

TNY263-268

Усовершенствованный, энергоэффективный, маломощный автономный преобразователь семейства TinySwitch®-II

Основные характеристики

Функции TinySwitch-II снижающие общую стоимость системы.

- Интегрированная система автоматического перезапуска для защиты от короткого замыкания и обрыва цепи – экономия на внешних компонентах;
- Схемное решение практически полностью устраняет слышимый шум при использовании обычных трансформаторов с покрытием из лака;
- Подключаемый вывод обнаружения пониженного напряжения в сети предотвращает сбой включения/выключения питания – экономия на внешних компонентах;
- Колебания частоты значительно снижают электромагнитные помехи (-10 дБ) – минимизирует затраты на компоненты фильтра электромагнитных помех;
- Работа на частоте 132 кГц уменьшает размер трансформатора – позволяет использовать сердечники EF12.6 или EE13 для снижения стоимости и уменьшения размеров;
- Очень жесткие допуски и незначительные температурные колебания ключевых параметров упрощают проектирование и снижают стоимость;
- Решение для импульсных преобразователей с минимальным количеством компонентов;
- Расширенное масштабируемое семейство устройств для снижения стоимости системы.

Более выгодное соотношение цены и качества по сравнению с другими решениями

- Более низкая стоимость системы по сравнению с RCC, дискретными ШИМ и другими интегрированными или гибридными решениями;
- Экономичная замена громоздким регулируемым линейным стабилизаторам;
- Простое управление включением/выключением - компенсация системы обратной связи не требуется;
- Отсутствие обмотки смещения - более простой и дешевый трансформатор;
- Простая конструкция практически исключает доработку при производстве.

EcoSmart® - высокая энергоэффективность

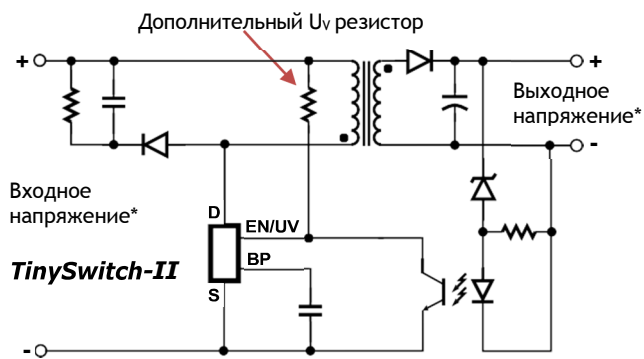
- Потребление без нагрузки <50 мВт с обмоткой смещения и <250 мВт без обмотки смещения при входном напряжении 265 В переменного тока;
- Соответствует требованиям Калифорнийской энергетической комиссии (CEC), Energy Star и ЕС;
- Идеально подходит для зарядки мобильных телефонов и работы в режиме ожидания блоков питания ПК.

Высокая производительность при низких затратах

- Питание от сетевого напряжения - идеально подходит для зарядных устройств;
- Широкий диапазон регулирования обеспечивает быстрое включение без выбросов;
- Цепи ограничения тока устраняют влияние пульсации сетевой частоты;
- Интегрированное схемное ограничение тока и тепловая защита повышают безопасность.

Описание

TinySwitch-II объединяет в одном устройстве силовой MOSFET транзистор на 700 В, генератор, высоковольтный импульсный источник тока, схему ограничения тока и схему тепловой защиты. Питание при запуске и работе осуществляется непосредственно от напряжения на выводе DRAIN, что исключает необходимость в обмотке смещения и соответствующей схеме. Кроме того, устройства TinySwitch-II включают в себя функцию автоматического перезапуска, датчик пониженного напряжения в сети и частотную модуляцию. Инновационная конструкция минимизирует количество низкочастотных компонентов в простой схеме управления ВКЛ/ВЫКЛ, что практически исключает слышимый шум при использовании стандартной конструкции трансформатора с ленточной/лаковой изоляцией. Полностью интегрированная схема автоматического перезапуска безопасно ограничивает выходную мощность в аварийных ситуациях, таких как короткое замыкание на выходе или холостой ход, уменьшая количество компонентов и стоимость схемы обратной связи от вторичной цепи. Дополнительный резистор для оценки уровня напряжения в сети позволяет устанавливать пороговое значение минимального напряжения в сети, что исключает помехи при отключении питания, вызванные медленным разрядом входных накопительных конденсаторов, присутствующих в таких устройствах, как резервные источники питания. Рабочая частота микросхемы - 132 кГц. Частотная модуляция значительно снижает как квазипиковые, так и средние значения электромагнитных помех, минимизируя затраты на цепи фильтрации.



Примечание: тип входного и выходного напряжения - постоянное.

Рис 1. Типовая схема включения схемы режима ожидания.

Таблица 1.

ТАБЛИЦА ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ				
ТИП ³	230 В~ ±15%		85-265 В~	
	Адаптер ¹	Откр. корпус ²	Адаптер ¹	Откр. корпус ²
TNY263 P или G	5 Вт	7.5 Вт	3.7 Вт	4.7 Вт
TNY264 P или G	5.5 Вт	9 Вт	4 Вт	6 Вт
TNY265 P или G	8.5 Вт	11 Вт	5.5 Вт	7.5 Вт
TNY266 P или G	10 Вт	15 Вт	6 Вт	9.5 Вт
TNY267 P или G	13 Вт	19 Вт	8 Вт	12 Вт
TNY268 P или G	16 Вт	23 Вт	10 Вт	15 Вт

Примечания к таблице 1:

1. Минимальная непрерывная мощность в типичном неветилируемом закрытом адаптере, измеренная при температуре окружающей среды 50°C;
2. Минимальная практическая непрерывная мощность в конструкции с открытым корпусом и достаточным теплоотводом, измеренная при температуре окружающей среды 50°C (см. раздел «Основные аспекты применения»);
3. Тип корпуса: P: DIP-8B, G: SMD-8B.

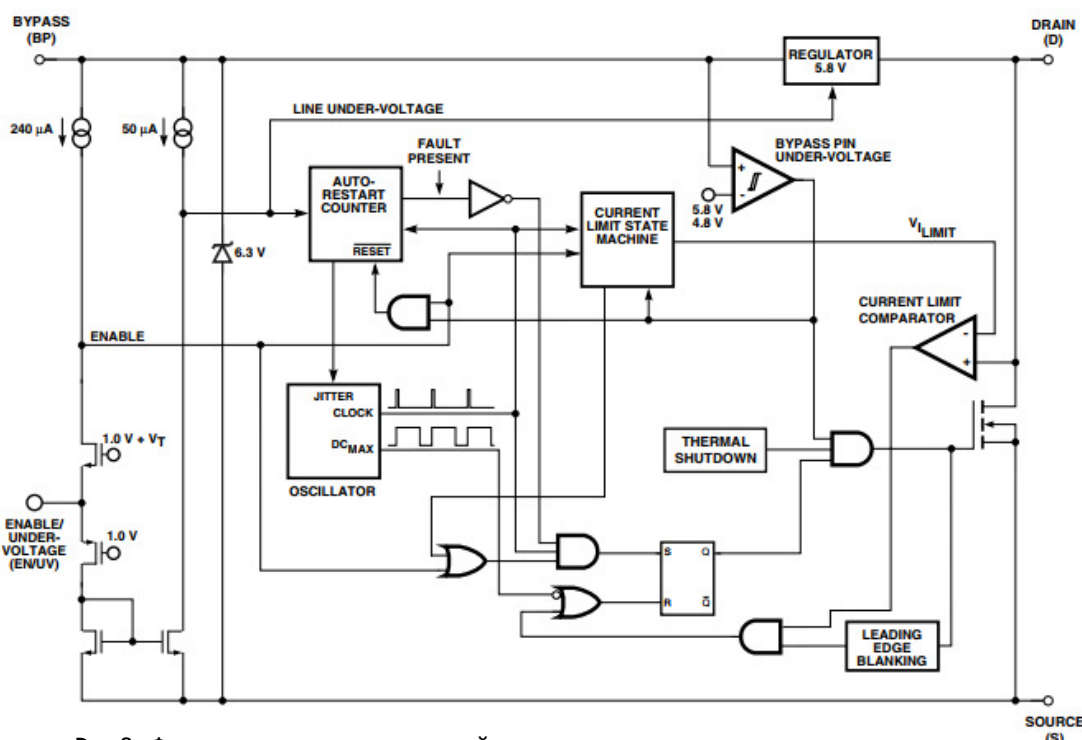


Рис 2. Функциональная схема устройства

Описание выводов

Вывод DRAIN (D):

Подключение стока силового MOSFET транзистора. Обеспечивает внутренний рабочий ток как для запуска, так и для работы в установившемся режиме;

Вывод BYPASS (BP):

Точка подключения внешнего шунтирующего конденсатора емкостью 0,1 мкФ для внутреннего источника питания 5,8 В;

Вывод ENABLE/UNDER-VOLTAGE (EN/UV):

Этот вывод выполняет две функции: включение микросхемы и определение пониженного напряжения в сети. В нормальном режиме работы включение силового MOSFET контролируется этим выводом. Работа силового MOSFET транзистора прекращается, когда ток, протекающий на этом выводе превысит 240 мкА. Этот вывод также обуславливает условия определения пониженного напряжения в сети посредством внешнего резистора, подключенному к источнику постоянного напряжения. Если внешний резистор не подключен, то TinySwitch-II обнаруживает его отсутствие и отключает функцию определения пониженного напряжения в сети.

Тип корпуса P (DIP-8B)

Тип корпуса G (SMD-8B)

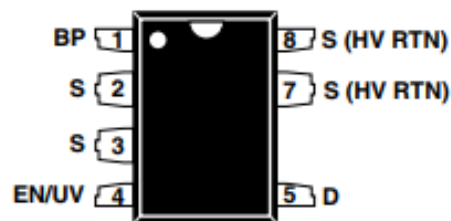


Рис 3. Конфигурация выводов

Вывод SOURCE (S):

Общий вывод цепи управления, внутренне подключен к истоку выходного MOSFET-транзистора.

Вывод SOURCE (HV RTN):

Подключение истока выходного MOSFET-транзистора для возврата высокого напряжения.

Функциональное описание TinySwitch-II

TinySwitch-II объединяет в одном устройстве высоковольтный силовой MOSFET-транзистор и контроллер питания. В отличие от обычных ШИМ-контроллеров для регулирования выходного напряжения TinySwitch-II использует простое управление включением/выключением.

Контроллер TinySwitch-II состоит из генератора, схемы включения (пороговой и логической), автомата предельного состояния по току, регулятора напряжения 5,8 В, схемы защиты от пониженного напряжения на выводе BYPASS, защиты от перегрева, схемы ограничения тока, схемы подавления переднего фронта и высоковольтного MOSFET-транзистора (700 В). В TinySwitch-II встроены дополнительные схемы для определения пониженного напряжения в сети, автоматического перезапуска и изменения частоты. На рисунке 2 показана функциональная блок-схема с наиболее важными функциями.

Генератор (Oscillator)

Среднее значение частоты генератора составляет 132 кГц. На выходе присутствует два сигнала: основной сигнал рабочего цикла ($D_{C_{MAX}}$) и тактовые импульсы (CLOCK), определяющие начало каждого цикла.

Генератор TinySwitch-II включает в себя схему, которая вносит небольшое дрожание частоты (Джиттер), обычно составляющее 8 кГц, предназначенное для минимизации электромагнитных помех. Частота модуляции джиттера установлена на уровне 1 кГц для оптимизации снижения электромагнитных помех как для средних, так и для квазипиковых значений. Джиттер можно оценить при помощи осциллографа, запускаемого по спадающему фронту сигнала DRAIN. На рисунке 4 показана диаграмма дрожания частоты генератора TinySwitch-II.

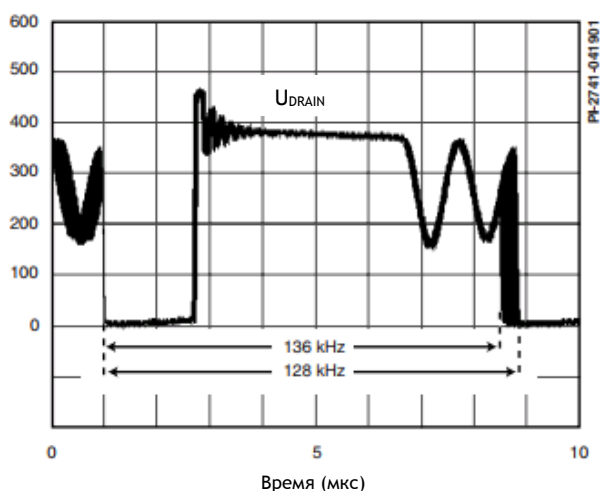


Рис 4. Дрожание частоты (джиттер)

Вход разрешения и автомат предельного состояния по току (Enable Input and Current Limit State Machine)

Схема разрешения работы на выводе EN/UV состоит из истокового повторителя, с низким выходным сопротивлением и установленным напряжением в 1,0 В. Ток через истоковый повторитель ограничен значением в 240 мкА. Когда ток на этом выводе превышает 240 мкА, на выводе схемы разрешения устанавливается низкий логический уровень (запрет). Выходной уровень схемы разрешения считывается в начале каждого цикла по фронту тактового сигнала. Если он высокий, силовой MOSFET включается на этот цикл. Если низкий, то силовой MOSFET остается выключенным. Поскольку считывание состояния происходит только в начале каждого цикла, последующие изменения напряжения или тока на выводах EN/UV в течение оставшейся части цикла игнорируются.

Автомат предельного состояния по току дискретно снижает ток при малых нагрузках, когда переключение TinySwitch-II может происходить в диапазоне слышимых частот. Более низкий предельный ток приводит к повышению эффективной частоты переключения выше звукового диапазона, снижает плотность магнитного потока трансформатора и связанный с этим слышимый шум. Автомат предельного состояния по току отслеживает уровень напряжения на выводе EN/UV для определения состояния нагрузки и, соответствующим образом, дискретно регулирует уровень ограничения тока.

В большинстве режимов работы (за исключением случаев, когда нагрузка отсутствует или обладает очень высоким сопротивлением) низкоомный выход истокового повторителя позволяет поддерживать напряжение на постоянном уровне в 1,0 В, предотвращая падение в состоянии запрета. Это стабилизирует время отклика оптопары, которая обычно подключается к этому выводу.

Регулятор напряжения 5,8 В и шунтирующий ограничитель напряжения 6,3 В (5.8 V Regulator and 6.3 V Shunt Voltage Clamp)

Регулятор напряжения 5,8 В заряжает конденсатор, подключенный к выводу BYPASS, до уровня в 5,8 В. Регулятор подключен к выводу DRAIN и работает в то время, когда MOSFET закрыт. Вывод BYPASS является внутренним узлом напряжения питания для TinySwitch-II. Когда MOSFET открыт, то TinySwitch-II работает за счет энергии, запасенной в конденсаторе. Чрезвычайно низкое энергопотребление внутренней схемы позволяет TinySwitch-II непрерывно работать за счет тока, потребляемого с вывода DRAIN. Значение емкости шунтирующего конденсатора 0,1 мкФ достаточно как для высокочастотной развязки, так и для накопления энергии.

Кроме того, микросхема обладает шунтирующим стабилизатором напряжения 6,3 В (работающего по принципу стабилитрона), который ограничивает напряжение на выводе BYPASS на уровне 6,3 В при подаче питания на вывод BYPASS через внешний резистор. Это позволяет запитывать TinySwitch-II от внешнего источника через обмотку смещения, что снижает потребление энергии в режиме холостого хода примерно до 50 мВт.

Схема защиты от пониженного напряжения на выводе BYPASS (BYPASS Pin Under-Voltage)

Схема защиты от пониженного напряжения на выводе BYPASS отключает силовой MOSFET, когда напряжение на выводе BYPASS падает ниже 4,8 В. После этого, для включения силового транзистора, напряжение снова должно подняться до значения 5,8 В.

Защита от перегрева (Over Temperature Protection)

Схема термозащиты отслеживает температуру кристалла. Пороговое значение обычно устанавливается на уровне 135 °С с гистерезисом в 70 °С. Когда температура кристалла превышает этот порог, силовой MOSFET отключается и остается отключенным до тех пор, пока температура кристалла не снизится на 70 °С, после чего он снова включается. Большой гистерезис в 70 °С (типичное значение) предусмотрен для предотвращения перегрева печатной платы в случае продолжительной работы в режиме неисправности, вызывающей перегрев.

Ограничение тока (Current Limit)

Схема ограничения тока отслеживает ток в силовом MOSFET-транзисторе. Когда значение этого тока превышает внутренний пороговый уровень (I_{LIMIT}), силовой транзистор отключается до конца цикла. Автомат предельного состояния по току дискретно уменьшает пороговое значение ограничения при средних и малых нагрузках.

Схема подавления переднего фронта (the leading edge blanking circuit) блокирует компаратор ограничения тока на короткое время (t_{LEB}) после включения силового MOSFET-транзистора. Это время выбрано таким образом, чтобы скачки тока, вызванные емкостью и временем обратного восстановления выпрямителя на вторичной стороне, не приводили к преждевременному завершению импульса переключения.

Автоматический перезапуск (Auto-Restart)

В случае возникновения неисправности, такой как перегрузка на выходе, короткое замыкание на выходе или обрыв цепи, TinySwitch-II переходит в режим автоматического перезапуска. Внутренний счетчик, тактируемый генератором, сбрасывается каждый раз, когда вывод EN/UV переводится в низкое состояние. Если вывод EN/UV не находится в низком состоянии в течение 50 мс, работа силового MOSFET запрещается на 850 мс (за исключением случая пониженного напряжения в сети, в этом случае оно запрещается до устранения неисправности). Автоматический перезапуск попеременно разрешает и запрещает работу силового MOSFET до устранения неисправности. На рисунке 5 показана работа схемы автоматического перезапуска при наличии короткого замыкания на выходе.

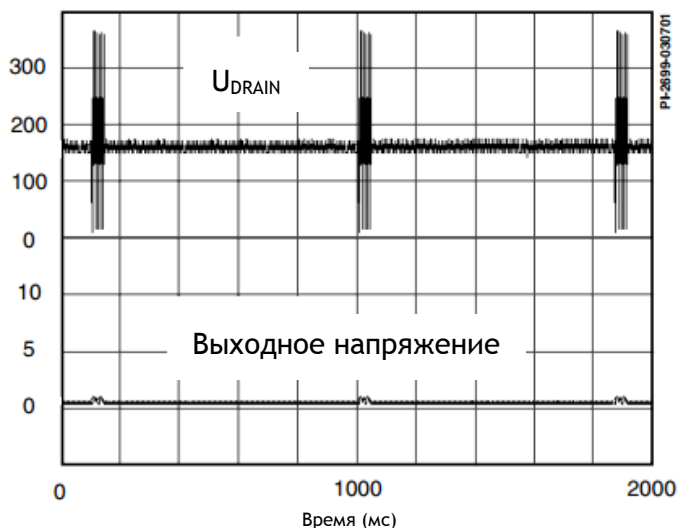


Рис 5. Работа схемы автоматического перезапуска

В случае пониженного напряжения в сети работа силового MOSFET запрещается и после истечения времени в 850 мс до тех пор, пока не восстановится нормальное напряжение в сети.

Цепь обнаружения пониженного напряжения в сети (Line Under-Voltage Sense Circuit)

Напряжение постоянного тока в сети можно контролировать, подключив внешний резистор от линии постоянного тока к выводу EN/UV. Во время включения питания или при запрете работы силового MOSFET в режиме автоматического перезапуска ток на выводе EN/UV должен превышать 49 мкА для инициирования переключения силового MOSFET. Во время включения питания при наличии пониженного напряжения в сети это достигается путем удержания напряжения на выводе BYPASS на уровне 4,8 В. Затем, когда напряжение в сети восстанавливается, напряжение на выводе BYPASS повышается с 4,8 В до 5,8 В. Если работа силового MOSFET запрещена в режиме автоматического перезапуска и присутствует пониженное напряжение в сети, счетчик автоматического перезапуска останавливается. Это увеличивает время отключения сверх обычных 850 мс, до тех пор, пока напряжение в сети не восстановится до

номинального значения.

Схема контроля пониженного напряжения в сети также определяет, когда к выводу EN/UV не подключен внешний резистор (ток на выводе менее -2 мкА). В этом случае функция защиты от пониженного напряжения в сети отключается.

Принцип работы TinySwitch-II

Устройства TinySwitch-II работают в режиме ограничения тока. При отсутствии запрета на работу в начале каждого цикла генератор открывает силовой MOSFET. MOSFET закрывается, когда ток достигает предельного значения или в том случае, когда достигается предел DC_{MAX} . Поскольку максимальный уровень ограничения тока и частота в схеме TinySwitch-II постоянны, мощность, подаваемая на нагрузку, пропорциональна первичной индуктивности трансформатора и квадрату пикового первичного тока. Следовательно, проектирование источника питания включает в себя расчет первичной индуктивности трансформатора для требуемой максимальной выходной мощности. Если параметры TinySwitch-II выбраны соответствующим образом - для обеспечения необходимого уровня мощности, то ток в рассчитанной индуктивности будет достигать предельного значения до достижения предела DC_{MAX} .

Функция разрешения включения

TinySwitch-II отслеживает состояние вывода EN/UV, чтобы определить, следует ли переходить к следующему циклу переключения, как описано ранее. Для определения уровня ограничения тока используется последовательность циклов. Если цикл начался, то он всегда завершается (даже если состояние вывода EN/UV меняется во время цикла). Исходя из этого, пульсации выходного напряжения источника питания будут определяться выходным конденсатором, количеством энергии за цикл переключения и задержкой схемы обратной связи.

Сигнал для вывода EN/UV формируется на вторичной обмотке трансформатора путем сравнения выходного напряжения источника питания с опорным напряжением. Уровень напряжения на выводе EN/UV повышается, когда выходное напряжение источника питания меньше опорного напряжения.

В типовой реализации вывод EN/UV управляется оптопарой. Коллектор транзистора оптопары подключен к выводу EN/UV, а эмиттер — к вывод SOURCE. Светодиод оптопары подключен последовательно со стабилизатором параллельно стабилизируемому выходному постоянному напряжению. Когда выходное напряжение превышает целевой уровень напряжения (падение напряжения на светодиоде оптопары плюс напряжение стабилизации стабилитрона), светодиод оптопары открывается, переводя вывод EN/UV в низкое состояние. Для повышения точности стабилитрон можно заменить на источник опорного напряжения TL431.

Переключение с использованием автомата предельного состояния по току

Внутренний генератор TinySwitch-II работает постоянно. В начале каждого тактового цикла оценивается состояние вывода EN/UV, чтобы определить: следует ли выполнять цикл переключения силового MOSFET, и на основе последовательности считываний за несколько циклов определяется соответствующее значение ограничения тока. При высоких нагрузках, когда логика разрешения работы находится в высоком состоянии (ток менее 240 мкА на выводе вывода EN/UV), происходит цикл переключения с полным ограничением тока. При меньших нагрузках, когда логика разрешения работы находится в высоком состоянии, происходит цикл переключения с уменьшенным ограничением тока.

При нагрузке, близкой к максимальной, TinySwitch-II будет открываться и передавать ток в нагрузку почти все свои тактовые циклы (рис. 6). При меньшей нагрузке, чем максимальная, для поддержания стабилизации напряжения на выходе источника питания некоторые циклы будут пропускаться (рис. 7). При средних нагрузках циклы будут пропускаться, и ограничение тока будет снижено (рис. 8). При очень малых нагрузках ограничение тока будет снижено еще больше (рис. 9). Лишь некоторое количество циклов передачи тока в нагрузку будет достаточным для поддержания требуемого выходного напряжения.

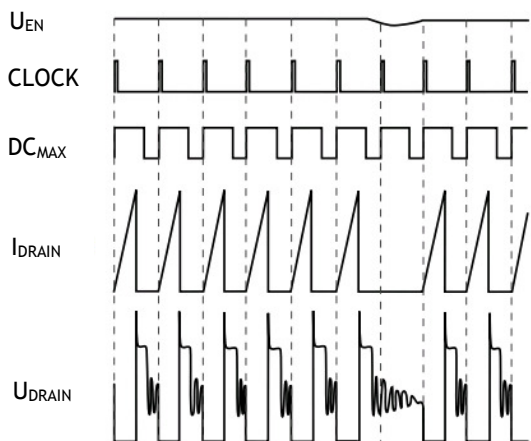


Рис 6. Работа TinySwitch-II при нагрузке, близкой к максимальной.

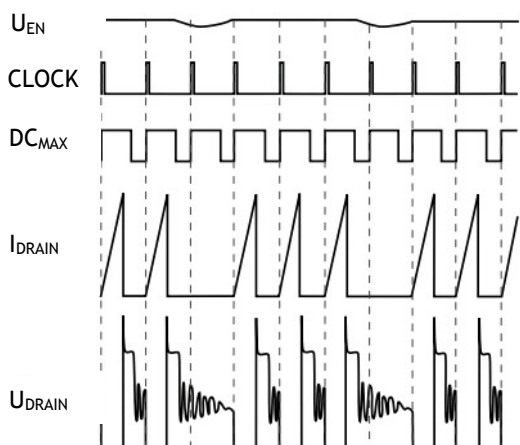


Рис 7. Работа TinySwitch-II при умеренно высокой нагрузке.

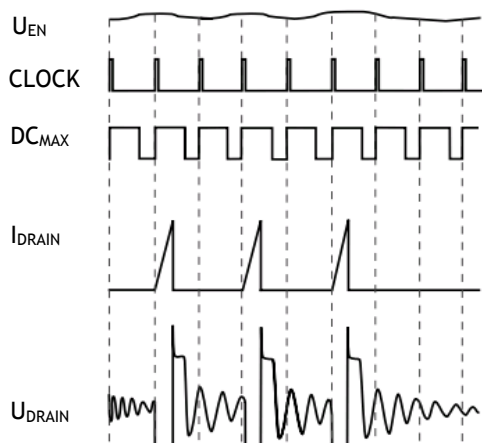


Рис 8. Работа TinySwitch-II при средней нагрузке.

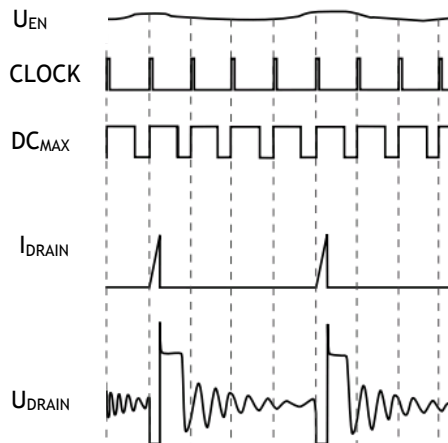


Рис 9. Работа TinySwitch-II при очень малых нагрузках.

Время отклика схемы управления TinySwitch-II очень маленькое, по сравнению с обычным ШИМ-управлением. Это обеспечивает точную стабилизацию напряжения и отличную переходную характеристику.

Включение/выключение питания

Для работы TinySwitch-II требуется всего лишь конденсатор 0,1 мкФ, подключенный к выводу BYPASS. Благодаря маленькому значению ёмкости, время зарядки этого конденсатора сведено к абсолютному минимуму, около 0,6 мс. Благодаря быстрому характеру обратной связи, на выходе источника питания отсутствует перерегулирование. При подключении внешнего резистора (2 МОм) от положительного входа постоянного тока к выводу EN/UV при включении питания работа силового MOSFET будет запрещена до тех пор, пока напряжение постоянного тока не превысит пороговое значение (100 В). На рисунках 10 и 11 показана временная диаграмма включения питания TinySwitch-II в схеме с внешним резистором (2 МОм), подключенному к выводу EN/UV, и без него.

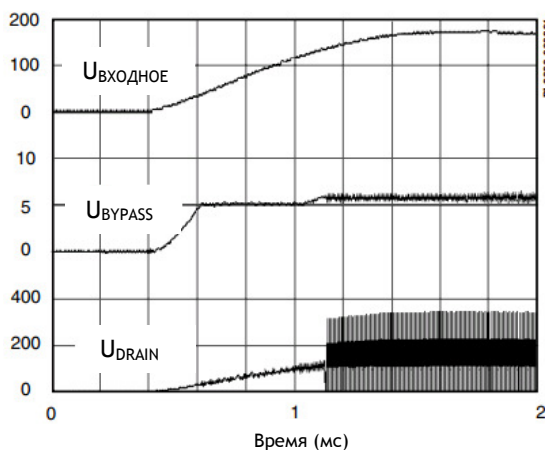


Рис 10. Включение питания TinySwitch-II при наличии дополнительного внешнего подтягивающего резистора (2 МОм), подключенного к выводу EN/UV.

В режиме отключения питания, при наличии внешнего резистора, после того, как выходное напряжение потеряет стабильность - силовой MOSFET остаётся в работе ещё в течение 50 мс. После этого он выключается и остаётся в выключенном состоянии без всяких попыток включения, поскольку функция защиты от пониженного напряжения предотвращает его перезапуск при низком напряжении в сети.

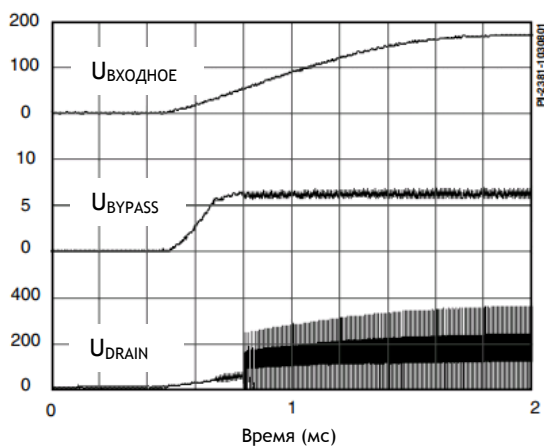


Рис 11. Включение питания TinySwitch-II при отсутствии дополнительного внешнего подтягивающего резистора, подключенного к выводу EN/UV.

На рисунке 12 показана типовая временная диаграмма сигналов при отключения питания TinySwitch-II. На рисунке 13 показана временная диаграмма сигналов в режиме медленного отключения питания TinySwitch-II, при работе в режиме ожидания. В этом случае внешний резистор (2 МОм) должен быть подключен к выводу EN/UV для предотвращения нежелательных перезапусков.

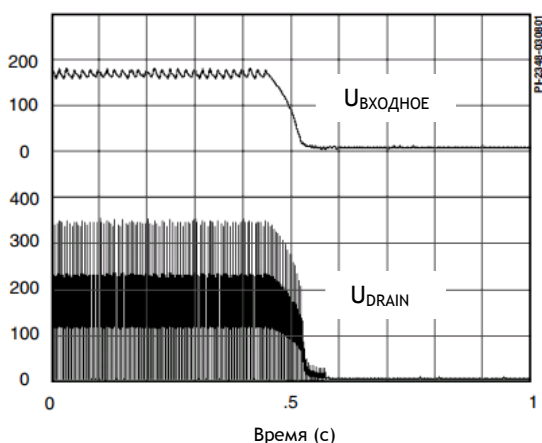


Рис 12. Нормальный режим отключения питания (без дополнительного внешнего подтягивающего резистора, подключенного к выводу EN/UV).

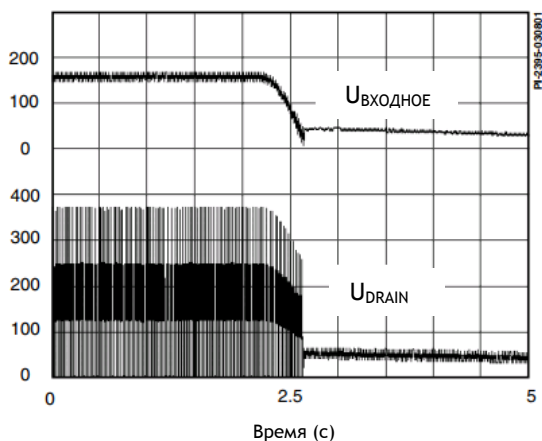


Рис 13. Медленное отключение питания при наличии дополнительного внешнего подтягивающего резистора (2 МОм), подключенного к выводу EN/UV.

Микросхема TinySwitch-II не требует дополнительной обмотки смещения для подачи питания, поскольку она получает его непосредственно от вывода DRAIN (см. описание выше). Это дает два основных преимущества. Во-первых, для типовых источников питания это исключает затраты на обмотку смещения и связанные с ней компоненты. Во-вторых, для зарядных устройств аккумуляторных батарей предусматриваются случаи, когда выходное напряжение может падать почти до нуля, при этом заряд должен продолжаться. Для таких схемных решений обычно требуется обмотка прямого смещения, которая требует большое число связанных с ней компонентов. С TinySwitch-II ничего из этого не требуется. Для схемных решений, требующих очень низкого энергопотребления без нагрузки (50 мВт), питание микросхемы может осуществляться посредством резистора, подключенного от обмотки смещения к выводу BYPASS. Минимальный рекомендуемый ток составляет 750 мкА. В этом случае, напряжение на выводе BYPASS будет ограничено на уровне 6,3 В. Этот метод исключает потребление энергии от вывода DRAIN, тем самым снижая энергопотребление без нагрузки и повышая эффективность при полной нагрузке.

Режим ограничения тока

Каждый цикл переключения выходного MOSFET завершается, когда ток стока достигает предельного значения для TinySwitch-II. Режим ограничения тока обеспечивает хорошее подавление пульсаций сети и относительно постоянную подачу мощности независимо от входного напряжения.

Конденсатор на выводе BYPASS

На выводе BYPASS используется керамический конденсатор емкостью 0,1 мкФ, предназначенный для развязки внутреннего источника питания TinySwitch-II.

Примеры применения

TinySwitch-II идеально подходит для недорогих и высокоэффективных источников питания с широким спектром применения, таких как зарядные устройства для сотовых телефонов, источников питания режима ожидания ПК, телевизоров, адаптеров переменного тока, устройств управления двигателями, устройств управления бытовой техникой и оконечными устройствами ISDN или DSL-сетей. Работа на частоте в 132 кГц позволяет использовать недорогие трансформаторы с сердечником EE13 или EF12.6, обеспечивая при этом хорошую эффективность. Частотный джиттер в TinySwitch-II позволяет использовать один дроссель (или два небольших резистора для схем мощностью менее 3 Вт, если приемлема более низкая рабочая эффективность) в сочетании с двумя входными конденсаторами для фильтрации электромагнитных помех на входе. Функция автоматического перезапуска устраняет необходимость в увеличении мощности выходного диода при работе в режиме защиты от короткого замыкания, что позволяет оптимизировать конструкцию для снижения стоимости и максимальной эффективности. В зарядных устройствах эта функция исключает необходимость наличия второй оптопары и стабилитрона для защиты от работы в режиме холостого хода. Автоматический перезапуск также позволяет сэкономить на добавлении предохранителя или увеличении мощности токоизмерительных резисторов при работе в условиях обратной полярности подключенной батареи. Для устройств, требующих блокировки при пониженном напряжении (UVLO), например, в режиме ожидания ПК, TinySwitch-II позволяет исключить ряд компонентов, что снижает стоимость. TinySwitch-II хорошо подходит для устройств, с постоянным выходным напряжением и постоянным значением тока. Поскольку TinySwitch-II всегда питается от источника входного напряжения, он не зависит от напряжения обмотки смещения. Следовательно, это значительно упрощает

проектирование зарядных устройств, которые должны работать при нулевом напряжении на выходе.

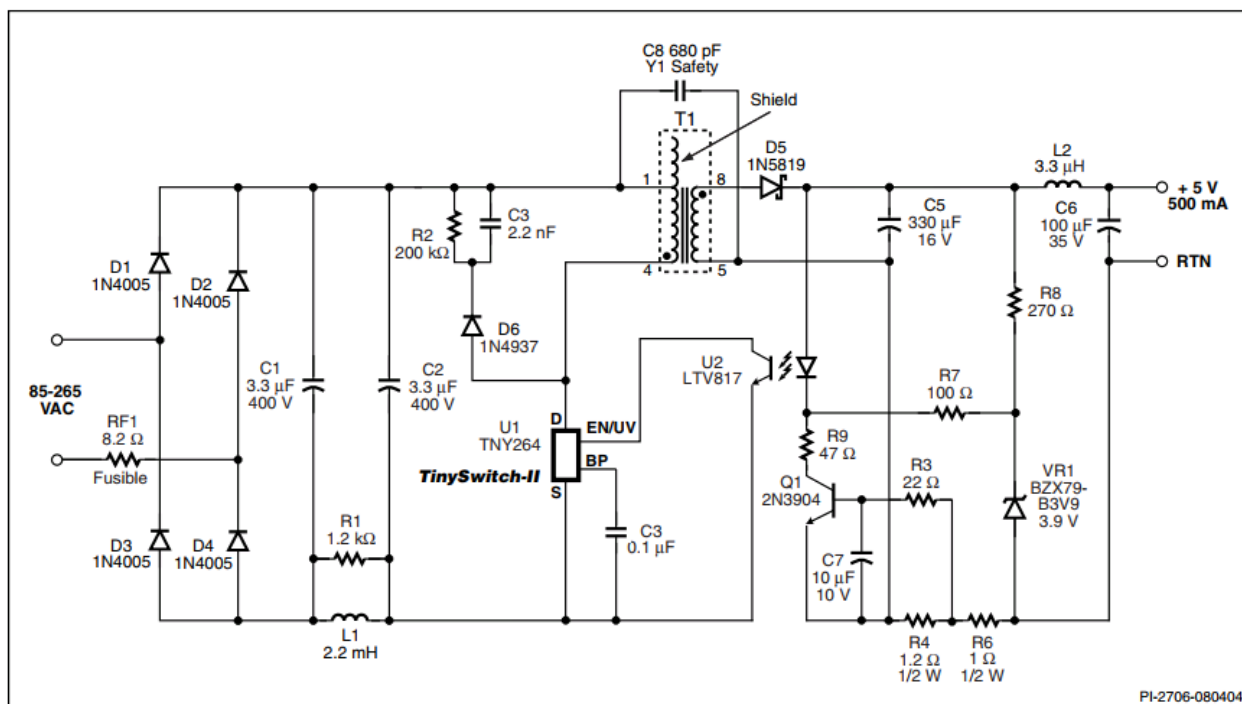


Рис 14. Зарядное устройство для аккумуляторов мощностью 2,5 Вт (5В, 500мА) со стабилизацией выходного тока и напряжения с широким диапазоном входного напряжения (85-265 В переменного тока).

Зарядное устройство для сотовых телефонов 2,5 Вт CV/CC
В качестве примера на рис 14 показано зарядное устройство для сотовых телефонов (5 В, 0,5 А) на базе TNY264, работающее в широком диапазоне входного напряжения (от 85 В до 265 В переменного тока). Индуктивность L1 образует П-фильтр совместно с конденсаторами C1 и C2. Резистор R1 служит для подавления резонансов в индуктивности L1. Работа TinySwitch-II в режиме частотного джиттера, в сочетании с одним Y1 конденсатором C8, относительно низкой ёмкости, позволяет использовать простой П-фильтр, описанный выше, для соответствия мировым стандартам по EMI. Добавление экранирующей обмотки в трансформатор позволяет обеспечить соответствие стандартам по EMI даже при емкостном замыкании выхода по переменному току (что является наихудшим случаем электромагнитной совместимости). Диод D6, конденсатор C3 и резистор R2 образуют ограничительную цепь, которая снижает пиковое напряжение ЭДС самоиндукции на выводе DRAIN микросхемы TinySwitch-II до безопасного значения. Выходное напряжение определяется суммой прямого падения напряжения на светодиоде оптопары U2 (~1 В) и напряжения на стабилитроне VR1. Резистор R8 поддерживает рабочий ток стабилитрона на рабочем участке его характеристики стабилизации.

Простая схема стабилизатора постоянного тока реализована на транзисторе Q1, потенциал перехода U_{BE} которого зависит от падения напряжения на резисторе R4, являющегося датчиком проходящего тока. Когда падение напряжения на R4 превышает U_{BE} транзистора Q1, он открывается и шунтирует цепь стабилитрона VR1, управляя светодиодом оптопары. Резистор R6 обеспечивает необходимое напряжение для поддержания работы цепи управления при нулевом напряжении на выходе. При закороченном выходе падение напряжения на R4 и R6 (~1,2 В) достаточно для поддержания цепи транзистора Q1 и светодиода в рабочем состоянии. Резисторы R7 и R9 ограничивают прямой ток,

который может протекать по стабилитрону VR1 через транзистор Q1 в случае короткого замыкания на выходе, из-за падения напряжения на резисторах R4 и R6.

Схемы источников режима ожидания мощностью 10 и 15 Вт

На рис 15 и 16 показаны примеры схем для режима ожидания. Обе схемы обеспечивают два выходных напряжения: гальванически развязанный выход 5 В и выход опорного напряжения 12 В с первичной цепи. Первая схема, использующая микросхему TNY266P, обеспечивает выходную мощность в 10 Вт, а вторая, использующая микросхему TNY267P, — в 15 Вт. Обе схемы работают в диапазоне входного напряжения от 140 В до 375 В постоянного тока, что соответствует входному напряжению 230 В переменного тока или 100/115 В переменного тока с удвоителем на входе. В этих схемах используются преимущества микросхемы TinySwitch-II: обнаружение пониженного напряжения в сети, автоматического перезапуска и высокой рабочей частоты. Работа на частоте 132 кГц позволяет использовать меньший и более дешевый трансформаторный сердечник: EE16 для мощности 10 Вт и EE22 для мощности 15 Вт. Отсутствие вывода 6 в 8-контактных DIP-корпусах обеспечивает большее расстояние, уменьшающее ток утечки между выводами, что повышает надежность в условиях сильного загрязнения, например, в источниках питания с вентиляторным охлаждением.

Конденсатор C1 обеспечивающий высокочастотную фильтрацию первичного источника постоянного тока, необходим только при большой длине дорожки печатной платы от основных фильтрующих конденсаторов основного источника питания (выпрямителя).

Резисторы R2 и R3 служат определения наличия пониженного напряжения в сети. При отсутствии переменного напряжения на входе, функция обнаружения

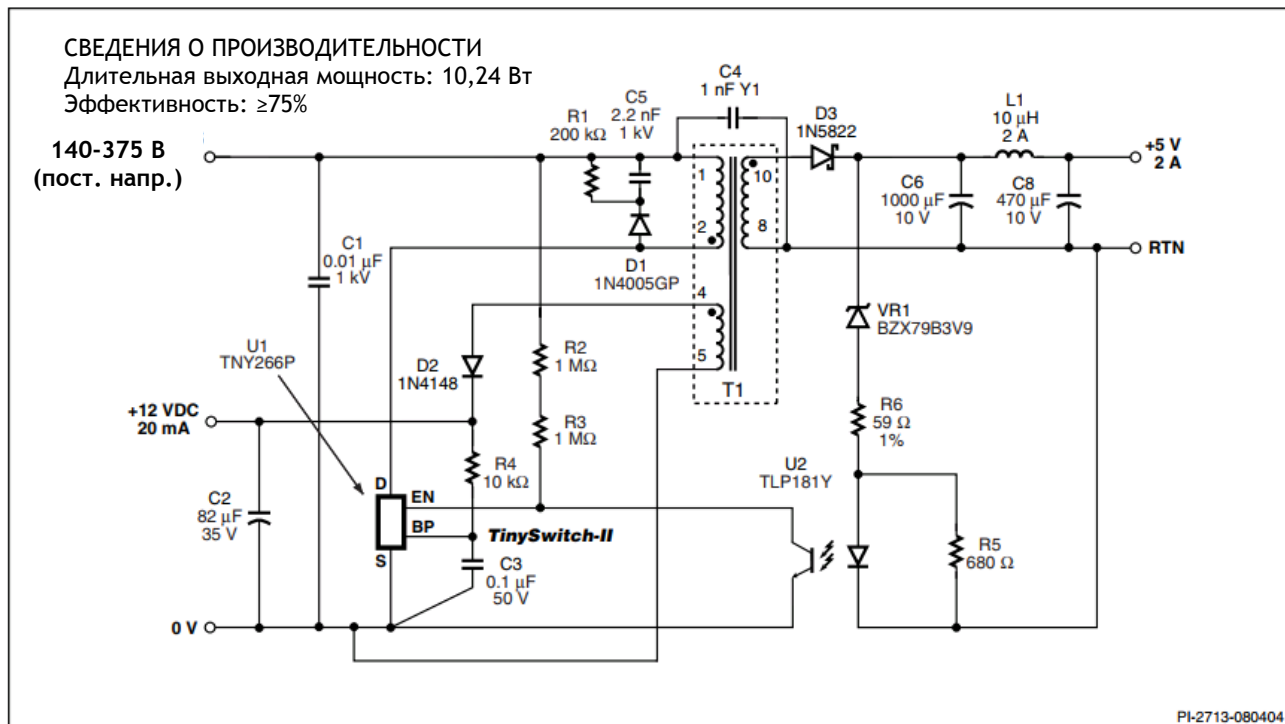


Рис 15. Источник режима ожидания 10 Вт.

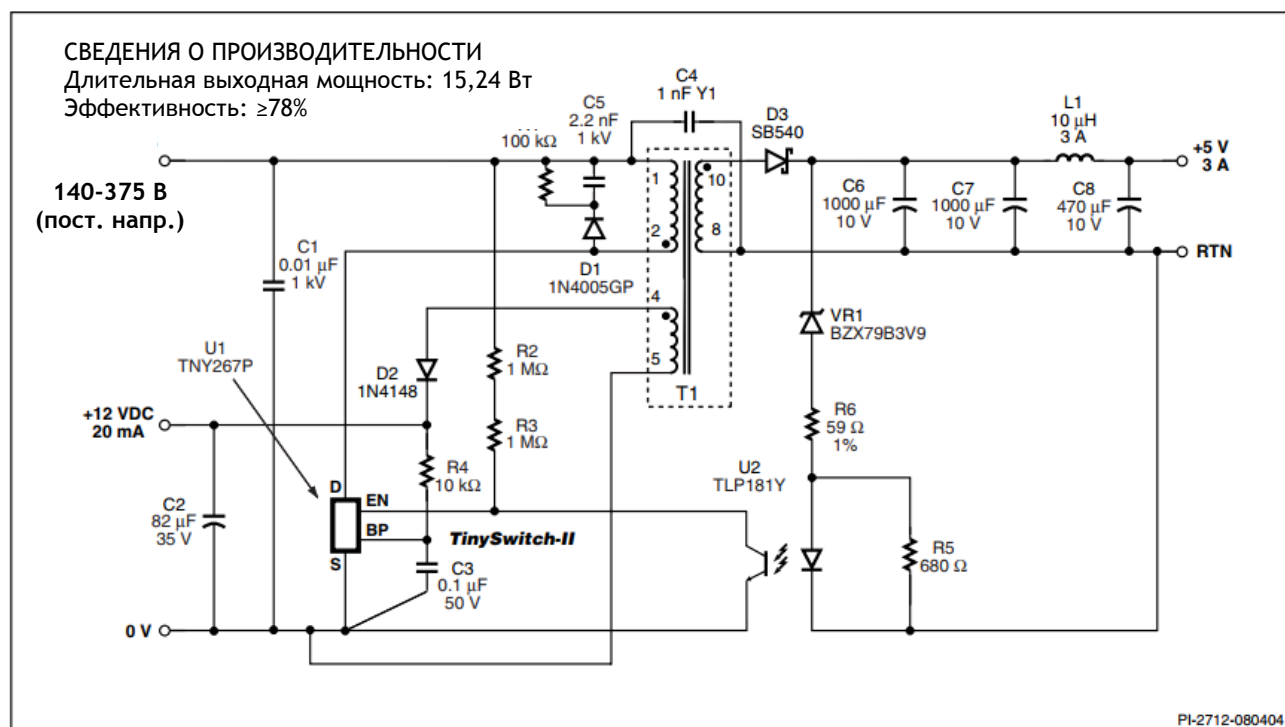


Рис 16. Источник режима ожидания 15 Вт.

пониженного напряжения TinySwitch-II предотвращает автоматические перезапуски преобразователя, вызванные медленным разрядом большой накопительной емкости на выходе. Это достигается за счет предотвращения переключения TinySwitch-II, в том случае, когда входное напряжение опускается ниже уровня, необходимого для поддержания стабилизации выходного напряжения. Режим удержания микросхемы в выключенном состоянии будет оставаться активным до тех пор, пока входное напряжение не превысит пороговое значение для пониженного напряжения, после чего работа преобразователя восстанавливается. При суммарном сопротивлении R2 и R3, равному 2 МОм пороговое значение пониженного

напряжения при включении питания устанавливается на уровне +200 В (постоянного тока), что немного ниже минимального требуемого рабочего входного напряжения для запуска при 170 В (переменного тока) с удвоителем. Эта функция позволяет уменьшить требуемое количество внешних компонентов, необходимых для реализации бесперебойного выключения источника питания, по сравнению с дискретными схемами или схемами на основе TOPSwitch-II. Поэтому, чтобы источник питания начал работу, в момент включения выпрямленное входное напряжение постоянного тока должно превышать пороговое значение пониженного напряжения в 200 В. Но после включения источник питания будет продолжать работать

при понижении входного напряжения до 140 В, обеспечивая необходимое время удержания выходного напряжения при работе в режиме ожидания.

Напряжение со вспомогательной первичной обмотки выпрямляется диодом D2 и фильтруется и конденсатором C2. Результатом является напряжение 12 В, предназначенное для подачи на для основной контроллер питания. Кроме того, это напряжение используется для питания TinySwitch-II (через резистор R4). Хотя такой способ и не является необходимым для работы микросхемы, но внешнее питание TinySwitch-II снижает рассеиваемую мощность в режиме ожидания, отключая внутренний источник тока, который обычно используется для поддержания заряда конденсатора вывода BYPASS (C3). Значение R4, равное 10 кОм, обеспечивает ток 600 мкА на выводе BYPASS, что немного превышает потребляемый ток TinySwitch-II. Избыточное напряжение ограничивается стабилитроном внутри микросхемы до 6,3 В.

Напряжение со вторичной обмотки выпрямляется диодом D3 и фильтруется и конденсатором C6. Для схемы мощностью

15 Вт требуется дополнительный выходной конденсатор C7, по причине больших пульсаций тока на вторичной обмотке, по сравнению со схемой мощностью 10 Вт. Функция автоматического перезапуска ограничивает выходной ток в при коротком замыкании, устраняя необходимость использовать более мощный диод D3. Фильтрация коммутационных помех обеспечивается дросселем L1 и конденсатором C8. Значение выходное напряжения 5 В поддерживается оптроном U2 и стабилитроном VR1. Резистор R5 используется для установки тока стабилитрона, а резистор R6 устанавливает выходное напряжение на уровне 5 В.

Во многих случаях метод стабилизации с помощью стабилитрона обеспечивает достаточную точность (обычно $\pm 6\%$ в диапазоне температур от 0 °C до 50 °C). Это возможно благодаря тому, что TinySwitch-II ограничивает динамический диапазон тока светодиода оптопары, позволяя стабилитрону работать при почти постоянном токе смещения. Однако, если требуется более высокая точность, вместо VR1 можно использовать прецизионную микросхему опорного напряжения TL431.

Основные моменты, касающиеся преимуществ применения TinySwitch-II перед TinySwitch

В таблице 2 сравниваются особенности и различия в производительности микросхемы TNY254 из семейства TinySwitch с устройствами семейства TinySwitch-II. Многие из новых функций исключают необходимость использования или снижают стоимость компонентов схемы. Другие функции упрощают проектирование и повышают производительность.

Выходная мощность

В таблице 1 (на первой странице) показаны практические уровни непрерывной выходной мощности, которые могут быть получены при следующих условиях:

1. Минимальное входное напряжение постоянного тока составляет 90 В или выше (для входного напряжения 85 В переменного тока) или 240 В или выше (для входного напряжения 230 В переменного тока или 115 В переменного тока с удвоителем напряжения). Это требование подразумевает наличие фильтрующего конденсатора номиналом 3 мкФ/Вт при входном напряжении 85-265 В переменного тока; 1 мкФ/Вт при входном напряжении 230 В переменного тока или 115 В переменного тока с удвоителем.

2. Гальванически развязанный выход, напряжением 5 В с диодом Шоттки.

3. Рабочая эффективность 77% (TNY267 и TNY268), 75% (TNY265 и TNY266) и 73% (TNY263 и TNY264).

4. Компоненты смонтированы на плате, выводы SOURCE должны быть припаяны к медным площадкам достаточной площади, чтобы поддерживать температуру кристалла на уровне 100 °C или ниже.

Помимо тепловых условий (герметичный корпус, вентиляция, открытая рама и т. д.), максимальная мощность TinySwitch-II, в конкретном применении, зависит от размера и конструкции сердечника трансформатора (непрерывный или с зазором), КПД, минимального заданного входного напряжения, входной фильтрующей емкости, выходного напряжения, падения напряжения на выходном диоде и т. д., и может отличаться от значений, указанных в таблице 1.

Слышимый шум

TinySwitch-II практически полностью устраняет любые

звуковые шумы трансформатора, даже при использовании трансформатора с простой конструкцией (с лакированным покрытием). Склеивание элементов сердечника не требуется. Снижение звукового шума достигается за счет того, что контроллер TinySwitch-II уменьшает уровень ограничения тока дискретными шагами по мере уменьшения нагрузки. Это минимизирует плотность магнитного потока в трансформаторе при работе на звуковых частотах.

Измерение электромагнитных помех и КПД в наиболее неблагоприятном режиме

Поскольку идентичные источники питания TinySwitch-II могут работать на различных частотах при одинаковых условиях нагрузки и напряжения сети, необходимо убедиться, что измерения проводятся в наиболее неблагоприятном режиме. При измерении КПД или электромагнитных помех убедитесь, что TinySwitch-II работает на максимальной частоте и что измерения проводятся как при низком, так и при высоком входном напряжении сети, чтобы получить наиболее корректный результат.

Расположение элементов

Одноточечное заземление

Используйте одноточечное заземление на выводе SOURCE для конденсатора вывода BYPASS и входного фильтрующего конденсатора (см. рис. 17).

Площадь поверхности первичной цепи

Площадь поверхности первичной цепи, соединяющей входной фильтрующий конденсатор, первичную обмотку трансформатора и TinySwitch-II, должна быть как можно меньше.

Цепь ограничения первичного напряжения

Для ограничения пикового напряжения на выводе DRAIN, вызванного ЭДС самоиндукции, необходимо использовать ограничитель. Пример ограничителя показан на рис. 14. Также можно использовать ограничитель на стабилитроне и диоде (200 В), подключенный параллельно первичной обмотке, или ограничитель на одном стабилитроне на напряжение в 550 В, включенный между выводами DRAIN и SOURCE. Во всех случаях следует минимизировать длину проводников от компонентов ограничителя до трансформатора и TinySwitch-II.

Таблица 2. Сравнение TinySwitch и TinySwitch-II.

Функция	TinySwitch TNY254	TinySwitch-II TNY263-268	Преимущества TinySwitch-II
Частота переключения и допуск Изменение температуры (0-100 °C)**	44 kHz \pm 10% (при 25 °C) +8%	132 kHz \pm 6% (при 25 °C) +2%	<ul style="list-style-type: none"> Компактный трансформатор (снижение стоимости) Простота проектирования Технологичность производства Оптимальная конструкция (снижение стоимости)
Активный частотный джиттер	Н/Д*	\pm 4 кГц	<ul style="list-style-type: none"> Снижение затрат на фильтрующие компоненты для минимизации электромагнитных помех
Активное подавление шума от трансформатора	Н/Д*	В наличии - встроенная функция	<ul style="list-style-type: none"> Практически полностью устраняет слышимый шум при использовании обычных, покрытых лаком (методом погружения) трансформаторов - не требуется специальной конструкции или дополнительного проклеивания.
Обнаружение пониженного входного напряжения	Н/Д*	Цепь с одним программируемым резистором	<ul style="list-style-type: none"> Предотвращает сбои при включении/выключении питания
Допустимое отклонение уровня ограничения тока, Диапазон температур (0-100 °C)**	\pm 11% (at 25 °C) -8%	\pm 7% (at 25 °C) 0%	<ul style="list-style-type: none"> Повышает мощностные характеристики и упрощает конструкцию для крупносерийного производства.
Автоматический перезапуск	Н/Д*	В наличии	<ul style="list-style-type: none"> Ограничивает ток короткого замыкания на выходе до значения меньше тока полной нагрузки - Отсутствие необходимости увеличения мощностных характеристик выходного диода Защищает нагрузку в условиях обрыва цепи обратной связи - Не требуется дополнительных компонентов
Защита вывода BYPASS стабилитроном	Н/Д*	Внутреннее ограничение до 6,3В	<ul style="list-style-type: none"> Позволяет питать TinySwitch-II от низковольтной обмотки смещения, что повышает эффективность и снижает энергопотребление микросхемы.
Увеличенный зазор на корпусе микросхемы в области стока выходного транзистора	0,037 дюйма / 0,94 мм	0,137 дюйма / 3,48 мм	<ul style="list-style-type: none"> Повышенная устойчивость к пробою, возникающему в результате скопления пыли, мусора или других загрязнений.

*Недоступно. **См. типичные кривые производительности.

Тепловые аспекты

Медные проводники печатной платы под TinySwitch-II действуют не только как площадка, подключенная к минусовому проводу, но и как радиатор. Площадь заштрихованных областей на рис. 17 должна быть максимально увеличена для хорошего отвода тепла от TinySwitch-II. То же самое условие относится и к выходному диоду.

Вывод EN/UV

При использовании резистора в цепи обнаружения пониженного напряжения, то его следует устанавливать как можно ближе к выводу EN/UV, чтобы минимизировать наводки.

Следует учитывать допустимое напряжение резисторов, работающих в цепи обнаружения пониженного напряжения (рис 15: R2, R3). Для резисторов мощностью 1/4 Вт номинальное напряжение обычно составляет 200 В (непрерывного действия), тогда как для резисторов мощностью 1/2 Вт номинальное напряжение обычно составляет 400 В (непрерывного действия).

Y-конденсатор

Y-конденсатор должен быть размещён между положительной шиной, к которой подключен входной фильтрующий конденсатор и общим выводом на вторичной обмотке трансформатора. Такое размещение позволит максимально повысить эффективность подавления электромагнитных помех (ЭМП) и избежать проблем при тестировании устройства на синфазные импульсные помехи.

Оптопара

Для минимизации шумовых помех длина проводников цепи от транзистора оптопары до выводов EN/UV и SOURCE микросхемы TinySwitch-II, должна быть минимальной.

Расстояние от вывода EN/UV до оптопары должно быть сведено к возможному минимуму (менее 12,7 мм или 0,5 дюйма), при этом, расстояние до вывода DRAIN должно быть как можно больше (минимум 5,1 мм или 0,2 дюйма).

Выходной диод

Для достижения наилучших характеристик площадь монтажа в области соединения вторичной обмотки, выходного диода и выходного фильтрующего конденсатора, должна быть

минимизирована. См. рис. 17 для получения информации об оптимальной компоновке элементов. Кроме того, для обеспечения надлежащего теплоотвода на анодном и

катодном выводах диода должна быть предусмотрена достаточная площадь медного покрытия печатной платы.

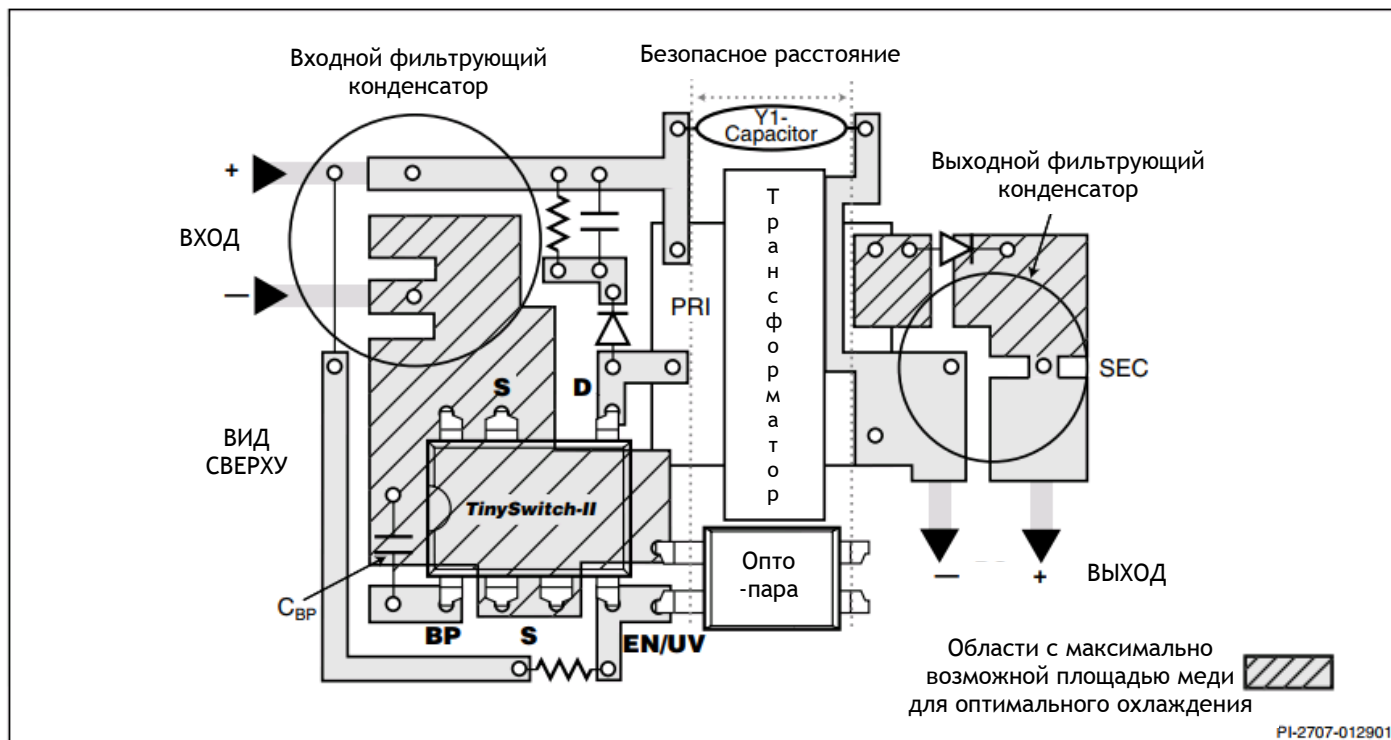


Рис 17. Рекомендуемая компоновка печатной платы для TinySwitch-II с резистором защиты от пониженного напряжения.

Входные и выходные фильтрующие конденсаторы

Дорожки, подключенные к входным и выходным фильтрующим конденсаторам, содержат сужения (см. рис 17). Эти сужения необходимы по двум причинам: во-первых, это является способом избежать обтекание конденсатора токами высокой частоты (такие токи будут протекать через конденсатор, если бы дорожка была широкой, то ток мог бы обтекать конденсатор). Во-вторых, сужения минимизируют тепло, передаваемое от TinySwitch-II к входному фильтрующему конденсатору и от диода во вторичной цепи к выходному фильтрующему конденсатору. Минусовой вывод выходного фильтрующего конденсатора

(см. рис 17) должен быть подключен к вторичной обмотке трансформатора минимально короткой токоведущей дорожкой с низким импедансом. Кроме того, общий (минусовой) вывод источника должен быть подключен близко к выводу вторичной обмотки, а не к точке подключения Y-конденсатора.

Очистка печатных плат

Компания Power Integrations не рекомендует использовать флюс, не требующий очистки. Самую актуальную информацию по этому вопросу можно найти на сайте PI по адресу: www.powerint.com.

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ^(1,4)

Напряжение на выводе DRAIN		700 В	Рабочая температура кристалла ⁽²⁾	-40 °С до 150 °С
Пиковый ток вывода DRAIN:	TNY263	400 mA	Температура пайки ⁽³⁾	150 °С
	TNY264	400 mA		
	TNY265	440 mA		
	TNY266	560 mA		
	TNY267	720 mA		
	TNY268	880 mA		
Напряжение на выводе EN/UV		9 В	Примечания: 1. Все напряжения указаны относительно вывода SOURCE при T _A =25°С. 2. Ограничивается внутренней схемой. 3. На расстоянии 1/16 дюйма от корпуса в течение 5 секунд. 4. Указанные максимальные значения могут применяться по одному, не причиняя необратимых повреждений микросхемы. Длительное воздействие условий, соответствующих абсолютным максимальным значениям, могут повлиять на надежность микросхемы.	
Ток вывода EN/UV		100 mA		
Напряжение на выводе BYPASS		9 В		
Температура хранения		-65 °С до 150 °С		

ТЕПЛОВОЙ ИМПЕДАНС

Тепловое сопротивление: корпус типа P или G:			Примечания: 1. Измерено на выводе SOURCE вблизи пластикового корпуса. 2. Припаяно к медному покрытию толщиной 0,36 кв. дюйма (232 мм ²), 2 унции (610 г/м ²). 3. Припаяно к медному покрытию толщиной 1 кв. дюйм (645 мм ²), 2 унции (610 г/м ²).
θ_{JA}		70 °С/W ⁽²⁾ ; 60 °С/W ⁽³⁾	
θ_{JC} ⁽¹⁾		11 °С/W	

Параметр	Обозначение	Условия:		Мин	Тип	Макс	Единицы измерения
		SOURCE = 0 В; T _J = -40 до 125 °С см. рис 18 (если не указано иное)					

КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рабочая частота	f _{OSC}	T _J = 25°С см. рис 4	Средняя	124	132	140	кГц
			Максимальный джиттер		8		
Максимальный рабочий цикл	DC _{MAX}	S1 разомкнут		62	65	68	%
Пороговый ток отключения на выводе EN/UV	I _{DIS}	T _J = -40°С до 125°С		-300	-240	-170	µА
Напряжение на выводе EN/UV	V _{EN}	I _{EN/UV} = -125 µА		0.4	1.0	1.5	В
		I _{EN/UV} = 25 µА		1.3	2.3	2.7	
Питающий ток на выводе DRAIN	I _{S1}	V _{EN/UV} = 0 В			430	500	µА
	I _{S2}	EN/UV не замкнуто на общий (MOSFET переключается) см. Прим. А, В	TNY263		200	250	µА
			TNY264		225	270	
			TNY265		245	295	
			TNY266		265	320	
			TNY267		315	380	
TNY268		380	460				
Ток заряда на выводе BYPASS	I _{CH1}	V _{BP} = 0 V _T = 25°С См. Прим. С, D	TNY263-264	-5.5	-3.3	-1.8	mA
			TNY265-268	-7.5	-4.6	-2.5	
	I _{CH2}	V _{BP} = 4 V _T = 25°С См. Прим. С, D	TNY263-264	-3.8	-2.0	-1.0	
			TNY265-268	-4.5	-3.0	-1.5	

Параметр	Обозначение	Условия: SOURCE = 0 В; T _J = -40 до 125 °C см. рис 18 (если не указано иное)	Мин	Тип	Макс	Единицы измерения	
КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (продолжение)							
Напряжение на выводе BYPASS	V _{BP}	см. прим. С	5.6	5.85	6.15	В	
Гистерезис напряжения на выводе BYPASS	V _{BPH}		0.80	0.95	1.20	В	
Порог пониженного напряжения на выводе EN/UV	I _{LUV}	T _J = 25 °C	44	49	54	µА	
CIRCUIT PROTECTION							
Предельное значение тока	I _{LIMIT}	TNY263 T _J = 25 °C	di/dt = 42 мА/µс см. прим. Е	195	210	225	мА
		TNY264 T _J = 25 °C	di/dt = 50 мА/µс см. прим. Е	233	250	267	
		TNY265 T _J = 25 °C	di/dt = 55 мА/µс см. прим. Е	255	275	295	
		TNY266 T _J = 25 °C	di/dt = 70 мА/µс см. прим. Е	325	350	375	
		TNY267 T _J = 25 °C	di/dt = 90 мА/µс см. прим. Е	419	450	481	
		TNY268 T _J = 25 °C	di/dt = 110 мА/µс см. прим. Е	512	550	588	
Начальное предельное значение тока	I _{INIT}	см. рис 21 T _J = 25 °C	0.65 x I _{LIMIT(MIN)}			мА	
Время подавления переднего фронта	t _{LEB}	T _J = 25 °C см. прим. F	170	215		нс	
Задержка ограничения предельного значения тока	t _{ILD}	T _J = 25 °C см. прим. F, G		150		нс	
Температура теплового отключения			125	135	150	°C	
Гистерезис температуры теплового отключения				70		°C	

Параметр	Обозначение	Условия: SOURCE = 0 В; T _J = -40 до 125 °C см. рис 18 (если не указано иное)		Мин	Тип	Макс	Единицы измерения			
ВЫХОД										
Сопротивление в открытом состоянии	R _{DS(ON)}	TNY263 I _D = 21 mA	T _J = 25 °C		33	38	Ω			
			T _J = 100 °C		50	57				
		TNY264 I _D = 25 mA	T _J = 25 °C		28	32				
			T _J = 100 °C		42	48				
		TNY265 I _D = 28 mA	T _J = 25 °C		19	22				
			T _J = 100 °C		29	33				
		TNY266 I _D = 35 mA	T _J = 25 °C		14	16				
			T _J = 100 °C		21	24				
		TNY267 I _D = 45 mA	T _J = 25 °C		7.8	9.0				
			T _J = 100 °C		11.7	13.5				
		TNY268 I _D = 55 mA	T _J = 25 °C		5.2	6.0				
			T _J = 100 °C		7.8	9.0				
		Ток утечки стока в выключенном состоянии	I _{DSS}	V _{BP} = 6.2 В, V _{EN/UV} = 0 В, V _{DS} = 560 В, T _J = 125 °C	TNY263-266				50	μA
					TNY267-268				100	
Напряжение пробоя	BV _{DSS}	V _{BP} = 6.2 В, V _{EN/UV} = 0 В, см. прим. Н, T _J = 25 °C	700				В			
Время подъема	t _R	Измерено в типовой схеме обратноходового преобразователя			50		ns			
Время спада	t _F				50		ns			
Напряжение стока			50				В			
Задержка срабатывания от уровня на выводе EN/UV	t _{EN/UV}	см. рис 20				10	μс			
Время установки запрета выхода	t _{DST}				0.5		μс			
Время автоматического перезапуска	t _{AR}	T _J = 25 °C см. прим. I			50		ms			
Рабочий цикл автоматического перезапуска	DC _{AR}				5.6		%			

ПРИМЕЧАНИЯ:

А. Общее значение потребляемого тока представляет собой сумму I_{S1} и I_{DSS} , в том случае, когда вывод EN/UV замкнут на общий провод (MOSFET не переключается), и сумму I_{S2} и I_{DSS} , когда вывод EN/UV не замкнут на общий провод (MOSFET переключается).

В. Поскольку выходной MOSFET постоянно переключается, то сложно отделить рабочий ток транзистора от тока питания стока. Альтернативным вариантом является измерение тока на выводе BYPASS при напряжении 6,1 В.

С. Вывод BYPASS не предназначен для подачи питания на внешнюю схему.

Д. см. раздел «Типовые рабочие характеристики» для получения информации о форме сигнала заряда ёмкости на выводе BYPASS при запуске устройства.

Е. Кривая ограничения тока при других значениях di/dt - см. рис 25.

Ф. Этот параметр получен в результате характеристики.

Г. Этот параметр получен при оценке изменения параметра ограничения тока, измеренного при 1X и 4X значениях di/dt , указанных в спецификации I_{LIMT} .

Н. Напряжение пробоя можно проверить на соответствие минимальному значению BV_{DSS} , постепенно увеличивая напряжение на выводе DRAIN до минимального значения BV_{DSS} , но не превышая его.

І. Время автоматического перезапуска имеет те же температурные характеристики, что и генератор (обратно пропорционально частоте).

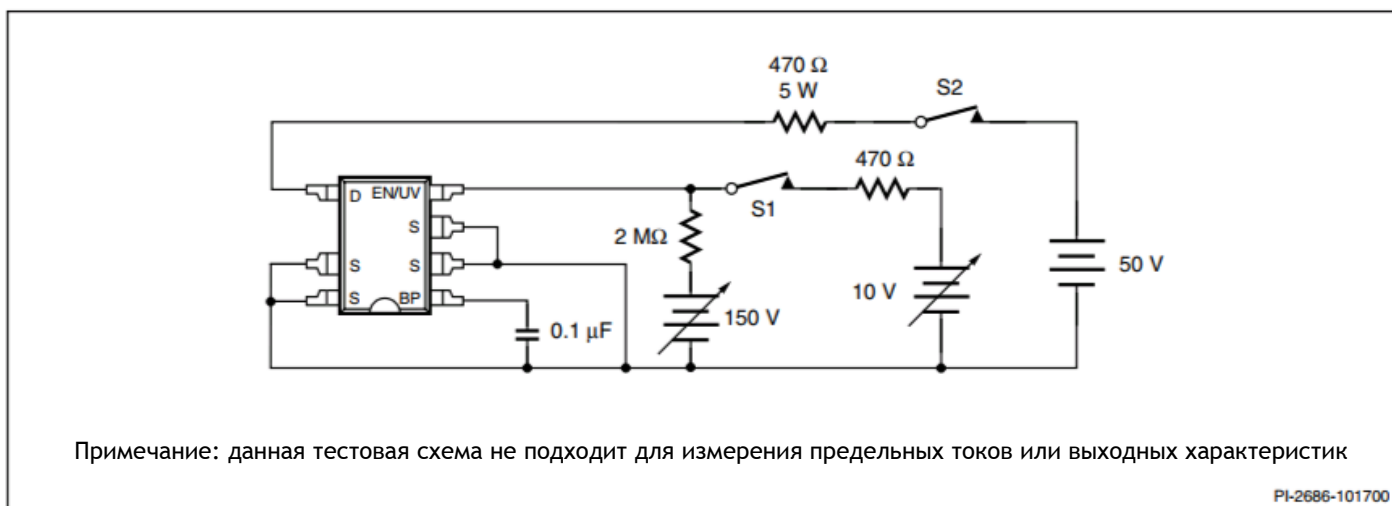


Рис 18. Общая тестовая схема TinySwitch-II.

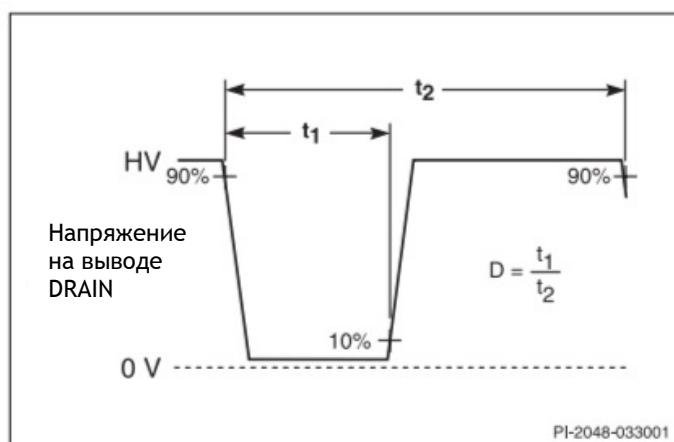


Рис 19. Измерение коэффициента заполнения TinySwitch-II.

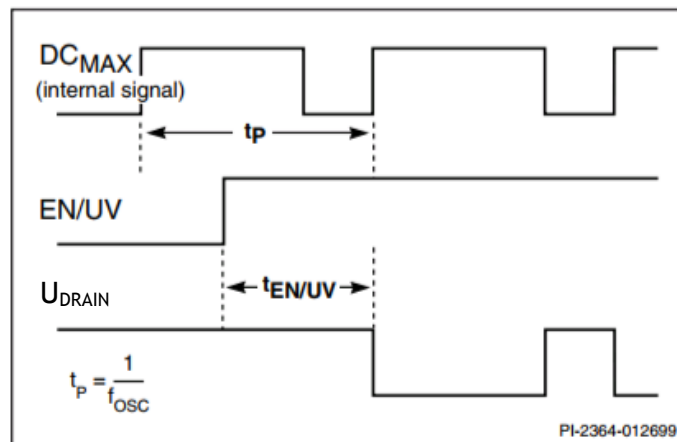


Рис 20. Управление разрешением выхода TinySwitch-II, временные параметры.

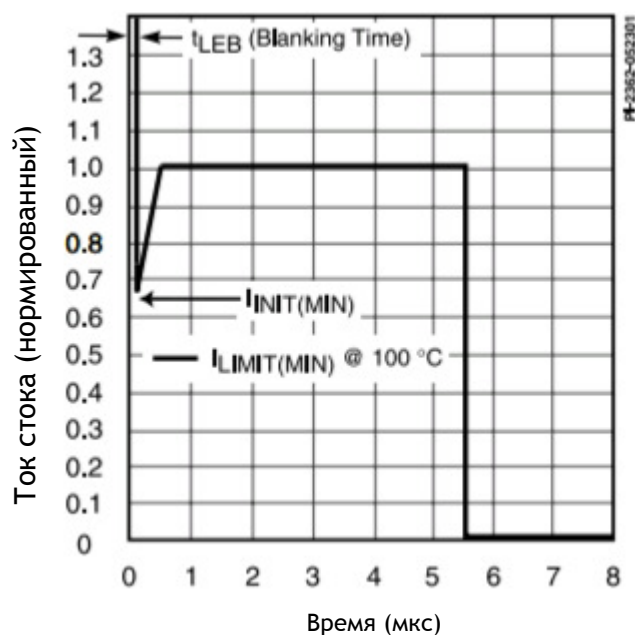


Рис 21. Диапазон ограничения тока.

Типовые рабочие характеристики

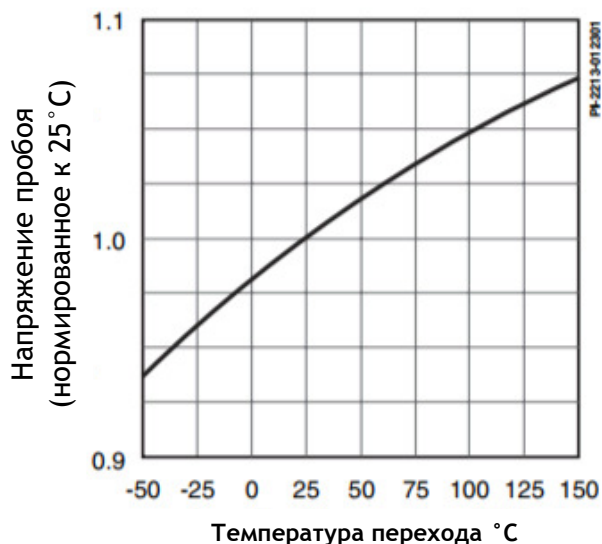


Рис 22. Зависимость напряжения пробоя от температуры.

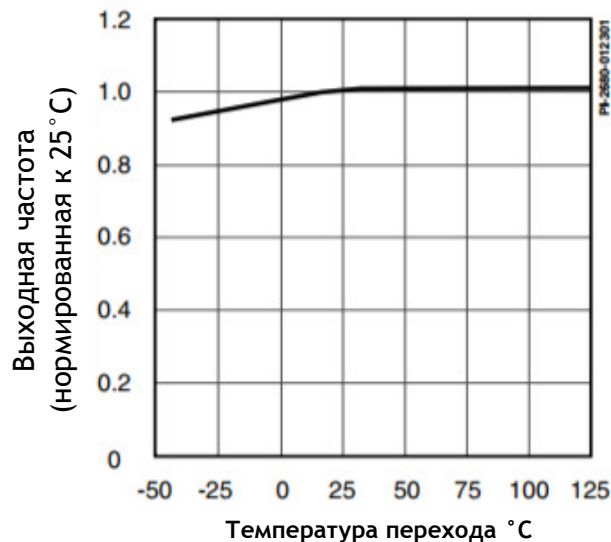


Рис 23. Зависимость частоты от температуры.

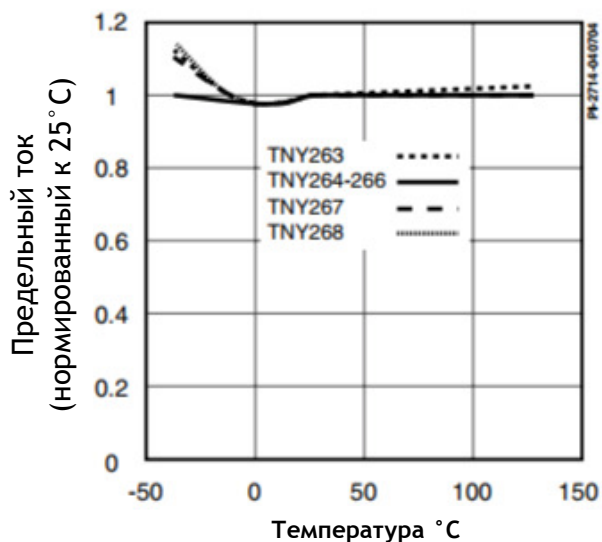


Рис 24. Зависимость предельного тока от температуры.

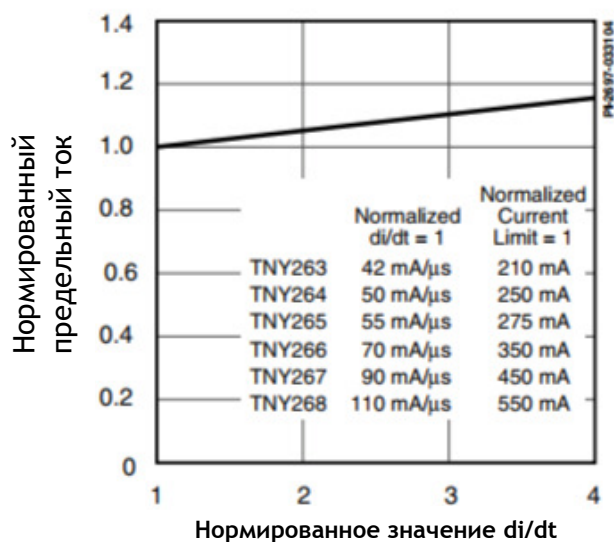


Рис 25. Зависимость предельного тока от di/dt.

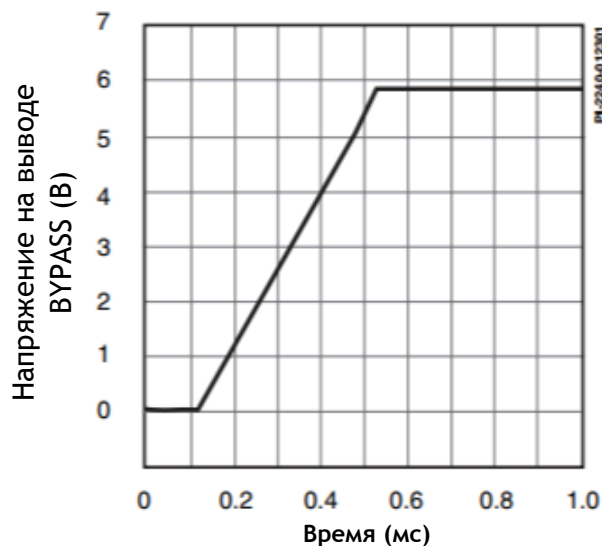


Рис 26. Форма сигнала при запуске на выводе BYPASS.

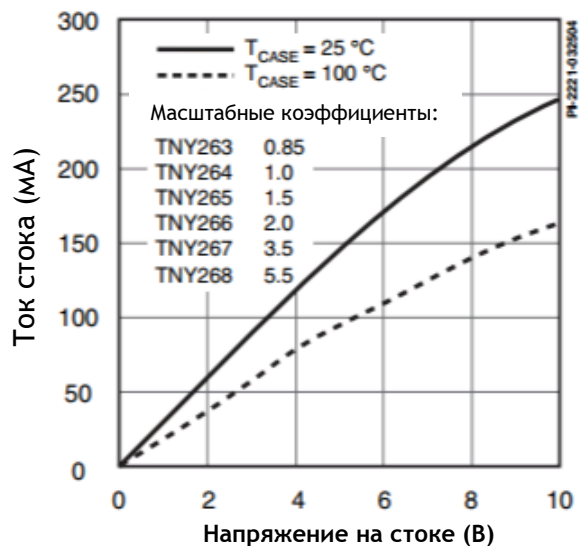


Рис 27. Выходная характеристика.

Типовые рабочие характеристики (продолжение)

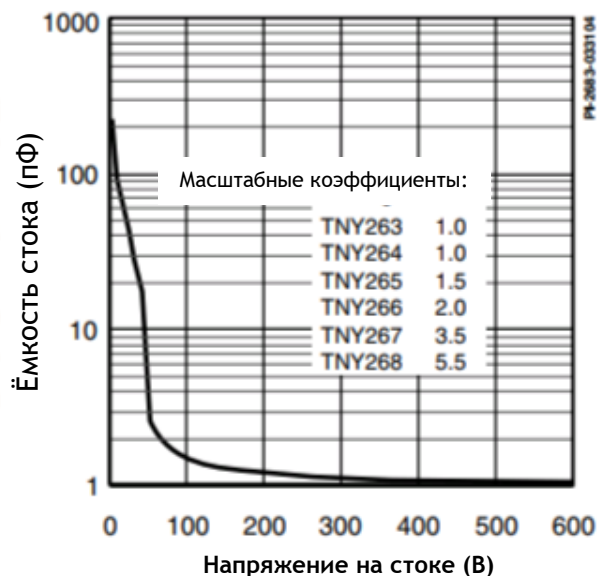


Рис 28. Зависимость C_{oss} от напряжения на стоке.

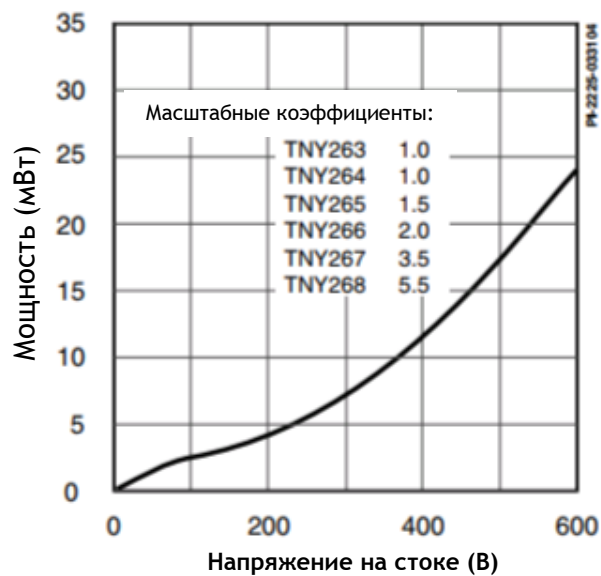


Рис 29. Мощность, рассеиваемая на емкости стока

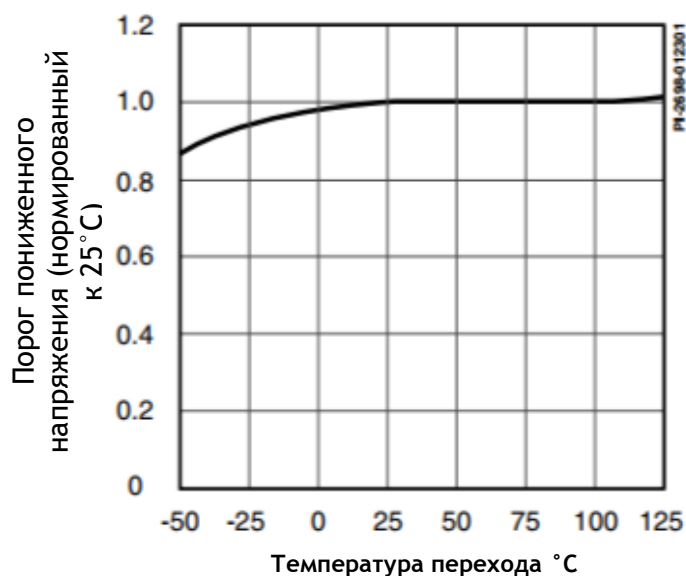


Рис 30. Зависимость порога пониженного напряжения от температуры.