

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ВО ВСТРАИВАЕМЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

УИЛЬЯМ СМИТ (WILLIAM SMITH), директор по маркетингу, Murata Power Solutions

В статье обсуждаются перспективные методы повышения эффективности систем управления питанием для компьютерных и встраиваемых приложений в соответствии с требованиями последних спецификаций Intel по энергосбережению – VR12 и VR12.5. Статья представляет собой перевод [1].

Требования по повышению эффективности питания компьютерных систем и приложений для хранения данных становятся все более жесткими. Необходимо обеспечить уже не просто высокоэффективное преобразование энергии. Производители высокопроизводительных встраиваемых процессоров вынуждены уделять все больше внимания отключениям фаз (phase shedding), повышению эффективности при малых нагрузках и реакциям системы на переходные процессы.

Поскольку размеры корпусов процессоров уменьшаются, и на рынок выходят новые модели, поставщики ведут борьбу за долю рынка, где энергопотребление конечных систем становится главным и определяющим фактором. В особенности это касается энергосберегающих проектов с улучшенными переходными характе-

ристиками, которые позволяют оптимизировать вычислительные ресурсы компьютеров. Требования к низкому напряжению и более высоким токам заставляют ведущих поставщиков микросхем управления питанием по-новому определять понятие «стабилизация напряжения» (voltage regulation — VR).

Цифровое управление питанием рассматривается как ключевой фактор успеха, а необходимость интеллектуального управления источником питания только расширяет список проблем для разработчиков при создании источников питания для подобных приложений.

Так, корпорация Intel точно определила то количество энергии, которое требуется для производимых ею устройств в течение некоторого времени их работы. Последняя версия специ-

фикации для архитектуры питания от Intel — VR12 — была представлена в конце 2011 г. Компания Murata Power Solutions отметила, что впервые для приложений на базе модуля стабилизации напряжения питания от Intel (Voltage Regulator Module — VRM) аналоговые контроллеры были заменены на цифровые, и данная спецификация четко указала на преимущества использования модулей питания по сравнению с дискретными решениями.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Спецификация VR12.0 придает особое значение необходимости сокращения потерь энергии в процессе ее преобразования. Ключевым аспектом здесь является необходимость снижения потерь во всех режимах нагрузки, а не только в определенной рабочей точке.

Одной из проблем является снижение потерь в режимах, близких к холостому ходу. Для оптимизации характеристик многофазных стабилизаторов при малой нагрузке часто используется метод отключения фаз (см. рис. 1) — phase shedding (PS). Эта технология основана на отключении некоторых фаз, неиспользуемых в данный момент, что обеспечивает снижение мощности потребления переключающего полевого транзистора и других, связанных с этим, потерь.

Метод отключения фаз при малой нагрузке может показаться простым в применении, но следует обратить внимание на то, каким образом он реализован и влияет ли он на другие условия нагрузки. При реализации этого метода необходимо предусмотреть контур управления для того, чтобы обеспечить стабильность компенсирующей цепи и применение прерывистого режима работы, как части мер по обеспечению стабильности замкнутого конту-

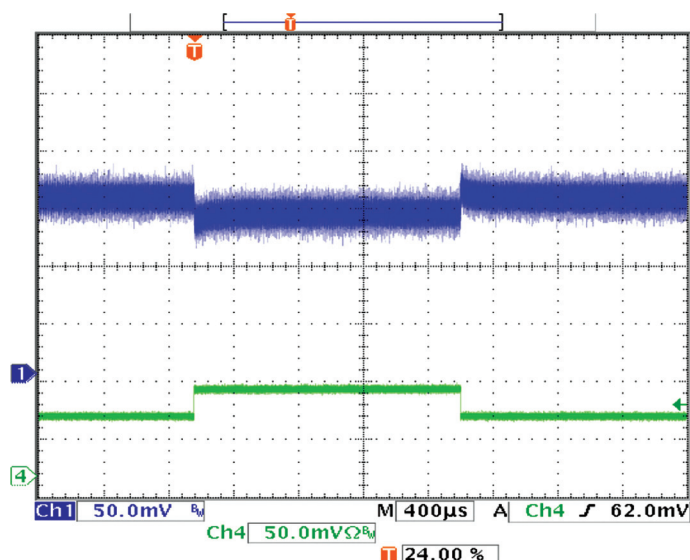


Рис. 1. В режиме PS1 напряжение питания V_{core} (синяя осциллограмма) отклоняется на 20 мВ в ответ на скачкообразное изменение нагрузки с 4 до 20 А и обратно до 4 А (зеленая осциллограмма) при скорости нарастания тока в 450 А/мкс

ра. Именно в этом случае применяется нелинейное цифровое управление при реализации многорежимной работы. Отключение фазы снижает энергопотребление, но возможна дополнительная минимизация потерь при переключении фазы. Отключение фазы может быть реализовано с помощью режима диодной эмуляции. Метод диодной эмуляции в режиме очень малой нагрузки предполагает отключение переключающего полевого транзистора нижнего плеча.

Для уменьшения временной задержки на время выключения полевого транзистора верхнего плеча и включения полевого транзистора нижнего плеча, что позволяет предотвратить возникновение сквозных токов, используется метод адаптивного управления паузой. Это хорошо известный метод, используемый в синхронных импульсных преобразователях, который позволяет снизить потери на переключение. Следует оценить влияние управляющего напряжения на затворе на величину потерь на переключение. Чем выше управляющее напряжение, тем меньше время включения полевого транзистора, что позволяет оптимизировать драйвер с точки зрения эффективности.

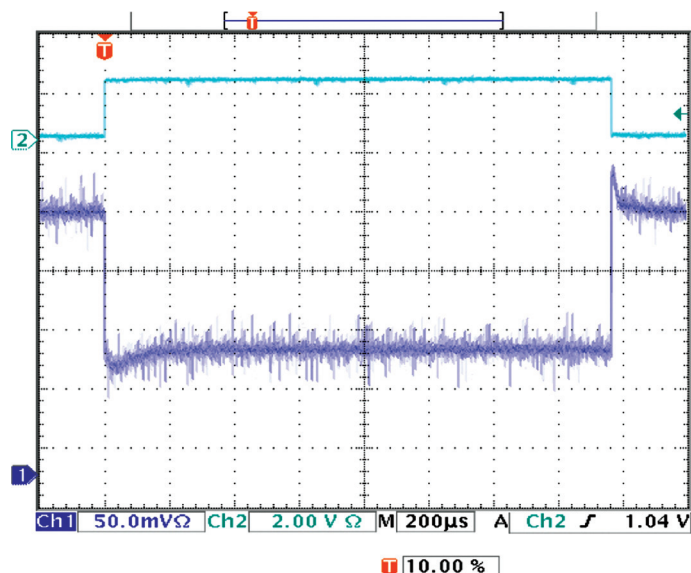
ПЕРЕХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Необходимость снижения потерь в системах стабилизации напряжения потребовала сделать переход на интегрирование ключей и драйверов в одном корпусе. Такой подход был оформлен в 2004 г. в виде спецификации корпорации Intel для драйверов MOSFET и силовых ключей — DrMOS.

Широко используемый в решениях на базе стабилизации с понижением напряжения (voltage regulator down — VRD) интегрированный драйвер с полевыми транзисторами верхнего и нижнего плеча в одном корпусе занимает меньше площади на печатной плате по сравнению с дискретным решением. Например, корпусное решение от Texas Instruments (TI) для полевых транзисторов верхнего и нижнего плеча с многоуровневым размещением кристаллов и интегрированным драйвером имеет дополнительное преимущество, которое заключается в более высокой скорости переключения без увеличения потерь при использовании разных технологий полевых транзисторов.

До того как появилась спецификация VR12 от Intel, отклонение выходного тока от среднего до пикового значений потребления составляло порядка 30–40%. Поиск оптимального соотношения между эффективностью среднего и пикового тока потребления и переходной характеристикой требует выбора оптимального номинала индуктивности катушки. Обычно использу-

Рис. 2. При переходе между режимами PS1 и PS0 в ответ на изменение тока нагрузки с 16 до 147 А (осциллограмма светло синего цвета) для скорости изменения тока в 450 А/мкс напряжение питания V_{core} (осциллограмма темно синего цвета) отклоняется на ± 112 мВ



ют как можно более высокий номинал индуктивности, что обеспечивает максимально возможную эффективность преобразования энергии при пониженной скорости переходного процесса. Индуктивность меньшего номинала обеспечивает более быстрый переходный процесс, но эффективность при этом падает. Очевидно, что с появлением спецификации VR 12.0 поиск оптимального варианта стал сложнее.

Ожидая завершения разработки спецификации VR12.5 от Intel, мы предполагаем, что обеспечение ключевых параметров этой спецификации, таких как достижение переходного тока в нагрузке 100% номинального тока, вызовет ряд серьезных проблем для разработчиков микросхем ШИМ. Кроме обеспечения требуемой области устойчивой работы переключающих приборов решающее значение имеет баланс переходных процессов в фазах (см. рис. 2). Поддержка необходимой области устойчивой работы устройства требует применения технологии интеллектуальной балансировки нагрузочного тока для предупреждения какого-либо ухода фазы тока за заданные пределы во время бросков тока. Ток может оказаться намного выше средней величины, которая контролируется сегодня во многих многофазных приложениях, локализованных к нагрузке.

Мгновенные скачки температуры могут не вызывать проблем, поскольку запас по температуре обеспечивает возможность преобразования энергии в пределах области устойчивой работы устройства, однако разработчикам обязательно нужно учитывать величину пикового тока. Пиковый ток может вызвать перегрузку в каскаде преобразования энергии по достижении

предельной границы области устойчивой работы. Необходимо принимать во внимание предельные параметры переключающих приборов, поэтому при создании общей схемы стабилизации напряжения инженер должен работать в тесном контакте с поставщиком микросхем ШИМ.

Предполагается, что наряду с областью устойчивой работы переключающего прибора приемлемую величину индуктивности во время переходного процесса обеспечивают катушки малой индуктивности с увеличенной площадью поперечного сечения. Ограниченные возможности индуктивного датчика тока могут создать серьезную проблему для точного определения выходного тока в узле коммутации. Поскольку увеличение мгновенного значения делает трудной реализацию индуктивного измерения тока, некоторые поставщики переключающих приборов разрабатывают полевые транзисторы со встроенным датчиком тока (Sense FET), которые позволяют точно определять величину тока в коммутирующем узле.

Поскольку ограничения по переходным процессам в классической схеме управления с помощью цепи обратной связи затрудняют следование нагрузочной прямой, все большее значение уделяют режимам управления силовой ШИМ-микросхемой, для чего необходимо обеспечить ее связь с процессором.

Это подразумевает определение максимального тока нагрузки в методе коррекции ошибок с упреждением, так, чтобы он мог обеспечить требования спецификации по переходным процессам при динамической нагрузке.

Объективно оценивая все вышесказанное, можно предположить, что

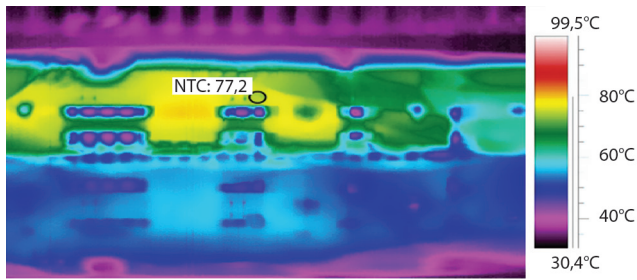


Рис. 3. ИК-изображение тепловых режимов в модуле VRM (показана температура термистора NTC относительно температуры силового каскада)

решение на базе VRD может потребовать увеличения площади, занимаемой на плате. Это вызвано необходимостью использования высокоинтеллектуального переключающего прибора с точным датчиком тока с целью реализации новых требований спецификации VR. Конечно, это идет вразрез с необходимостью высвобождения площади на плате для размещения самого микропроцессора.

Инженеры должны подыскивать такие компании-поставщики переключающих устройств, которые работают в тесном взаимодействии с поставщиками контроллеров. Например, компании TI и IR (International Rectifier) предлагают решения для стабилизации напряжения, а также решения в области переключающих полевых транзисторов. Это примеры новых подходов, которые реализуют крупные постав-

щики для достижения стратегических инновационных преимуществ перед конкурентами.

Способ избежать рисков при создании продуктов, отвечающих новым требованиям по системам стабилизации напряжения, заключается в использовании силовых модулей тех производителей, которые поставляют продукты, совместимые со спецификацией Intel. Например, компания Murata поставляет модули VRM, которые не только отвечают требованиям спецификации Intel VR12, но и имеют дополнительные преимущества, в частности, обеспечивают повышенную плотность мощности и уменьшение номинальной величины нагрузки с ростом температуры. Тепловой режим такого модуля показан на рисунке 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. William Smith. *Meeting the design challenges of delivering «green» power to embedded applications*//www.murata-ps.com.