

# Микросхемы Infineon

## для ключевых источников питания

**В статье рассмотрено многочисленное семейство выпускаемых ведущей европейской фирмой Infineon Technologies микросхем для ключевых (импульсных) источников питания.**

**Анатолий Бербенец**

berben@efo.ru

### Введение

Ключевые источники питания (КИП) в силу присущих им преимуществ перед аналоговыми источниками питания нашли самое широкое применение во вторичных источниках питания (ВИП) для современной бытовой и промышленной электронной аппаратуры. Их основные преимущества заключаются в следующем:

- меньшие габариты и вес (меньшие габариты трансформатора, конденсаторов, радиаторов);
- выше КПД (меньше собственные потери на нагрев);
- малые потери в режиме ожидания;
- возможность работы в широком диапазоне входного сетевого напряжения (85–245 В) при сохранении высокой эффективности;
- возможность встраивания электронных функций, например защита от короткого замыкания, мягкий старт, режим ожидания и т. п.

### Принцип действия КИП

Обобщенная функциональная схема КИП приведена на рис. 1. Основными блоками, отличающими КИП от традиционного аналогового источника питания, являются инвертор, высокочастотный выпрямитель, вспомогательный (дежурный) выпрямитель, схема управления, схема гальванической развязки.

Входное сетевое напряжение с частотой 50 Гц выпрямляется и фильтруется первым блоком и поступает на блок инвертора. Инвертор преобразует постоянное напряжение в последовательность однополярных прямоугольных импульсов с частотой повторения от единиц килогерц до нескольких мегагерц. Эти ВЧ-импульсы при необходимости могут

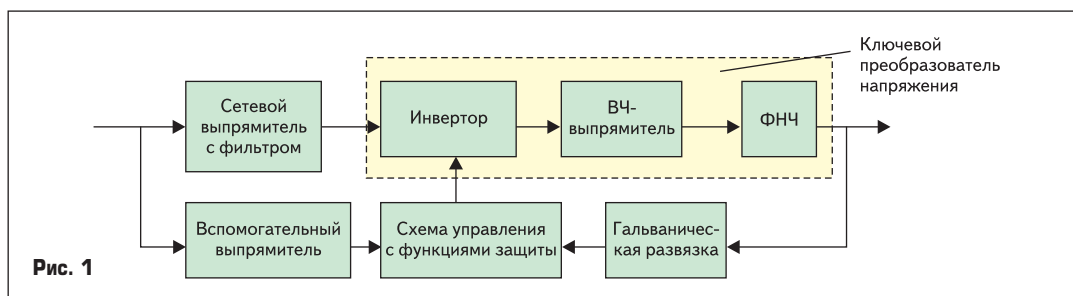
быть с помощью трансформатора доведены до необходимой амплитуды с последующим выпрямлением ВЧ-выпрямителем. Энергетические параметры КИП определяет ключевой преобразователь напряжения (КПН), который включает в себя три блока нашей схемы: инвертор с силовым ключом, ВЧ-выпрямитель и фильтр (рис. 1). Практически все микросхемы контроллеров КИП Infineon предназначены для использования совместно с силовыми транзисторными ключами МОП или IGBT-транзисторами, например серий CoolMOS (высоковольтные МОП до 800 В) или OptiMOS (низковольтные силовые МОП до 75 В). При этом частоты преобразования не превышают 300 кГц.

Как следует из разложения в ряд Фурье последовательности прямоугольных импульсов длительностью  $t_n$ , периодом следования  $T$  и амплитудой  $U_m$ , среднее значение напряжения (после фильтра) определяется соотношением:

$$U_{cp} = U_m t_n / T.$$

Из этого выражения следует, что среднее значение напряжения последовательности прямоугольных импульсов  $U_{cp}$  зависит от соотношения  $t_n/T$  и его можно регулировать в диапазоне от нуля до  $U_m$  путем изменения длительности и периода повторения импульсов. Эту функцию выполняет схема управления (драйвер), на вход которой через схему гальванической развязки поступает по петле обратной связи сигнал рассогласования выходного напряжения от заданной опорной величины.

Существует три способа регулирования: широтно-импульсный метод ( $t_n = \text{var}$ ,  $T = \text{const}$ ), частотно-импульсный ( $t_n = \text{const}$ ,  $T = \text{var}$ ) и время-импульсный ( $t_n = \text{var}$ ,  $T = \text{var}$ ).



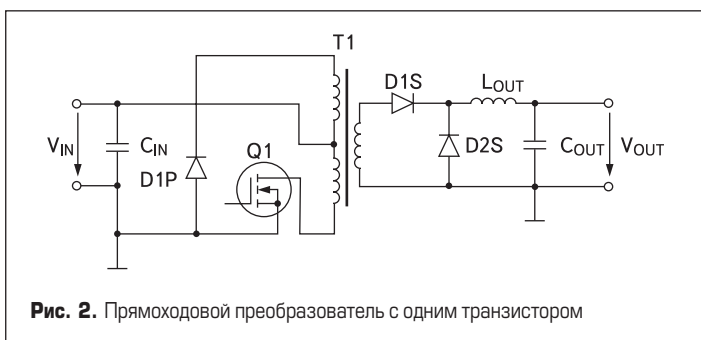


Рис. 2. Прямоходовой преобразователь с одним транзистором

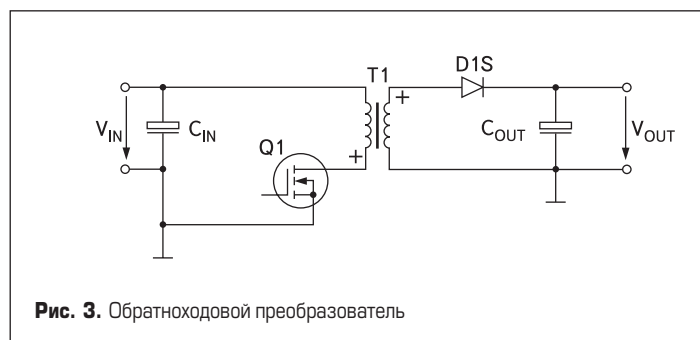


Рис. 3. Обратногоходовой преобразователь

Наибольшее распространение в ключевых источниках питания, в том числе и контроллерах Infineon, получил широтно-импульсный метод (ШИМ) регулирования и стабилизации напряжения и тока.

### Базовые топологии КПП

Для описания разнообразной номенклатуры микросхем, выпускаемых Infineon для КИП, кратко рассмотрим базовые схемотехнические конфигурации (топологии) КПП, в которых они могут быть использованы.

Ключевые преобразователи напряжения или преобразователи постоянного тока в постоянный, так называемые DC/DC-преобразователи, могут быть выполнены различными способами. Они, прежде всего, делятся на бестрансформаторные и трансформаторные схемы по отсутствию или наличию гальванической (трансформаторной) развязки между входом и выходом преобразователя. В свою очередь, в бестрансформаторных топологиях выделяют следующие виды преобразователей:

- понижающий (buck converter);
- повышающий (boost converter);
- повышающе-понижающий (buck-boost converter);
- преобразователь Чука и его модификации.

Трансформаторные топологии делятся на однотактные, полумостовые и мостовые.

При этом различают два принципиально разных типа ключевого преобразователя напряжения с трансформаторной топологией:

- прямоходовой (feed forward converter) преобразователь;
- обратногоходовой (flyback converter) преобразователь.

Это деление основано на принципе передачи энергии в нагрузочную цепь КИП схемой ключевого преобразователя напряжения. В преобразователях прямого хода передача энергии в нагрузку происходит при замкнутом электронном ключе инвертора, а в преобразователях обратного хода — при разомкнутом (см. рис. 2–3). Работа этих двух преобразователей многократно описана в технической литературе и здесь не рассматривается [1].

ШИМ-контроллеры Infineon в рекомендуемых документацией схемах включения используют в качестве базовых трансформаторные топологии преобразователей, хотя ряд микросхем допускает работу и в бестрансформаторных включениях всех четырех вышеперечисленных видов.

Таблица 1. Диапазоны мощности КИП в зависимости от типа преобразователя

Мощность, Вт	<100	100–300	300–1000	1000–3000	>3000
Однофазный обратногоходовой преобразователь	X	X			
Однофазный прямоходовой преобразователь	X	X			
Полумостовой преобразователь		X	X		
Мостовой преобразователь		X	X	X	
Двухтактный преобразователь		X	X	X	X

Таблица 2. ШИМ-контроллеры общего применения

	Квазирезонансный		Фиксированная частота		
	TDA16846 TDA16847	ICE1QS01	ICE2A(B)S01	ICE3DSO1	TDA16850-2
	Универсальный контроллер, с режимом ожидания и ККМ	ШИМ-контроллер с быстрым стартом из режима ожидания, встроенным ККМ, понижением частоты, лучшими в классе характеристиками	Контроллер общего назначения с параметрами ICE2A(B)XXX (серия CoolSET)	Контроллер общего назначения с улучшенными параметрами, чем у ICE2A(B)S01	Контроллер для источников питания ЭЛТ-мониторов
Области применения	ТВ, адаптеры, видеокамеры	ТВ, адаптеры, видеокамеры	ТВ, адаптеры, DVD	ТВ, адаптеры, DVD, зарядные устройства, LCD	ЭЛТ-мониторы, ЗУ, адаптеры
Основные характеристики					
Режим работы	Квазирезонансный. Фиксированная частота. Синхронизированный	Квазирезонансный	Фиксированная частота	Фиксированная частота	Фиксированная частота. Синхронизированный
Частота переключения, кГц	<250, регулируемая	<250	<100 (67 кГц)	110	60 фиксированная, <130 синхронизированная
Частота в режиме ожидания, кГц	регулируемая	20	21		20
Макс. коэффициент заполнения, %	неограничен	неограничен	72	72	60
Потребление в режиме ожидания	<1 Вт/400 мВт	<1 Вт/400 мВт	<1 Вт/ без нагрузки	100 мВт/ без нагрузки	<1 Вт/ без нагрузки
Мягкое переключение для снижения ЭМИ				V	V
Встроенный дополнительный источник питания					V
Встроенная схема запуска 500 В				V	
Наличие функции ККМ		Зарядовая подкачка	Зарядовая подкачка		
Защитные функции					
Блокировка по пропаданию входной сети	V	V	V	V	V
Защита по перегрузке и разрыву петли управления	V	V	V	V	V
По перенапряжению	V	V	V	V	
По снижению выходного напряжения	V	V			
По токовой перегрузке	V	V	V	V	V
Защита от размагничивания	V	V			
Защелка по перегреву с автостартом			V	V	V
Режимы автостарта по всем защитным функциям	V	V		V	
Ток потребления в режиме управления, мА (тип.)	5	10	6,5	7,2	3–10
Напряжение питания, В	8–16	9–20	8,5–21	8,5–21	8,5–22
DIP-корпус	DIP-14	DIP-8	DIP-8	DIP-8	DIP-8
SMD-корпус	DSO-14	DSO-8	DSO-8	DSO-8	

**Таблица 3.** Комбинированные ШИМ-контроллеры, с блоком ККМ, корректоры коэффициента мощности

	Комбинированный контроллер	ККМ-контроллер		
	ШИМ+ККМ	Режим непрерывного тока (CCM)	Режим прерывающегося тока (DCM)	
	TDA16888	ICE1PS01 ICE1PS02	TDA4862 TDA4863 TDA4863-2	ICE1PD265
	Высококачественный ККМ с ШИМ-контроллером	ККМ-контроллер для повышающей топологии с диодной защитой	ККМ-контроллер с высоким коэффициентом и активным фильтром гармоник	ККМ-контроллер с встроенным силовым CoolMOS 650 В
Области применения	Промышленные приводы, ПК, серверы, адаптеры	Промышленные приводы, ПК, бытовая техника	Балласты, мониторы, адаптеры	Балласты, адаптеры
Режим работы	Фиксированная частота, CCM	Фиксированная частота	DCM	DCM
Частота переключения, кГц	До 200	До 250, 67 кГц	30–300, переменная	30–300, переменная
Частота в режиме ожидания, кГц	ШИМ 0 кГц/КМ = 50%			
Макс. коэффициент заполнения	ШИМ 50%/КМ = 94%	95% при 125 кГц	98%	98%
Потребление в режиме ожидания	<1 Вт без нагрузки			
Режим ожидания — режим быстрого старта	V		V	V
Мягкое переключение для снижения ЭМИ	V			V
Макс. напряжение «сток–исток» силового транзистора, В				650
Диапазон выходной мощности без радиатора (~85–270 В)				0–55 Вт
Диапазон выходной мощности без радиатора (~190–270 В)				0–140 Вт
Встроенный дополнительный источник питания	V			
Наличие функции ККМ	V	V	V	
<b>Защитные функции</b>				
Блокировка по пропаданию входной сети	V	V	V	V
Защита по перегрузке и разрыву петли управления	V	V	V**	
По перенапряжению	V	V	V	V
По снижению выходного напряжения	Защита выхода			
По токовой перегрузке	ШИМ и ККМ	V	V	V
Защита от размагничивания			V	V
Ток потребления в режиме управления, мА (тип.)	15–40	18 при 125 кГц	4	4
Напряжение питания, В	14–19	10–22	12,5–20	12,5–20
DIP-корпус	DIP-20	DIP-8	DIP-8	
SMD-корпус	DSO-20	DSO-8	DSO-8	DSO-16

Примечание:

\*\* питание от независимого источника напряжения.

В таблице 1 показаны сравнительные возможности различных типов преобразователей по критерию достижимой мощности КИП [3].

### Интегральные схемы Infineon для КИП

Одним из основных узлов любого КИП можно считать схему управления — контроллер ШИМ, определяющий тот или иной метод реализации блока инвертора в КПН (рис. 1), а также обеспечивающий дополнительные функции: защиту, коррекцию коэффициента мощности, режимы пониженного потребления и т. п.

Сравнительный обзор микросхем управления для КИП, выпускаемых фирмой Infineon, представлен в таблицах 2–4. Микросхемы условно разделены на четыре функциональные группы:

- ШИМ-контроллеры общего применения (табл. 2);

- комбинированные ШИМ-контроллеры, имеющие в составе блок ККМ (табл. 3);
- корректоры коэффициента мощности (ККМ) (табл. 3);

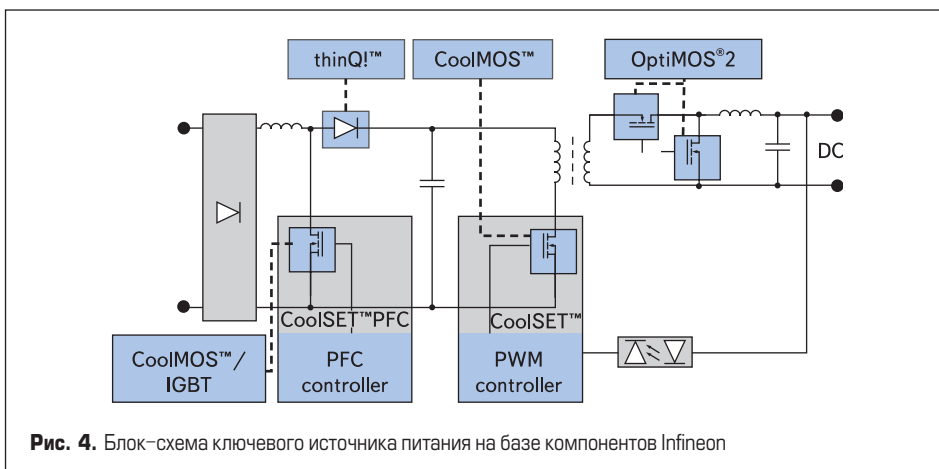
- ШИМ-контроллеры семейства CoolSET, интегрированные с силовым МОП-транзистором (табл. 4).

Микросхемы ШИМ-контроллеров могут быть использованы в разнообразных модификациях топологий КПН. Наиболее универсальными являются микросхемы TDA16888, ICE3DS01, ICE2xS01. Микросхемы TDA16846 и ICE1QS01 подходят для квазирезонансных обратныхходовых КИП. Эти микросхемы обеспечивают включение силового МОП-транзистора в проводящее состояние при минимальной амплитуде резонансных колебаний, возникающих на стоке в закрытом состоянии транзистора — включение в нуле напряжения, что снижает потери переключения и высокочастотные помехи [2].

ИМС контроллеров с фиксированной частотой — ICE2A(B)S01, ICE3DS01, TDA16850, TDA16888 предназначены для зарядных устройств, адаптеров питания (ЖК-мониторы, принтеры, ноутбуки и т. п.), бытовых мало-мощных устройств, а также для блоков питания ПК и более мощных промышленных применений. Они наилучшим образом подходят для обратныхходовых топологий. Микросхема TDA16888 работает и в прямоходовых топологиях КИП, к тому же в состав микросхемы входит блок корректировки коэффициента мощности, что расширяет область ее применения.

Применение микросхем серии CoolSET с интегрированным силовым МОП-транзистором в корпусе DIP-8 или TO220 позволяет упростить проектирование и снизить габариты источника питания. Например, использование в составе контроллера силового транзистора серии CoolMOS, имеющего низкое сопротивление во включенном состоянии (<0,8 Ом), позволяет получить ключевой источник питания с мощностью до 67 Вт без использования радиатора (контроллер в корпусе DIP-8). Вариант контроллера в корпусе TO220 имеет электрически изолированный от кристалла теплосток (ISOdrain), то есть микросхема может монтироваться на радиатор без дополнительной электрической изоляции.

Микросхемы коррективы коэффициента мощности предназначены для обеспечения максимально близкого к единице коэффициента мощности (фактора мощности) ключевых источников питания. Это необходимо в со-



**Рис. 4.** Блок-схема ключевого источника питания на базе компонентов Infineon

Таблица 4. ШИМ-контроллеры семейства CoolSET, интегрированные с силовым МОП

	Фиксированная частота			
	F3 DIP ICE3A(B)0365 ICE3A(B)0565 ICE3A(B)1065 ICE3A(B)1565 ICE3A(B)2065 ICE3A(B)2565 ICE3A0565Z ICE3A2065Z	F3 Isodrain ICE3A(B)2065P ICE3A(B)3065P ICE3A(B)3565P ICE3A(B)5065 ICE3A(B)5565P	F2 ICE2A(B)0565 ICE2A0565G ICE2A0565Z ICE2A(B)165 ICE2A(B)265 ICE2A265Z ICE2A(B)365 ICE2A(B)765	ICE2A180Z ICE2A280Z
	Полная защита + низкое потребление в режиме ожидания, мягкий старт, схема запуска	Полная защита + низкое потребление в режиме ожидания, мягкий старт, схема запуска	Полная защита + низкое потребление в режиме ожидания, мягкий старт, адаптивное временное окно	Полная защита + низкое потребление в режиме ожидания, мягкий старт, адаптивное временное окно
Области применения	Зарядные устройства, адаптеры, DVD, бытовая техника	Зарядные устройства, адаптеры, DVD, игровые приставки, STB, VCR, ИП ПК в режиме ожидания	Зарядные устройства, адаптеры, DVD, бытовая техника, вспомогательные ИП	Зарядные устройства, адаптеры, DVD, бытовая техника, вспомогательные ИП, ноутбуки
Основные характеристики				
Режим работы	Фиксированная частота	Фиксированная частота	Фиксированная частота	Фиксированная частота
Частота переключения, кГц	100 (67)	100 (67)	100 (67)	100
Частота в режиме ожидания, кГц	—	—	Снижается до 21	Снижается до 21
Макс. коэффициент заполнения, %	50	72	72	72
Потребление в режиме ожидания			<1 Вт без нагрузки	<1 Вт без нагрузки
Мягкое переключение для снижения ЭМИ	✓	✓	✓	✓
Макс. напряжение «сток-исток» силового транзистора, В	650В	650В	650В	800В
Диапазон выходной мощности без радиатора (~85–270 В)	10, 18, 20, 28, 33 Вт	17 Вт	13, 17, 26, 36, 130 Вт	17, 28 Вт
Диапазон выходной мощности без радиатора (~190–270 В)	22, 25, 32, 42, 57, 68 Вт	28 Вт	24, 28, 38, 43, 230 Вт	28, 40 Вт
Встроенный дополнительный источник питания	Схема запуска, 650 В	Схема запуска, 650 В		
Защитные функции				
Блокировка по пропаданию входной сети	✓	✓	✓	✓
Защита по перегрузке и разрыву петли управления	✓	✓	✓	✓
По перенапряжению	✓	✓	✓	✓
По снижению выходного напряжения	✓	✓	✓	✓
По токовой перегрузке	✓	✓	✓	✓
Защелка по перегреву с авторестартом	✓	✓	✓	✓
Режимы авторестарта по всем защитным функциям	✓	✓	✓	✓
Ток потребления в режиме управления, мА (тип.)	6–7	6,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Напряжение питания, В	8,5–17,5	8,5–17,5	8,5–21	8,5–21
DIP-корпус	DIP 8/7	TO220-6	DIP 8/7	DIP 7
SMD-корпус			DSO-12/7	

ответствии с требованиями стандартов, например европейских EN-61000-3-2 (IEC1000-3-2), с целью снижения гармонических составляющих токов в силовой сети 50 Гц, которые возникают от нелинейных потребителей. К таким потребителям относятся, в частности, источники питания, в особенности ключевые. Согласно этим нормам, например, в Европе все телевизоры, мониторы и персональные компьютеры с потребляемой мощностью более 75 Вт должны вносить в силовую сеть строго регламентированный уровень гармонических составляющих. Этим же нормам должны удовлетворять электронные балласты люминесцентных ламп мощностью более 25 Вт. Выполнение этих требований достигается применением в КИП микросхем ККМ — специализированных или входящих в состав ШИМ-контроллеров. (Российский аналог стандарта IEC1000-3-2 — ГОСТ Р 51317.3.2 — 99.)

Пример структурной схемы КИП с использованием полупроводниковых компонентов, выпускаемых Infineon, приведен на рис. 4. Как видно из рисунка, помимо собственно контроллеров ШИМ и ККМ Infineon производит для КИП еще ряд принципиально необходимых компонентов. В частности, в схеме корректора мощности применяются транзисторы IGBT или CoolMOS и быстрый диод Шоттки на карбиде кремния (thinQ). В схеме инвертора и выпрямителя используются мощные МОП-транзисторы семейства OptiMOS.

В заключение необходимо отметить, что помимо стандартных схем включения микросхем ШИМ-контроллеров, приведенных в технической документации, Infineon предлагает большое количество материалов по применению, прикладные программы для расчета внешних компонентов, демонстрационно-оценочные платы и PSpice-модели для дискретных силовых компонентов и отдельных микросхем [3].

#### Литература

1. Быстров Ю. А. и др. Электронные цепи и устройства. СПб.: Энергоатомиздат. 1999.
2. TDA4605-3 Datasheet V2.0. 2002.
3. [www.infineon.com](http://www.infineon.com)

## Новая серия источников питания Mean Well

Компания Mean Well выпустила новую серию 1000-Вт импульсных источников питания закрытого исполнения SE-1000.

Данная серия отличается высокой удельной мощностью (7,3 Вт/дюйм<sup>3</sup>) и встроенным вентилятором на подшипниках качения. Серия SE-1000 обеспечивает полную выходную мощность при температуре окружающего воздуха до 50 °С. Благодаря стандартным функциям дистанционного включения/выключения, функции дистанционного контроля состояния источника и сигнала выходного напряжения и невысокой стоимости серия SE-1000 может использоваться в широком диапазоне применений.



Источники данной серии отвечают требованиям стандартов UL и CSA. Разработка и выбор компонентов источников данной серии, как и всех других источников питания Mean Well, основаны

на строгой процедуре обеспечения надежности и производительности.

- Ограничения скачков входного переменного тока.
- Выбор входного диапазона: 115/230 В.
- Защиты: короткое замыкание, OLP, OVP, OTP.
- Принудительное охлаждение при помощи встроенного вентилятора.
- Встроенная функция дистанционного контроля состояния.
- Встроенная функция дистанционного включения/выключения.
- Сигнал выходного напряжения.
- Размеры: 278×127×63,5 мм (Д×Ш×В).

[www.aviton.spb.ru](http://www.aviton.spb.ru)