

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ СОБИРАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С МИНИМАЛЬНЫМ ВХОДНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ 0.8 В

### CONVERTER FOR HARVESTINGS OF SOLAR AND THERMAL ENERGY WITH A MINIMUM INPUT VOLTAGE OF 0.8 V

В статье приведена краткая информация о микросхеме собирателя энергии от оптических и тепловых датчиков, обеспечивающей работу подключенных к ней устройств при входном напряжении 0.8 В. Широкий диапазон входных напряжений от 0.8 до 6 В, возможность установки коммутацией выводов одного из четырех фиксированных выходных напряжений и высокий КПД позволяют использовать ИМС LTC3106 для питания беспроводных датчиков для систем Интернета вещей.

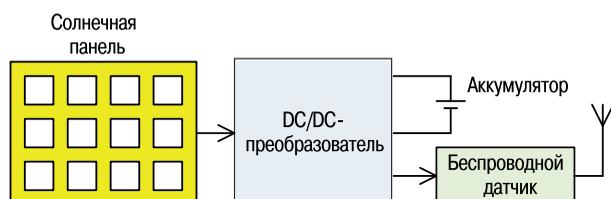
В. Макаренко

**Abstract** – The article provides brief information about the microcircuit of the energy harvestings from optical and thermal sensors, which ensures the operation of devices connected to it at an input voltage of 0.8 V. A wide range of input voltages from 0.8 to 6 V, the ability to set one of four fixed output voltages and high efficiency allows the LTC3106 to be used to power wireless sensors for IoT systems.

V. Makarenko

Энергособиранатели предназначены для преобразования механической, тепловой, оптической, электромагнитной и др. видов энергии в электрическую. Сбор энергии, ее аккумуляция и использование для питания электронных систем позволяет увеличить продолжительность их работы, которая может значительно превышать срок службы одно-разовых элементов питания. Возможность одновременного использования различных видов энергии, например, тепловой и солнечной, позволяют расширить сферу применения таких устройств.

Для сбора энергии в энергособиранателях используются разные технологии преобразования. Например, для использования энергии вибрации применяются пьезоэлектрические преобразователи, для аккумуляции солнечной энергии – фотоэлектрические, тепловой – термоэлектрические. Таким образом, энергособиранатели – это устройства, обеспечивающие преобразование различных видов энергии в напряжение или ток для питания приборов или зарядки аккумуляторов. На рис. 1 приведена типовая структура энергособиранателя.



**Рис. 1. Типовая структура энергособиранателя для использования с беспроводным датчиком**

Один из примеров возможного использования энергособиранателей в автомобилях – системы контроля давления в шинах (Tire Pressure Monitoring System – TPMS), в которых датчики давления устанавливаются непосредственно в каждом колесе и питаются от батарей. Применение энергособиранателей позволяет намного продлить срок службы такого датчика без замены источника питания.

В имплантируемых медицинских приборах, беспилотных летательных аппаратах, а также в другом оборудовании, при работе которого исключается возможность вмешательства обслуживающего персонала, применение энергособиранателей позволяет повысить надежность и срок службы таких устройств. Кроме того, сам человек является источником как тепловой, так и механической энергии, которую можно использовать в ряде приложений.

Ведущие производители (Analog Devices, Spanion, STMicroelectronics, Texas Instruments и др.) выпускают интегральные микросхемы (ИМС) для использования в энергособирающих устройствах. Рассмотрим кратко информацию о ИМС LTC3106 (Analog Devices), предназначенную для работы с преобразователями солнечной и тепловой энергии [1].

Основные параметры ИМС LTC3106:

- два входа понижающего преобразователя с использованием технологии PowerPath™ Manager
- минимально пусковое напряжение 850 мВ
- 300 мВ с использованием резервного источника
- совместимость с обычными или перезаряжае-

мым резервными батареями

- выбор  $V_{OUT}$  и  $V_{STORE}$  подачей управляющего кода на два входа управления
- контроль точки максимальной мощности
- низкий ток покоя, не более 1.6 мкА
- регулируемое напряжение выхода
- встроенное зарядное устройство резервного аккумулятора
- функция отключения в режиме сна датчика для сохранения заряда батареи
- возможность работы в пакетном режиме
- индикатор нормального выходного напряжения сигналом Power Good
- выбираемый предел пикового тока нагрузки от 90 до 650 мА
- корпус QFN-16 или TSSOP-20
- диапазон рабочих температур  $-40... 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

LTC®3106 — это повышающий DC/DC-преобразователь сверхнизкого напряжения с автоматическим управлением PowerPath, оптимизированном для многоканальных маломощных систем.

Без нагрузки LTC3106 потребляет всего 1.6 мкА при формировании выходного напряжения до 5 В от любого входного источника. Если основной источник питания недоступен, LTC3106 плавно переключается на резервный источник питания.

LTC3106 совместим как с перезаряжаемыми, так и с первичными аккумуляторными батареями и может подзаряжать резервную батарею всякий раз, когда есть избыток энергии.

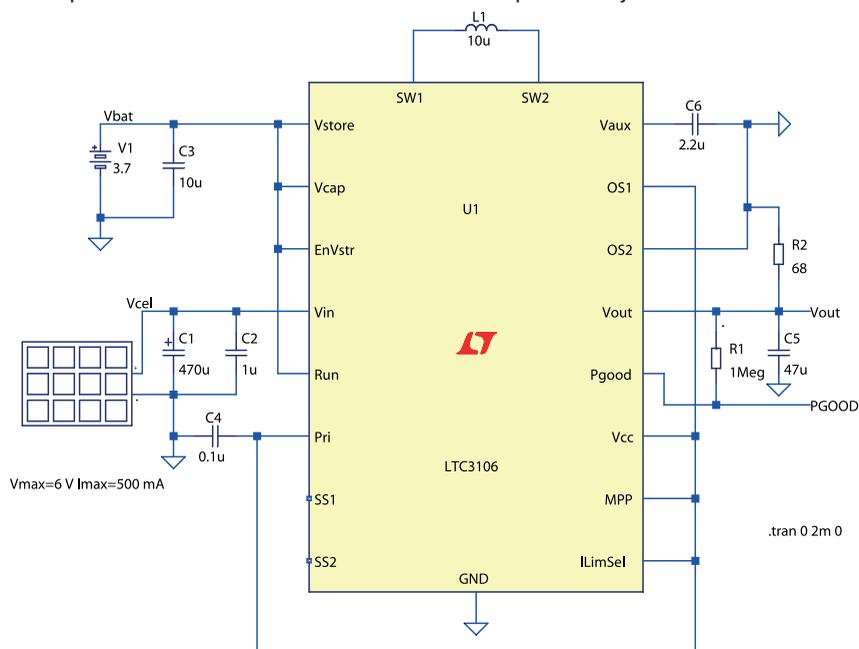
**Таблица 1. Выбор выходного напряжения с по мощностью коммутации выводов OS1 и OS2**

OS1	OS2	$U_{\text{вых}}$
0	0	1.8 В
0	VCC	2.2 В
VCC	0	3.3 В
VCC	VCC	5 В

Контроль точки максимальной мощности обеспечивает эффективную передачу мощности от источника питания к нагрузке. Выходное напряжение и резервное напряжение,  $V_{STORE}$ , программируются подачей управляющего кода на входы OS1 и OS2, сокращая необходимого количества внешних компонентов. Соответствие кода на входах OS1 и OS2 выходному напряжению приведено в табл. 1.

Режим с нулевым энергопотреблением гарантирует, что резервная батарея останется заряженной, если оставить ее подключенной к LTC3106 в течение длительное время.

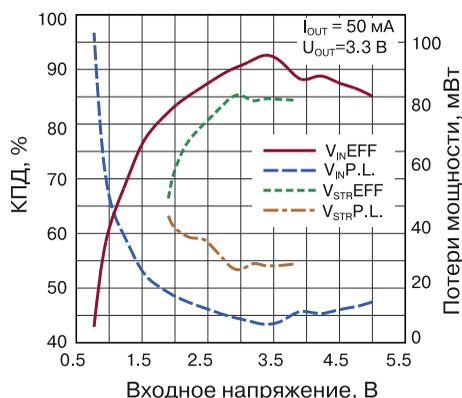
Функциональную схему LTC3106 можно найти в [1]. Типовая схема включения ИМС приведена на рис. 2. Зависимости КПД и потерь мощности в зависимости от значения входного напряжения ( $V_{IN}$ ) и напряжения резервной батареи ( $V_{S.T.R.}$ ) приведены на рис. 3. Буквами P.L. обозначены потери мощно-



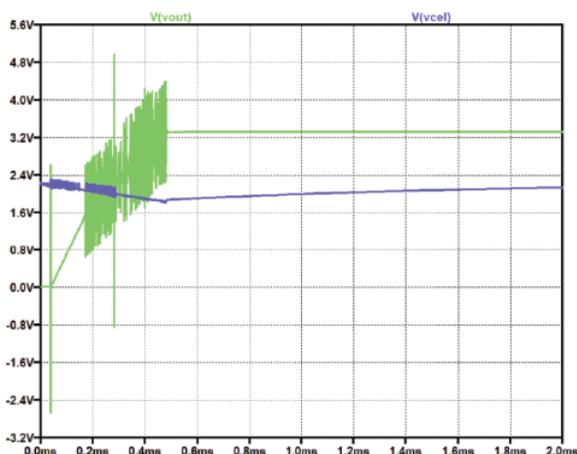
**Рис. 2. Типовая схема включения LTC3106 для формирования выходного напряжения 3.3 В**

сти (Power Loss).

На рис. 4 показаны временные диаграммы напряжений на выходе солнечной батареи и на выходе собирателя энергии.



**Рис. 3. Зависимости КПД и потерь мощности от величины входного напряжения и напряжения резервной батареи**



**Рис. 4. Временные диаграммы напряжения солнечной батареи (синяя) и выходного напряжения при отсутствии нагрузки**

При подключении нагрузки на выходе появляется помеха в моменты времени, соответствующие заряду выходного конденсатора, что может потребовать использования помехоподавляющего фильтра.

В ИМС предусмотрена блокировка работы от входного источника энергии при пониженном напряжении (UVLO). Для работы с очень низким напряжением  $V_{IN}$  напряжение на вывод RUN, подаваемое от внешнего источника (например, через резистивный делитель от резервной батареи), должно превышать 600 мВ. В этом случае ИМС сохраняет работоспособность при входном напряжении вплоть до 250 мВ.

Ниже этого порога источник входного напряже-

ния отключается и переходит в режим VSTORE/VCAP (т.е. питание ИМС осуществляется от резервной батареи). Как только напряжение  $V_{IN}$  превысит значение 300 мВ, питание ИМС будет вновь осуществляться по входу  $V_{IN}$ .

Собранная энергия может храниться на входном конденсаторе, выходном конденсаторе или, если он подключен, в аккумуляторе резервного хранения, подсоединенного к выводу VSTORE. После установления выходного напряжения любая избыточная энергия накапливается на входном конденсаторе (аккумуляторе), и его напряжение увеличивается. Если включен режим зарядки по входу VSTORE (вывод Pri заземлен), избыточная энергия сначала будет использоваться для перезарядки резервного источника питания, а затем накопления энергии на входном конденсаторе.

В [1] приведены соотношения и даны рекомендации по расчету и выбору емкости и типа входного и выходного конденсаторов.

Если на выводе  $V_{IN}$  напряжение ниже 600 мВ, питание внутренних цепей управления в ИС осуществляется от резервной батареи. Чтобы свести к минимуму пульсации напряжения на выводе VSTORE и обеспечить правильную работу микросхемы, как можно ближе к выводу VCAP следует расположить обходной конденсатор с низким ESR (эквивалентным последовательным сопротивлением) номиналом не менее 4.7 мкФ. Дорожки, соединяющие этот конденсатор с выводом VCAP и заземлением, должны быть сделаны как можно короче. В случаях, когда последовательное сопротивление батареи велико может потребоваться входной конденсатор большей емкости, что обычно рекомендуется.

В таких приложениях электролитический конденсатор с низким ESR и емкостью от 47 мкФ до 100 мкФ, соединенный параллельно с керамическим конденсатором 1 мкФ, обычно обеспечивает необходимое решение.

В [1] приведены графики зависимостей КПД, потерь мощности при различных выходных напряжениях при изменении входного напряжения в широких пределах. Приведены схемы включения LTC3106 в различных режимах работы. Там же приведено подробное описание работы ИМС.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/3106f.pdf>