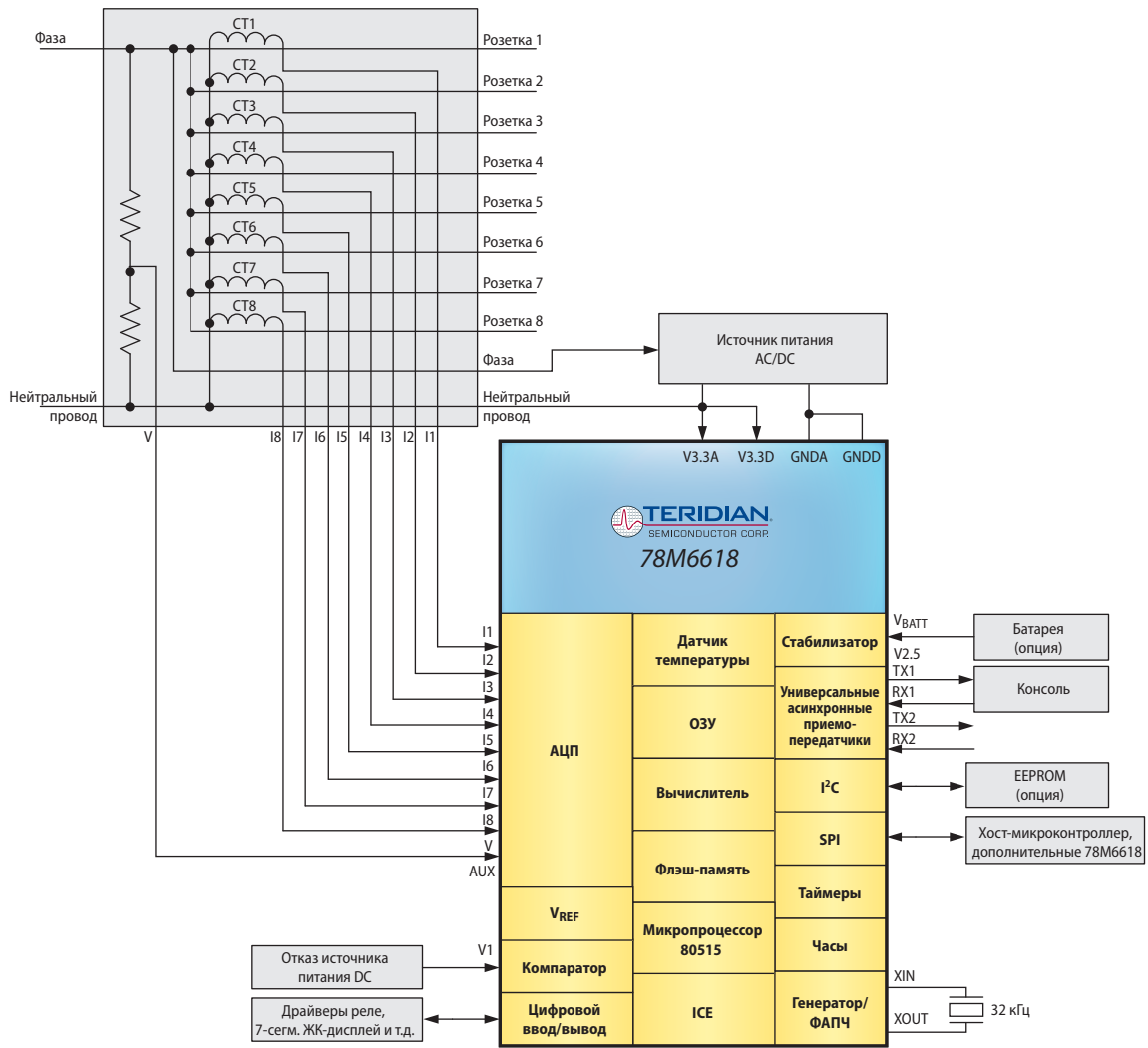
- **Однокристалльное решение обеспечивает метрологическую точность, присущую обычно только многокристалльным счетчикам**
 - Точность измерения энергопотребления в ватт-часах в диапазоне токов 2000:1 и при различных температурах составляет 0.5%
- **Интеллектуальный мониторинг энергопотребления**
 - Измерение коэффициента мощности для каждой розетки
 - Предсказание сбоев электропитания
 - Интеллектуальное управление коммутационными реле, включая обнаружение перехода напряжения через ноль для каждой розетки
- **Высокий уровень интеграции позволяет снизить стоимость комплектующих**
 - Параллельный мониторинг восьми розеток
 - Питание сразу восьми розеток позволяет снизить затраты в расчете на одну розетку
 - Полный набор коммуникационных протоколов для измерения электроэнергии в одной микросхеме
- **Сокращение сроков вывода продукции на рынок**
 - Программные инструментальные средства поддержки упрощают цикл разработки
 - Не требуется самостоятельная разработка ПО
 - Имеется в наличии полный набор встраиваемого ПО для измерения энергопотребления и хост-интерфейсов

(Блок-схема приведена на следующей странице)

Измерение энергопотребления

Описание продукции

8-канальная ИС для измерения электроэнергии упрощает разработку сложных серверных блоков распределения питания и при этом позволяет снизить затраты (*продолжение*)



Блок-схема ИС 78M6618 для измерений мощности и энергопотребления.