

Проектирование эффективного зарядного устройства

на микросхемах семейства LinkSwitch-II от Power Integrations

Несколько хитростей, которые помогут спроектировать высокоэффективное зарядное устройство, отвечающее всем международным стандартам.

Сильвестро Фимиани
(Silvestro Fimiani)

Перевод:
Геннадий Бандура

Функциональные возможности телефонов нового поколения, особенно iPhone, необычайно широки. Однако их использование требует много энергии, т. е. чем больше функций в вашем мобильном телефоне или iPhone, тем более емкий аккумулятор у него должен быть. Типичный пользователь обычно дожидается практически полного разряда батареи и лишь после этого устанавливает его на зарядку. Исходя из этого можно сделать вывод, что функция быстрого заряда мобильного устройства была бы очень желательна. Кроме того, «зарядку» зачастую оставляют включенной в питающую сеть, даже если она не заряжает мобильные устройства в данный момент. Т. е. в дополнение к высокому КПД устройства во время заряда необходимо, чтобы в режиме холостого хода (без нагрузки) зарядное устройство потребляло бы минимум энергии. При разработке источника питания, удовлетворяющего вышеупомянутым критериям, разработчик должен учитывать множество факторов.

Общий объем электроэнергии, потребляемый в бытовом секторе зарядными устройствами и блоками питания, привлек к себе внимание контролирующих органов всего мира. Многие страны сейчас принимают за основу своего национального стандарта американскую спецификацию Energy

Star. Современный стандарт Energy Star v 2.0 предполагает скользящую шкалу необходимого КПД источника питания, основываясь на его выходной мощности. К примеру, КПД источника питания мощностью 5 Вт должен быть не менее 68%. Достижение подобного результата — далеко нетривиальная задача. Устройства, не удовлетворяющие данному стандарту, должны быть заменены на более совершенные.

Производители сотовых телефонов так же настаивают на ужесточении энергосберегающих стандартов. Снижая энергопотребление своих устройств, они поддерживают тенденции развития индустрии, а также планируют привлечь потребителей, неравнодушных к экологическим проблемам. В 2008 г. пять основных производителей сотовых телефонов (Nokia, Samsung, Sony Ericsson, Motorola и LG Electronics) ввели систему оценки параметров энергосбережения зарядных устройств: Star Rating System. Для того чтобы зарядное устройство соответствовало 5 звездам (максимальный рейтинг), оно должно потреблять менее 30 мВт в режиме «без нагрузки», что составляет одну десятую от предела, разрешенного стандартом Energy Star EPS Specification Version 2.01.

Соответствие стандартам

Обратноходовой преобразователь 5 В, 5 Вт, разработанный Power Integrations, обладает средним КПД 74%, что на 6% лучше, чем того требует стандарт Energy Star EPS v2.0. На рис. 1 показаны результаты замеров КПД 59 источников питания, протестированных на соответствие Energy Star.

На рис. 2 приведена схема зарядно-питающего устройства CV/CC (constant-voltage/constant-current) мощностью 5 Вт с универсальным диапазоном входного напряжения. Этот дизайн применим для зарядного устройства сотового телефона, зарядного устройства USB или любого другого устройства, которому необходимы CV/CC-характеристики. Схема обеспечивает напряжение 5 В ($\pm 5\%$) при нагрузке до 1 А. Превышение этого порога приводит к уменьшению выходного напряжения и поддержанию выходного тока на уровне 1 А ($\pm 10\%$).

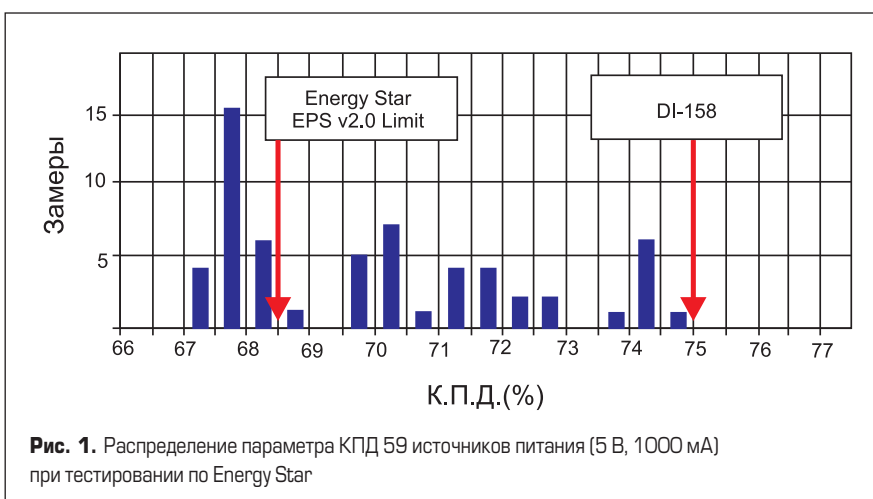


Рис. 1. Распределение параметра КПД 59 источников питания (5 В, 1000 мА) при тестировании по Energy Star

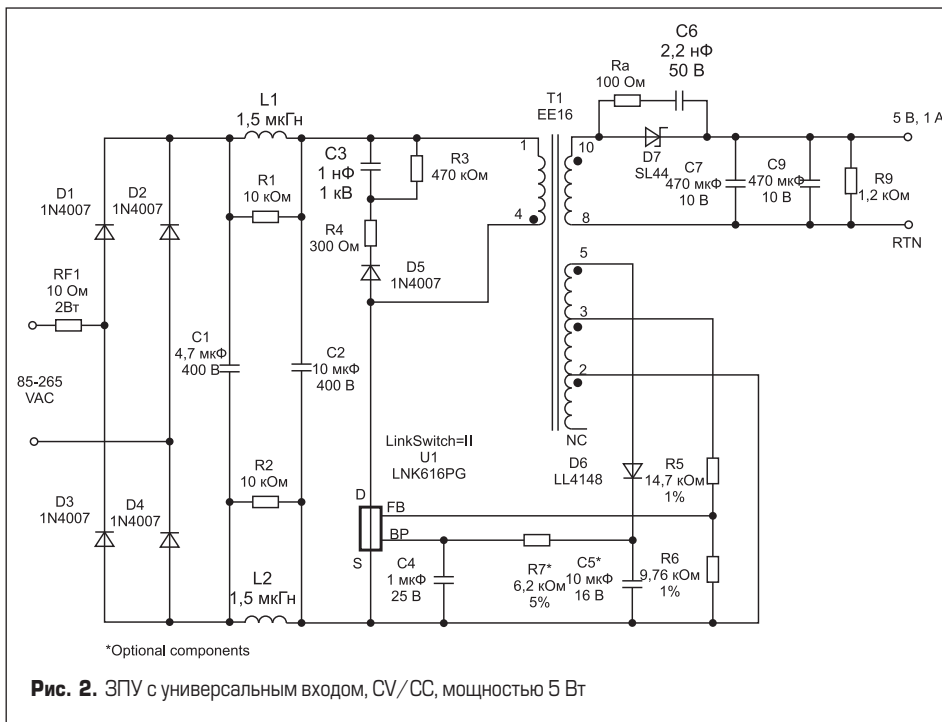


Рис. 2. ЗПУ с универсальным входом, CV/CC, мощностью 5 Вт

Обратноходовой источник питания построен на микросхеме LNK616PG (U1) семейства LinkSwitch-II от Power Integrations, которая управляет силовым ключом релейным способом. Уровень выходного напряжения поддерживается как соотношением совершенных и пропущенных рабочих циклов, так и регулятивной порогом ограничения тока первичной цепи. При повышении энергопотребления на выходе поднимается порог ограничения тока, и исчезают пропущенные рабочие циклы. Дальнейшее повышение нагрузки приводит к тому, что выходное напряжение падает. Контроллер фиксирует напряжения и переходит в режим стабилизации тока (CC). При этом частота переключения падает для стабилизации выходного тока. На рис. 3 приведены вольт-амперные характеристики источника питания.

Ключевые элементы для улучшения соотношения эффективности/цена

Существуют элементы, которые способствуют достижению максимальной эффективности источника питания, сохраняя при этом его минимальную стоимость. Первый — это трансформатор T1, дизайн которого во многом определяется эффективностью ключевого элемента в U1. В качестве него в микросхемах LinkSwitch-II используют интегрированный MOSFET-транзистор на 700 В. Он способен переключаться на частоте 85 кГц, что практически в 2 раза больше максимума (45 кГц) для большинства конкурирующих устройств. Повышение частоты позволяет уменьшить как типоразмер трансформатора, так и число слоев обмотки, что обуславливает снижение емкостных потерь трансформатора. Для минимизации аудиозумов, которые могут быть сгенерированы трансформатором, необходимо контролировать максимальную плотность

потока. В начале каждого рабочего цикла MOSFET-ключ U1 замыкается, и ток начинает нарастать через первичную обмотку T1 до порога ограничения, определенного контроллером U1. При достижении порога ключ размыкается, и энергия, запасенная в первичной обмотке, передается на вторичную обмотку. При малых выходных нагрузках U1 устанавливает низкий порог ограничения тока, что снижает максимальную плотность потока энергии трансформатора. Система контроля порога тока первичной обмотки, дополненная системой контроля совершенных и пропущенных рабочих циклов, оптимизирует КПД во всем диапазоне нагрузок.

Вторичные обмотки трансформатора (5-3-2-NC) обеспечивают следующие функции:

- 2-5 — питание для U1 через диод D6.
- 2-3 — сигнал обратной связи для вывода FB микросхемы U1. Основываясь на информации о выходном напряжении, эта схема контроля работает как в режиме CV, так и в режиме CC. При этом пропадает необходимость в выходном шунтовом элементе,

оптопаре и схеме контроля вторичной цепи, что кардинально упрощает дизайн.

- 2-NC — это реализация технологии E-Shield от Power Integrations, которая улучшает параметры ЭМИ и делает ненужным экранирование медной фольгой.

Следующим ключевым элементом является выпрямительный диод D7. Его эффективность напрямую влияет на КПД источника питания. Максимальное обратное напряжение диода определяется номинальным напряжением первичных элементов схемы. К примеру, конкурентные решения используют ключевой элемент, рассчитанный на максимальное напряжение 600 В. Это потребует на выходе в качестве D7 диода Шоттки на 60 В. MOSFET-ключ микросхем семейства LinkSwitch-II рассчитан на 700 В, что позволяет использовать в качестве D7 диод Шоттки на 40 В. Это, во-первых, делает источник питания более дешевым, а во-вторых, прямое падение напряжения на этом диоде составит 0,5 В против 0,7 В на 60 В. То есть, при замене только одного компонента рассеивание мощности уменьшается на 0,4 Вт, а это дает прирост общего КПД на 5%.

Ключ MOSFET на 700 В позволяет безопасно работать от питающей сети переменного тока напряжением в 380 В. Это делает зарядное устройство более надежным при работе в сетях, где качество питающего напряжения может очень сильно отличаться от идеала.

Последним ключевым элементом, который влияет на КПД, является контроль ЭМИ. Соответствие стандартам EN55022 и CISPR 22 класса В имеет крайне важное значение. По сути, схема сама по себе должна генерировать минимум электромагнитного излучения. Добавление компонентов, которые его подавляют, не самое удачное решение, так как это увеличивает стоимость, занимает место на плате и потребляет лишнюю мощность. К счастью, микросхемы семейства LinkSwitch-II обладают множеством функций, минимизирующих ЭМИ. Генератор микросхемы обладает встроенным джиттером, размывающим частотный спектр. Работая на частоте в 80 кГц, микросхема обладает меньшим пиковым током первичной обмотки, чем конкурентные решения, работающие на 45 кГц,

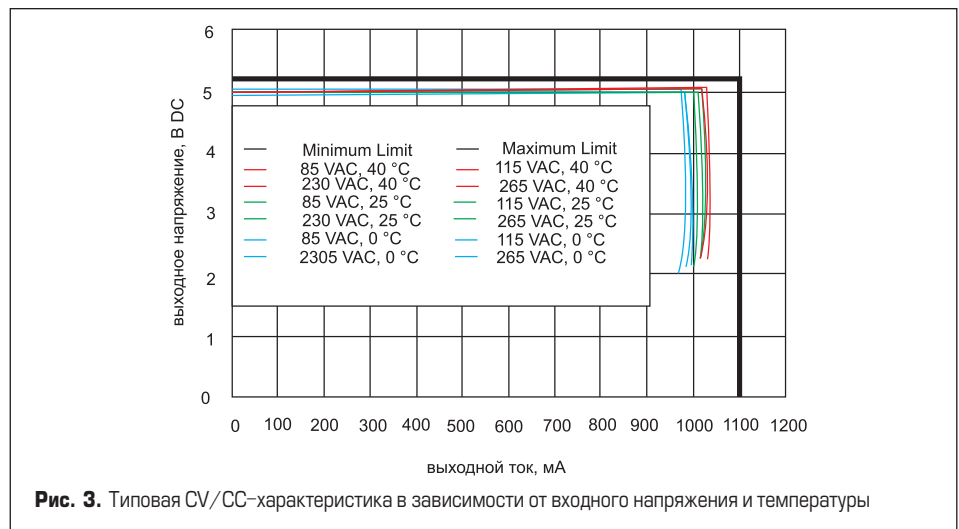


Рис. 3. Типовая CV/CC-характеристика в зависимости от входного напряжения и температуры



Рис. 4. Макет собранного источника питания 5 В, 1000 мА

что также снижает уровень ЭМИ. Эти особенности, дополненные технологией намот-

ки трансформатора E-Shield, позволяют использовать минимальное число подавляющих элементов — всего несколько дросселей, резисторов и конденсаторов. Как видно на рис. 1, на входе питающего напряжения дроссели L1 и L2 с конденсаторами C1 и C2 формируют П-образный фильтр, подавляя ЭМИ. Цепь рассеяния высоковольтного выброса на стоке MOSFET-ключа сформирована из элементов D5, R3, R4 и C3. Резистор R4 имеет сравнительно высокий номинал, что предотвращает высокочастотный «звон» на стоке. Цепочка C6 и R8 предотвращает переходные всплески напряжения на диоде D7. Все вышеперечисленное позволяет схеме соответствовать стандартам EN55022 и CISPR 22 класса В с запасом >10 дБ.

На рис. 4 видно, как мало компонентов необходимо для построения высокоэффективного зарядно-питающего устройства, полностью соответствующего стандартам ЭМИ, безопасности и надежности.

Несмотря на то, что рассмотренный источник питания по энергетической эффективности на 6% лучше, чем того требует стандарт Energy Star EPS v2.0 для источника питания 5 Вт, более значительным можно считать крайне низкое энергопотребление (<50 мВт) в режиме «без нагрузки». Учитывая, что зарядные устройства зачастую остаются включенными в сеть, даже когда не используются, это способствует экономии порядка 90% от общей экономии электроэнергии по требованиям стандарта Energy Star v2.0 EPS.