Texas instruments

TPS6113x Synchronous SEPIC and Flyback Converter with 1.1-A Switch and Integrated LDO

(single ended primary inductance convertor - преобразователь с несимметрично нагруженной первичной индуктивностью)

**Преимущества топологии SEPIC**:

не требуется трансформатор

меньший уровень импульсных помех, по сравнению с обратноходовыми преобразователями

# TPS6113x Синхронный SEPIC и обратноходовый преобразователь с 1,1А Импульсныи источником и встроенным стабилизатором LDO

## Характеристики

Синхронный преобразователь SEPIC с КПД до 90% с нагрузочной способностью 300 мА (максимальный ток нагрузки), при питании от 2,5В.

Встроенный стабилизатор LDO для следующей ступени стабилизации или независимой от импульсного преобразователя работы.

Ток покоя (типовое значение) 40мкА.

Диапазон допустимых входных напряжений 1.8 – 5.5В

Фиксированное или регулируемое выходное напряжение до 5.5В.

Режим низкого потребления для улучшения КПД при маломощных нагрузках.

Компаратор контроля низкого уровня заряда батареи.

Выход сигнализирующий о нормальном состоянии батареи.

Преобразователь с низким уровнем ЭМИ (встроенная схема подавления паразитных колебаний).

Отсоединение нагрузки при выключении.

Защита от превышения температуры

Выпускается в миниатюрных 4 мм на 4 мм VQFN - 16 или TSSOP – 16 корпусах.

## Области применения

При питании от одной - трёх ячеек Литиевых аккумуляторов, USB портов. Например MP-3 плееров, планшетов, и других портативных устройств.

Режимы работы два входа и один вход

Высокоэффективное преобразование напряжения Литийионого источника до 3,3В



## Описание

Микросхемы TPS6113x являются готовыми решениями для устройств питающихся либо от одной Литий-ионной, Литий полимерной, либо от двух – четырёх Алкалиновых, Никель -кадмиевых, Никель - магниевых аккумуляторов. Устройство может выдавать два стабилизированных выходных напряжения, что обеспечивается простым и эффективным понижающим - повышающим преобразователем с выходным напряжением 3,3В, при входных напряжениях ниже или выше этого значения. Выходной ток может достигать по крайней мере 300 мА, при снижении входного напряжения до 1.8 В. Встроенный контроллер импульсного преобразователя, работающего на фиксированной частоте с ШИМ модуляцией, построен с использованием синхронного выпрямителя для получения высокого КПД.

 Пиковое значение тока в преобразователе ограничено значением 1600 мА. Преобразователь может быть отключён для минимизации потребления тока от батареи. Когда устройство находится в выключенном состоянии, нагрузка полностью отключена от батареи. Режим с низким уровнем ЭМИ осуществляется для снижения ВЧ звонов и излучаемой электромагнитной энергии, когда преобразователь переходит в режим постоянного изменения проводимости. Выход, высокое состояние которого, свидетельствует о нахождении выходного напряжения в допуске, позволяет дополнительно контролировать любые подключаемые схемы, например каскады усилителей мощности, микропроцессоры.

Внутренний стабилизатор LDO может использоваться для получения вторичного напряжения после SEPIC преобразователя или питаться непосредственно от батареи. Выходное напряжение этого стабилизатора может задаваться внешними резистивными делителями или быть фиксированным при изготовлении. Стабилизатор LDO может отключаться отдельно, например с использованием выхода соответствия выходного напряжения допустимым значениям (power good), первичного SEPIC преобразователя. Микросхема стабилизатора поставляется в миниатюрных 4 мм на 4 мм VQFN - 16 или TSSOP – 16 корпусах.

## Детальное описание

### Обзор

TPS6113x - синхронный повышающий преобразователь, обычно работает на частоте 500 кГц при широтно-импульсной модуляции (PWM) при токах нагрузки от умеренных до максимальных. При низких токах нагрузки, преобразователь переходит в режим с низким энергопотреблением для поддержания высокого КПД в широком диапазоне нагрузок. Преобразователь выходит из режим с низким энергопотреблением , при переходе в режим с фиксированной частотой преобразования. Устройство содержит дополнительный встроенный линейный стабилизатор LDO, который может быть использован для получения вторичного напряжения от встроенного импульсного преобразователя или любого другого внешнего источника. В Дополнении TPS6113x содержит схему детектора низкого уровня напряжения батареи. Она используется для контроля уровня заряда аккумулятора и выдаёт флаг ошибки, при снижении напряжения батареи ниже заданного порога.



## Функции

### Схема управления

Схема управления построена по принципу стандартного обратноходового преобразователя напряжения с фиксированной частотой. Входное и выходное напряжения, а также падение на ключевом транзисторе контролируются схемой регулятора при помощи обратной связи. Таким образом изменения в работе преобразователя напрямую влияют на длительность цикла поэтому схема управления, состоящая из усилителя ошибки и цепи управления, должна работать с определённым быстродействием и должна быть защищена от побочных сигналов. Контур управления, усилитель ошибки, должен отрабатывать даже небольшие отклонения при формировании сигнала ошибки. Входным сигналом для этой схемы является напряжение обратной связи снимаемое с вывода FB или с внутреннего резистивного делителя в версии с фиксированным выходным напряжением. Напряжение обратной связи сравнивается с внутренним опорным напряжением, таким на выходе микросхемы поддерживается точное и стабильное напряжение.

Ток, протекающий через индуктивность и ключевой транзистор NMOS также измеряется, чтобы обеспечить его ограничение. Типичное значение максимального тока соответствует значению 1300 мА. Внутренний датчик температуры не позволяет устройству выйти из строя от перегрева в случае чрезмерной рассеиваемой мощности.

### Синхронный выпрямитель

Схема синхронного выпрямителя реализована при помощи интегрированных N-канальных и P-канальных транзисторов. Потому что диоды Шоттки, которые в основном используются в выпрямителях заменены на ключи с низкими сопротивлениями сток – исток. Это позволяет достичь КПД при преобразовании напряжения до 90%. Во избежание смещения заземления из-за высоких токов, в коммутаторе NMOS, используются два отдельных контакта заземления. Выход GND относится ко всем схемам управления. Источник входного напряжения ключевого транзистора NMOS соединён с PGND. Обе земли должны быть соединены уже на плате в точке, расположенной как можно ближе к выводу GND. Схемотехника преобразователей напряжения SEPIC исключает прямой путь постоянному напряжению от батареи к выходу. При этом не требуется никаких дополнительных элементов, таким образом в схемах обратноходовых преобразователях или SEPIC гарантируется отсоединение батареи от выхода преобразователя. Тем не менее, диод обратного хода PMOS транзистора, который смещен в прямом направлении в стандартном режиме, выключается в режиме выключения (shutdown). Это достигается благодаря специальной схеме, которая подтягивает катод диода обратного хода к высокому потенциалу и отключает его от источника, когда регулятор не включен (EN низкий).

### Выключение устройства

Микросхема начинает работать, при установлении высокого уровня на выводе EN. Соответственно переход в режим отключения (shutdown) осуществляется при низком уровне, близком к GND. В режиме shutdown процесс переключения ключевого транзистора прерывается, все внутренние схемы управления неактивны, так же отключен компаратор низкого уровня заряда батареи. Диод обратного хода выпрямителя преобразователя так же выключен (подробно описано в разделе Синхронный выпрямитель). Это означает что в режиме shutdown выходное напряжение может быть ниже входного напряжения. В течение режима start-up длительность цикла включения транзистора и максимальный пик тока ограничены для уменьшения пусковых токов, нагружающих батарею.

### Схема защиты от заниженного выходного напряжения

Функция защиты от выдачи напряжения ниже номинального сработает прежде чем микросхема начнёт запускаться в режиме start-up. При напряжение питания ниже приблизительно 1.6В, например, при разряженной батареи, микросхема автоматически переходит в режим shutdown. Такая защита от появления низкого напряжения на выходе предназначена для предотвращения повреждения преобразователя.

### Плавный старт

При включении части микросхемы относящейся к SEPIC преобразователю начинается внутренний цикл режима start - up. При котором рабочий цикл (скважность переключения) ключевого транзистора составляет 50%. После достижения выходного напряжения значения приблизительно 1.4 В устройство продолжит работу с переменным рабочим циклом. До тех пор пока выходное напряжение не поднимется до запрограммированного значения, ток ключевого транзистора будет ограничен значением ниже номинального на 40%, это сделано для ограничения пусковых токов потребляемых из батареи в режиме start – up. Максимальная выходная мощность так же ограничивается при коротком замыкании. При достижении выходного напряжения заданного значения схема стабилизатора берёт управление на себя и ток ключевого транзистора может достигать максимального значения.

### Выход соответствия выходного напряжения

Вывод PGOOD принимает состояние высокого логического уровня при нахождении выходного напряжения преобразователя DC – DC в установленных допусках. Таким образом, можно косвенно контролировать подачу напряжения на питающиеся схемы, например, стабилизаторы LDO, микропроцессоры и т.д.

### Схема контроля уровня заряда батареи

Детектор уровня заряда аккумулятора обычно используется для контроля напряжения батареи и выдачи сигнала, при падении напряжения батареи ниже установленного разработчиком порога. Схема активна только при включённой микросхеме. Когда микросхема отключена, выход принимает высоко – импедансное состояние. Порог переключения установлен на уровне 500 мВ. Таким образом, при напряжении на входе LBI выше указанного порога – выход LBO принимает высокоимпедансное состояние, низкое активное состояние появится, при напряжении на входе LBI ниже 500 мВ. Напряжение источника питания, которое контролирует схема импульсного источника питания, может быть задано резистивным делителем, подключаемым к вывожу LBI. Этот делитель масштабирует напряжение до уровня близкого к пороговому 500 мВ с которым оно сравнивается. Вывод LBI имеет гистирезис 10 мВ (см. раздел применение и предназдачение для подробного описания порогового уровня). Если детектор уровня заряда батареи (low battery detection) не используется, вывод LBI должен быть соединён с землёй GND или выводом VBAT. Вывод LDO можно оставить неподключенным.

### Схема подавления паразитных высокочастотных колебаний (LOW-EMI Switch)

Для подавления паразитных высокочастотных колебаний, обычно появляющихся на ключевом транзисторе при переходе преобразователя в режим работы при постоянном выходном токе, в устройство интегрирована специальная схема. При постоянном сопротивлении нагрузки ток через индуктивность принимает нулевое значение и выпрямительный транзисторный ключ PMOS закрывается для предотвращения протекания обратных токов с выходного конденсатора обратно к батареи. В результате остатка энергии, сохранённой в паразитных элементах полупроводников и индуктивности колебания генерируются паразитные колебания на выводах ключевого транзистора. Встроенная схема подавления этих колебаний подтягивает это напряжение к VBAT и тем самым снижает уровень паразитных колебаний.

## Режимы работы устройства

Вывод SKIPEN используется для отключения режима энергосбережения (power save mode). Для чего на него следует подать напряжение высокого логического уровня. Режим энергосбережения используется для повышения КПД при малых токах нагрузки. В режиме экономии энергии, преобразователь работает при выходном напряжении несколько ниже установленного порогового значения. Он снижает выходное напряжения на несколько импульсов и снова переходит в режим экономии энергии после того, как выходное напряжение превышает установленное пороговое значение. Режим экономии энергии можно отключить, связав SKIPEN с GND.

### Стабилизатор LOD

Устройство содержит дополнительный встроенный линейный стабилизатор LDO, который может быть использован для получения вторичного напряжения от встроенного импульсного преобразователя или любого другого внешнего источника, например адаптера переменного тока (AC) или шины питания USB. Допускается нахождение стабилизатора в обратном смещении (при напряжении на выходе, относительно входа). Это позволяет разработчику запаралеллить выход DC-DC преобразователя и вход LDO. Это даёт возможность питать нагрузку от преобразователя DC-DC, при питании от батареи (когда более важен высокий КПД) и от стабилизатора LDO, при питании от другого внешнего источника напряжения (когда высокий КПД не столь важен). LDO должен быть отключён при напряжении на выводе LDOIN ниже напряжения LDOOUT для недопущения протекания обратных токов. При этом состояние импульсного преобразователя (вкл. или откл.) не столь важно.

### Включение LDO

При помощи вывода LDOEN есть возможность включать и выключать стабилизатор LDO, подобно выводу EN импульсного преобразователя, описанному выше. Таким образом есть возможность независимого включения (отключения) импульсного и линейного преобразователя соответствующими выводами. Логический уровень напряжения для включения линейного стабилизатора на LDOEN должен быть равен уровню на входе (LDOIN).

## Применение и предназначение

### Информация касающаяся применения

Встроенные импульсные преобразователи семейства TPS6113x предназначены для питания от двух или трёх никель – кадмиевых или литий - магниевых батарей с типовым значение напряжения на входе от 1.8 В до 5.5 В. Они так же могут использоваться в устройствах запитывающихся от одной батареи с типовым напряжением хранения от 2.5 В до 4.2 В. Кроме того, две или три первичные и вторичные щелочные батареи могут быть источником питания в системах, где используется TPS6113x. Встроенный линейный стабилизатор LDO может быть запитан непосредственно от батареи или от встроенного импульсного преобразователя для получения вторичного напряжения или любого другого внешнего источника, адаптера переменного тока (AC) или шины питания USB. Максимально выходное напряжение на выходе LDO 5,5 В (задаётся резистивным делителем).

## Типовое применение

### Типовая схема включения



Рисунок . Типовая схема включения микросхемы с регулируемым выходным напряжением

Таблица . TPS6113x, выходное напряжение3,3 В. Параметры схемы примера.

|  |  |
| --- | --- |
| Параметы в примере | Значения в примере |
| Диапазон входных напряжений, В | 1,8 – 5,5  |
| Выходное напряжение повыш. преобр., В | 3,8 |
| Выходное напряжение LDO, В | 1,5 |
| Пульсации выходного напряжения | ±3% VOUT |

### Детализация операций проекта

см.ниже

### Установка выходного напряжения

### DC-DC преобразователь

Выходное напряжение импульсного преобразователя TPS61130 определяется при помощи внешнего резистивного делителя. Типовое значение напряжения на выводе FB 500 мВ. Максимальное рекомендуемое значение выходного напряжения 5.5В. Ток через резистивный делитель должен быть в сто раз больше чем втекающий ток в вывода FB. Типовое значение второго 0,01 мкА, падение напряжение на резисторе R6 500 мВ. На основании этих двух значений, рекомендуется для установки тока делителя 1 мА или более выбрать значение R6 менее 500 кОм. Поскольку резистор схемы внутренней компенсации должен быть порядка 200 кОм. Из этого следует что значение резистора R3 зависит от необходимого напряжения на выходе и может быть подсчитано при помощи выражения 1: $R3=R6×\left(\frac{Vo}{VFB}-1\right)=180кОм×(\frac{Vo}{500 мВ}-1)$

В примере для выходного напряжения 3,3В необходим резистор R3 1 мОм. Рекомендуется поставить дополнительный конденсатор параллельно R3 если значение R6 выбрано значительно меньше чем 200 кОм. Емкость конденсатора не сложно посчитать по формуле 2: СпарR3=20pF х (200кОм / R6 – 1)

### Стабилизатор LDO

Выходное напряжение линейного стабилизатора определяется почти по тем же правилам что и для импульсного DC- DC преобразователя. Максимальное рекомендуемое напряжение LDO 5,5В. Поскольку опорное напряжение и внутренняя схема обратной связи похожи с секцией импульсного преобразователя, сопротивление резистора R4 так же должно быть около 200 кОм. Сопротивление резистора R5 можно подсчитать (выражение 3):

 $R5=R4×\left(\frac{Vo}{VFB}-1\right)=180кОм×(\frac{Vo}{500 мВ}-1)$

В примере для выходного напряжения 1,5 В выбран резистор R5 с сопротивлением 360 кОм.

### Определение порогового напряжения схемы контроля напряжения батареи

Ток резистивного делителя должен быть примерно в сто раз больше втекающего тока вывода LBI, типовое значение которого 0,01 мкА. Напряжение на резисторе R2 равно напряжению на выводе LBI и равно пороговому опорному внутри микросхемы, значение которого 500 мВ. Рекомендуемое значение сопротивления R2 около 500 кОм. Отсюда значение R1 (в зависимости от выбранного минимального напряжения батареи Vbat) определяется (выражение 4):

R1=R2 x (Vbat/(Vlbi – пороговое) – 1)) = 390 кОм x (Vbat - / 500 мВ - 1)

Выход схемы контроля низкого уровня батареи (LBO). – выход с открытым стоком. При снижении напряжения на выходе батареи ниже значения определённого разработчиком выход принимает активное состояние - низкий логический уровень. Выход требует подтягивающий резистор с рекомендуемым значением сопротивления 1 мОм. Максимальное напряжение к которому следует подтягивать вывод LBO не должно превышать выходного напряжения DC-DC преобразователя. Если схема контроля низкого уровня заряда батареи не используется, вывод можно оставить не подключенным или присоединить к земле GND.

Статья переведена с английского языка.

Автор: Texas instruments

TPS6113x Synchronous SEPIC and Flyback Converter with 1.1-A Switch and Integrated LDO