

# Проектирование сверхтонкого источника питания

## с сохранением параметров надежности

**О технологиях обеспечения максимальной безопасности источников питания в бытовой электронике.**

**Дэвид Нью (David New)**  
Перевод:  
Геннадий Бандура

В последнее время курс на миниатюризацию изделий кардинально меняет рынок электроники в целом и бытовой электроники в частности. Все больше и больше производителей стараются производить устройства не только максимально эффективные, но и обладающие минимальными габаритами. Это и плоские телевизионные панели на базе OLED-технологий, которые достаточно тонки для того, чтобы висеть на стене, и день ото дня набирающие популярность ультрапортативные ПК. Как ни странно, достаточно сложным для разработки узлом таких изделий является источник питания. Это происходит потому, что для рынка портативной электроники, кроме эффективности, он также должен обладать и привлекательными пропорциями. Это представляет определенные трудности для разработчиков, поскольку компактность должна сочетаться с мощностью и безопасностью.

Источник питания должен быть защищен от таких внешних факторов, как превышение максимально допустимого и понижение минимально допустимого входного напряжения, перегрузка, перегрев. К примеру, тонкий источник питания для ноутбука должен быть примерно 15 мм в высоту (рис. 1). До настоящего времени построить такой источник питания можно было, используя «экзотические» и поэтому крайне дорогие компоненты. К счастью, теперь эта задача может быть решена благодаря улучшенным методикам проектирования и доступности высокоэффективных силовых контроллеров.

В качестве примера такой разработки рассмотрим дизайн сверхтонкого источника питания (адаптера) для ноутбука мощностью 65 Вт. На рис. 2 показана схема



**Рис. 1.** Сверхтонкий адаптер для ноутбука (60×119×15,4 мм)

адаптера с универсальным диапазоном входного напряжения и выходным напряжением 19,7 В (65 Вт). Адаптер построен на базе микросхемы TOP259LN (U11) семейства TOPSwitch-HX компании Power Integrations.

Одна из особенностей адаптера — работа на максимальной частоте в 132 кГц. Это позволяет построить трансформатор Т1 на сердечнике меньшего типоразмера, чем тот, который понадобился бы, если бы микросхема работала на более низкой частоте. Проприетарная технология построения MOSFET-ключей Power Integrations позволяет добиться минимальных потерь на переключении, что дает возможность работы на частоте 132 кГц без потери эффективности. Вкупе с усовершенствованным контроллером это позволяет адаптеру соответствовать требованиям энергетической эффективности ENERGY STAR® EPS v2.0 и отвечать всем стандартам ЭМИ.

Благодаря встроенным функциям микросхемы U11, источник питания и нагрузка прекрасно защищены от таких нежелательных внешних факторов, как пониженное (UV) и повышенное (OV) входные напряжения и перегрузка. Тепловая защита обладает функциями автоматического восстановления и автоматического рестарта, благодаря чему она прекрасно предохраняет схему от перегрева и разрыва цепи обратной связи. Далее мы рассмотрим каждую из вышеперечисленных особенностей применительно к схеме адаптера для ноутбука.

### Входная защита

Контроль UV и OV осуществляется через вход Voltage Monitor (V). Защита от UV предотвращает сбой в работе в момент подачи и снятия входного напряжения, в то время как защита OV гарантирует, что напряжение на силовом ключе не поднимется выше 700 В DC и обезопасит ключ от выхода из строя. Резисторы R65 и R68 обеспечивают оба вида защиты через функцию отключения, контролируемую на входе V. Если выпрямленное входное напряжение находится вне пределов UV–OV, переключения ключа прекращаются. Схема будет находиться в таком режиме, пока напряжение не вернется в разрешенный диапазон. При закрытом MOSFET-ключе ввиду отсутствия отраженного напряжения и его бросков, вызванных индукцией рассеяния

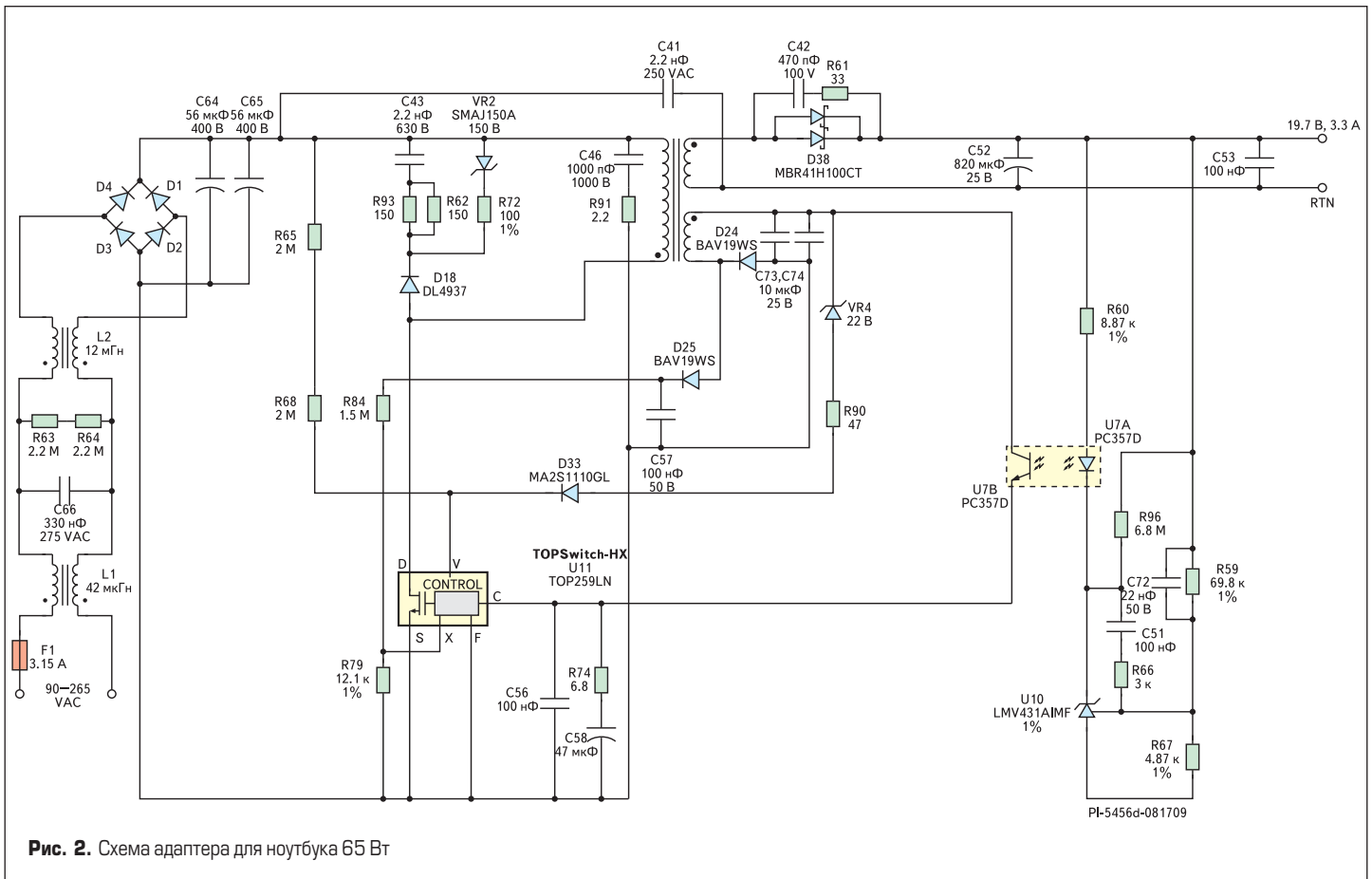


Рис. 2. Схема адаптера для ноутбука 65 Вт

трансформатора, напряжение на ключе может повышаться до 700 В DC без опасности его разрушения.

Напряжение сток-исток в 700 В на MOSFET-ключе микросхем Power Integrations имеет запас по сравнению с большинством ключей на 600 В, что положительно сказывается на надежности изделия. Микросхема U11 обладает функцией ограничения тока при повышении входного напряжения для ограничения индукции рассеяния при перегрузках. Это позволяет использовать простую снабберную цепь R72, R93, C43 и D18 для полной защиты силового ключа. Кроме того, U11 обладает специальной цепью, которая прекращает переключения ключа при обнаружении броска входного напряжения. Благодаря двойной защите от дифференциальных бросков напряжения, варистор на входе, обычно использующийся для этих целей, может быть убран без угрозы для надежности схемы.

### Выходная защита

Для обеспечения безопасности нагрузки в схеме должна быть реализована защита от превышения максимального выходного напряжения. Выход из строя какого-либо компонента обратной связи (например, оптопары) может привести к его опасному повышению. Но такого не произойдет в изделиях на базе Power Integrations. При возникновении ситуации, описанной выше, повышается напряжение на обмотке смещения и на конденсаторах C73, C74. Когда это приводит к тому, что VR1 начинает проводить ток на вход V, срабатывает защита и схема отключается.

На рис. 3 показан график выходного напряжения при срабатывании защиты от разрыва цепи обратной связи.

Защита от перегрузки также очень важна для таких устройств. При выходе из строя нагрузки (например, батареи ноутбука) контроллер не должен давать в нагрузку ток, который мог бы вывести из строя компоненты источника питания. В микросхеме U11 такая защита осуществляется путем контроля коэффициента  $Pf$  и контроля ограничения тока на выводе X. В обратномходовом преобразователе выходная мощность является функцией от  $LPf$ , где  $L$  — величина индуктивности первичной обмотки,  $I$  — пиковый ток в первичной обмотке и  $f$  — частота переключения. Комбинируя  $Pf$  в единый параметр, указанный в спецификации, величина индуктивности, необходимая для получения требуемой выходной мощности, будет

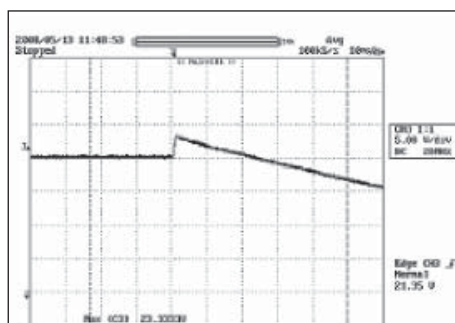


Рис. 3. Выходное напряжение при разрыве цепи ОС (нагрузка 0,1 А, 90 В AC; 5 В/деление)

меньше, чем в случае с независимыми  $I$  и  $f$ . Резисторы R84 и R79, соединенные через вывод X, снижают порог ограничения тока U11 при повышении входного напряжения. Это ограничивает выходную мощность на уровне <100 ВА при высоком входном напряжении и обеспечивает требуемое выходное напряжение при низком.

### Тепловая защита

Тепловая защита всего источника питания реализована благодаря встроенной функции микросхемы U11, которая прекращает переключения силового ключа, если температура его перехода превышает установленный порог (обычно 142 °C). При этом, как только переход остывает до нижнего порога включения (обычно 75 °C), работа преобразователя автоматически возобновляется.

### Вывод

Общеизвестно, что построение надежного источника питания, обладающего всеми вышеописанными элементами защиты на дискретных компонентах, — очень непростая задача. Более того, такой источник питания будет громоздким и слишком дорогим в производстве. Однако если при построении использовать встроенные функции контроллера U11 (TOPSwitch), источник получается надежным (все возможные защиты), компактным (понадобятся всего несколько дискретных компонентов обвески) и недорогим.