

Современные микросхемы Infineon и Shindengen для импульсных источников питания

Микросхемы для импульсных источников питания (SMPS) выпускает большое число компаний, что нередко не позволяет разработчикам сделать осознанный выбор конкретных типов микросхем при разработке SMPS. Для некоторого прояснения ситуации автором был проведен анализ применимости микросхем в источниках питания бытовой аппаратуры и офисной техники Panasonic. В результате анализа сервисной документации нескольких десятков моделей DVD-проигрывателей и рекордеров фирмы выяснилось, что в их SMPS в основном используются микросхемы нескольких определенных производителей, либо они построены на дискретных компонентах.

Юрий ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ

Введение

Из практики ремонта известно, что выход из строя микросхем SMPS — наиболее распространенная причина отказов техники. Panasonic выпускает бытовую аппаратуру миллионными тиражами, и надежность источников питания для нее должна быть на высоком уровне. В DVD-проигрывателях и рекордерах Panasonic, вошедших в обзор, применены микросхемы SMPS фирм Sanken, Fuji Electric, Shindengen, Infineon и некоторых других. В микросхемах серий CoolSET Infineon и некоторых микросхемах серии MR5000 Shindengen используются полевые транзисторы CoolMOS (зарегистрированная торговая марка Infineon), микросхемы SMPS этих фирм и являются предметом рассмотрения.

Обе фирмы при разработке микросхем SMPS особое внимание уделили вопросам снижения потребления электроэнергии источниками питания в дежурном режиме. Проблема экономии электроэнергии аппаратурой широкого применения в недалеком будущем может стать актуальной и для российских производителей электронной техники: речь идет о скором внедрении в стране цифрового наземного телевидения DVB-T. Для осуществления этого проекта потребуются десятки миллионов приставок к телевизорам, производство которых предполагается наладить на отечественных предприятиях. Хотя в России на государственном уровне еще не приняты решения о снижении потребления электроэнергии бытовой аппаратурой, разработка экономичных источников пита-

ния приставок, большую часть времени работающих в дежурном режиме, в недалеком будущем может стать актуальной. (В Японии и ряде европейских стран требования и рекомендации производителям аппаратуры широкого потребления, работающей в дежурном режиме, законодательно сформированы и выполняются.)

Компания Shindengen Electric Manufacturing Co., Ltd (Токио, Япония) основана 16 августа 1949 года, численность персонала — 5940 человек, консолидированный объем продаж — 85 239 млн йен (на 31 марта 2009 года). Президент фирмы — Коджиро Ода (Kojiroh Oda). Shindengen выпускает дискретные полупроводниковые приборы, микросхемы источников питания, DC/DC-конвертеры, системы питания, продукты для автомобильной электроники, оборудование для силовой электроники. Постоянными покупателями продукции Shindengen являются более 50 ве-

дущих мировых производителей радиоэлектронной аппаратуры и ряд автомобильно-строительных фирм, в том числе: LG, Canon, Sanyo, Sharp, Suzuki Motor, Seiko Epson, Sony, Toshiba, NTT, IBM Japan, Samsung, NEC, Pioneer, Panasonic, Hitachi, Fuji, Fujitsu, Honda Motor, Mitsubishi, Yamaha Motor, Ricoh, BMW, Daewoo, Ericsson, Nokia, Philips, Toyota Tsusho [1]. Компания выпускает информационно-технический журнал "PassWord", европейский офис базируется в Велвин-Гарден-Сити, Великобритания (www.shindengen.co.uk), имеется подразделение в Дюссельдорфе, Германия (www.shindengen.de).

Infineon Technologies AG (Нойбиберг, Германия) 1 апреля 1999 года была выделена в отдельную компанию из подразделения полупроводниковых приборов концерна Siemens (рис. 1). Число сотрудников — 41,3 тыс., оборот — 4,32 млрд евро (на 2008 год). По исследованию IMS Research компания является крупнейшим в мире производителем силовых полупроводниковых приборов с долей рынка 9,7% (2007 год), на втором и третьем местах расположились STMicroelectronics и Fairchild [2]. Компания хорошо известна в России, ее интересы представляют 8 дистрибьюторов в Москве, в Санкт-Петербурге — субдистрибьютор «ЭФО». Интерес к компании проявило правительство России: на состоявшейся в августе 2009 года встрече президента Дмитрия Медведева с канцлером ФРГ Ангелой Меркель был обсужден вопрос о вхождении АФК «Система» в капитал Infineon. Речь идет о производителе запоминающих устройств Qimonda, 77,47% капитала которой принадлежит Infineon [3].



Рис. 1. Предприятие Infineon в Нойбиберге

Микросхемы SMPS Shindengen

Фирма выпускает микросхемы SMPS под общим названием Partial Resonance Power Supply — частично резонансные источники питания (более привычное название — квазирезонансные преобразователи). В 2002 году были представлены микросхемы серий MR1000, MR2000, в 2005 — MR4000, MR5000. Основная цель разработки серии MR1000 состояла в выполнении рекомендаций Министерства экономики, торговли и промышленности Японии об уменьшении потребления электроэнергии аппаратами, работающими в дежурном режиме. В результате мощность потребления SMPS на микросхемах серии в дежурном режиме при стандартном сетевом напряжении 100 В/60 Гц была снижена до 100 мВт. Для реализации частично резонансного (квазирезонансного) режима в микросхемах использованы детекторы нулевого тока (Z/C — zero current detection), позволяющие обеспечить коммутацию силовых в ключей при минимальном значении тока, что и является основной особенностью квазирезонансных преобразователей. Эффективность микросхем серии MR1000 в рабочем режиме составляет 82–85% (при P_{вых} более 10 Вт), в дежурном — 70–80% (при P_{вых} более 0,5 Вт). В качестве выходных ключей в микросхемах 1000-й серии используются MOSFET-транзисторы, 2000-й серии — быстродействующие IGBT на напряжение 900 В (в исполнениях для сетей 180–276 В/50/60 Гц).

Усовершенствования микросхем серий MR4000/MR5000 в основном свелись к применению в качестве силовых ключей новых MOSFET, CoolMOS Infineon и быстродействующих IGBT 2-го поколения (собственной запатентованной разработки). Эффективность SMPS на микросхемах 4000-й серии достигает 90%, с корректорами коэффициента мощности — до 94% при выходной мощности более 50 Вт [4]. В каталоге фирмы 2009 года представлены микросхемы SMPS 4000-й серии [5], их классификационные параметры приведены в таблице 1. Все микросхемы выполнены в корпусах FTO-7P, эскиз внешнего вида и нумерация выводов микросхем приведены на рис. 2. Назначения выводов:

- 1 (Z/C) — вывод схемы детектора нулевого тока, при снижении напряжения на этом выводе до 4,1 В и менее происходит переключение микросхемы в дежурный режим (для реализации требуется гальваническая развязка с внешней схемой управления, для чего обычно используется дополнительный оптрон).
- 2 (F/V) — вход обратной связи для регулировки длительности ШИМ-импульсов, к вторичным узлам SMPS вывод подключается через оптрон.
- 3 (GND) — общий корпус.
- 4 (VCC) — напряжение питания схем управления.

Таблица 1. Классификационные параметры микросхем серии MR4000

Тип микросхемы	Усети, В	Р _{вых} , Вт	Тип выходного ключа	Р _{вых} (U _c = 90–276 В), Вт
MR4500	90–132	12	MOSFET	—
MR4510	90–132	25	MOSFET	—
MR4520	90–132	50	MOSFET	—
MR4530	90–132	80	MOSFET	—
MR4710	180–276	25	MOSFET	12
MR4720	180–276	50	MOSFET	25
MR4010	180–276	65	IGBT	45
MR4011	180–276	65	IGBT	45
MR4020	180–276	105	IGBT	70
MR4030	180–276	135	IGBT	90
MR4040	180–276	180	IGBT	120

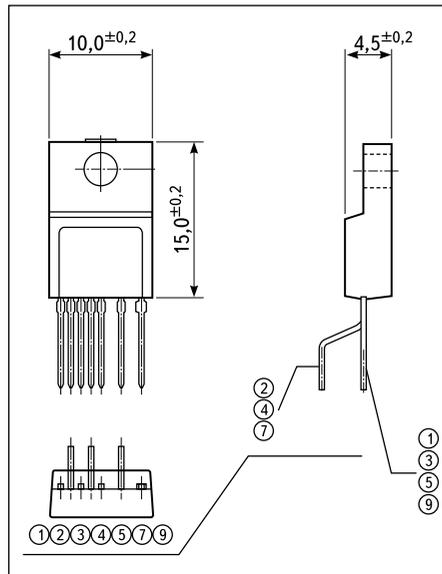


Рис. 2. Эскиз внешнего вида корпуса FTO-7P

- 5 (Source/Emitter/OCL) — вывод истока MOSFET или эмиттера IGBT, служит для подключения резистора схемы защиты от перегрузки по току, являющегося датчиком выходного тока ключевого транзистора.
- 7 (Vin) — вход запуска (подключается к сетевому выпрямителю SMPS), ток по цепи VCC поступает только на интервале запуска и автоматически прерывается после вхождения в рабочий или дежурный режимы.
- 9 (Drain/Collector) — вывод стока MOSFET или коллектора IGBT.

Микросхемы SMPS Infineon Technology AG

В каталоге фирмы 2009 года микросхемы SMPS находятся в разделе Power Management [6], подразделах AC/DC — Integrated Power ICs — CoolSET-F2/CoolSET-F3, классификационные параметры микросхем серии CoolSET-F2 из листов данных 2006 г. приведены в таблице 2, CoolSET-F3 из листов данных 2005–2009 гг. — в таблице 3.

Особенности микросхем SMPS Infineon 2-го поколения CoolSET-F2 (Feature):

- транзисторы CoolMOS на напряжение 650/800 В;
- небольшое число внешних компонентов;
- частота коммутации 67/100 кГц;
- экономичный дежурный режим, рекомендованный европейской комиссией;
- схемы защиты от перегрева, перегрузки по току, напряжению и от коротких замыканий;
- максимальная скважность импульсов 72%;
- точность срабатывания схемы защиты по току ±5% от установленного внешним резистором значения;
- пользовательская установка режима мягкого запуска;
- режим «мягкого» управления для обеспечения малого уровня электромагнитных помех (Soft driving for low EMI).

Типовое включение микросхем по схеме обратного преобразователя напряжения (Flyback SMPS) приведено на рис. 3. В состав микросхем входят следующие узлы:

- схема включения экономичного дежурного режима (Low Power Standby);

Таблица 2. Классификационные параметры микросхем серии CoolSET-F2

Тип микросхемы	U _{си} , В	I _с , А	R _{си} откр., Ом	F _г , кГц	Р _{вых1} (при сетевом напряжении 230 В ±15%), Вт	Р _{вых2} (при сетевом напряжении 85–265 В), Вт	Корпус
ICE2A0565Z	650	0,5	4,7	100	23	13	PG-DIP-7
ICE2A180Z	800	1	3	100	29	17	PG-DIP-7
ICE2A280Z	800	2	0,8	100	50	31	PG-DIP-7
ICE2A0565	650	0,5	4,7	100	23	13	PG-DIP-8
ICE2A165	650	1	3	100	31	18	PG-DIP-8
ICE2A265	650	2	0,9	100	52	32	PG-DIP-8
ICE2A365	650	3	0,45	100	67	45	PG-DIP-8
ICE2B0565	650	0,5	4,7	67	23	13	PG-DIP-8
ICE2B165	650	1	3	67	31	18	PG-DIP-8
ICE2B265	650	2	0,9	67	52	32	PG-DIP-8
ICE2B365	650	3	0,45	67	67	45	PG-DIP-8
ICE2A0565G	650	0,5	4,7	100	23	13	PG-DSO-12
ICE2A380P2	800	3	2,1	100	111	60	TO-220
ICE2A765P2	650	7	0,45	100	240	130	TO-220
ICE2B765P2	650	7	0,45	67	240	130	TO-220

Таблица 3. Классификационные параметры микросхем серии CoolSET-F3

Тип микросхемы	Корпус	I _c , А	R _{си} откр, Ом	R _{вых1} (при сетевом напряжении 230 В ± 15%), Вт	R _{вых2} (при сетевом напряжении 85–265 В), Вт	f _r , кГц
ICE3A0565Z	DIP-7	0,5	4,7	25	12	100
ICE3A2065Z	DIP-7	2	0,92	57	28	100
ICE3A0365	DIP-8	0,3	6,45	22	12	100
ICE3B1565	DIP-8	1,5	1,7	42	20	67
ICE3B2065	DIP-8	2	0,92	57	28	67
ICE3B2565	DIP-8	2,5	0,65	68	33	67
ICE3B0365J	DIP-8	0,3	6,45	22	10	67
ICE3B0565J	DIP-8	0,5	4,7	25	12	67
ICE3B1565J	DIP-8	1,5	1,7	42	20	67
ICE3A1065L	DIP-8	1	2,95	32	16	100
ICE3A1565L	DIP-8	1,5	1,7	42	20	100
ICE3B0365L	DIP-8	0,3	6,45	22	10	67
ICE3A1065LJ	DIP-8	1	2,95	32	16	100
ICE3A0565	DIP-8	0,5	4,7	25	12	100
ICE3A1065	DIP-8	1	2,95	32	16	100
ICE3A1565	DIP-8	1,5	1,7	42	20	100
ICE3A2065	DIP-8	2	0,92	57	28	100
ICE3A2565	DIP-8	2,5	0,65	68	33	100
ICE3B0365	DIP-8	0,3	6,45	22	10	67
ICE3B0565	DIP-8	0,5	4,7	25	12	67
ICE3B1065	DIP-8	1	2,95	32	16	67
ICE3BR4765J	DIP-8	0,5	4,7	27	18	65
ICE3B2065J	DIP-8	2	0,92	57	29	67
ICE3BR0665J	DIP-8	2,5	0,65	74	49	65
ICE3BR1765J	DIP-8	1,5	1,7	46	31	65
ICE3A1065ELJ	DIP-8	1	2,95	32	16	100
ICE3A2065ELJ	DIP-8	2	0,92	57	28	100
ICE3B0365JG	DSO-12	0,3	6,4	22	10	67
ICE3B0565JG	DSO-12	0,5	4,7	25	12	67
ICE3A2065P	TO-220	2	3	102	50	100
ICE3B2065P	TO-220	2	3	102	50	67
ICE3B3065P	TO-220	3	2,1	128	62	67
ICE3B3565P	TO-220	3,5	1,55	170	83	67
ICE3B5065P	TO-220	5	0,95	220	105	67
ICE3B5565P	TO-220	5,5	0,79	240	120	67
ICE3A3065P	TO-220	3	2,1	128	62	100
ICE3A3565P	TO-220	3,5	1,55	170	83	100
ICE3A5065P	TO-220	5	0,95	220	105	100
ICE3A5565P	TO-220	5,5	0,79	240	120	100
ICE3BR0665JF	TO-220	4,8	0,59	259	173	67
ICE3BR2565JF	TO-220	1,8	2,5	106	81	67
ICE3BR1065JF	TO-220	3	1	178	120	67

- распределитель напряжения питания (Power Management);
- схема мягкого запуска (Soft-Start control);

- схемы защиты (Protection Unit);
- ШИМ-контроллер с токовым управлением (PWM Controller Current Mode);

- схема прецизионной установки тока срабатывания схемы защиты (Precise Low Tolerance Peak Current Limitation);
 - полевой CoolMOS-транзистор.
Назначение и нумерация выводов микросхем в корпусах DIP-7/DIP-8/DSO-12/TO-220.
 - SoftS (1/1/2/6) — Soft Start & Auto Restart Control — вывод может быть использован для установки режима мягкого запуска или режима автоматического перезапуска.
 - FB (2/2/3/7) — Feedback — вход сигнала обратной связи для изменения скважности ШИМ-импульсов.
 - I_{sense} (3/3/4/3) — вывод для подключения внешнего резистора R_{sense} (датчика выходного тока), подключен к истоку ключевого транзистора (от сопротивления этого резистора зависит порог срабатывания схемы защиты от перегрузки по току). Сигнал с резистора R_{sense} подается на внутренний ОУ (PWM OP) с K_υ = 3,65, с выхода которого усиленный сигнал подается на ШИМ-контроллер.
 - Drain (5/4/5/6,7,8/1) — вывод стока CoolMOS-транзистора.
 - VCC (7/7/11/5) — напряжение питания схем управления +(8,5–21) В.
 - GND (8/8/12/4) — общий корпус.
- Приведем основные параметры и характеристики микросхем (не вошедшие в табл. 2):
- Максимально допустимые напряжения на выводах микросхем: VCC — (–0,3–22) В, V_{FB} — (–0,3–6,5) В, SoftS — (–0,3–6,5) В, I_{sense} — (–0,3–3) В.
 - Электростатическая прочность (ESD Robustness) — 2 кВ.
 - Ток потребления I_{VCC} (по цепи VCC) — 5,3–8 мА.
 - Напряжение включения V_{сcon} (VCC Turn-On Threshold) — 13–14 В.

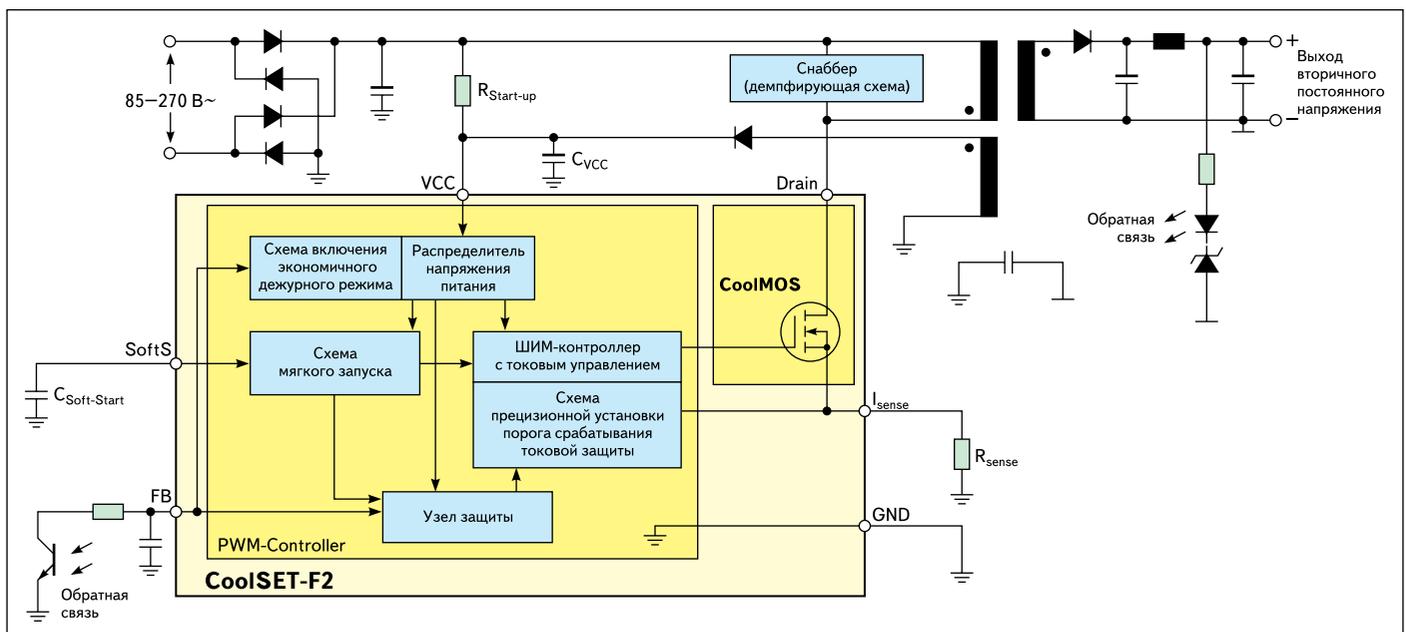


Рис. 3. Включение микросхем CoolSET-F2

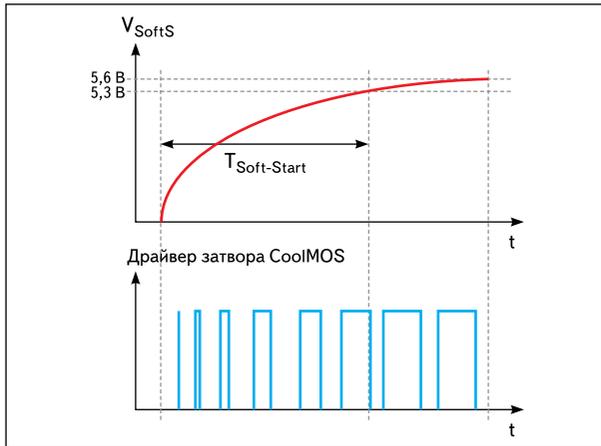
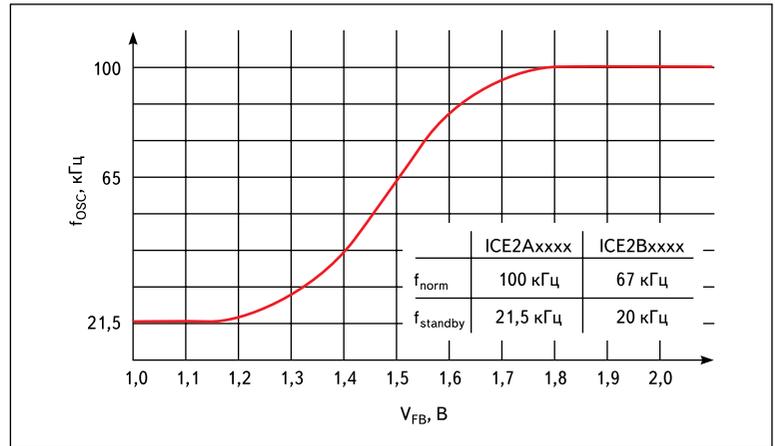
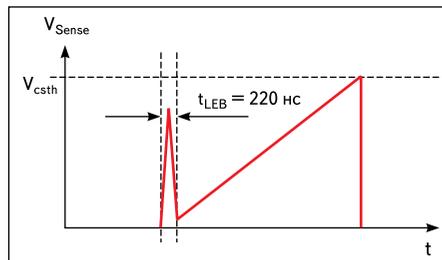
Рис. 4. Временная диаграмма напряжения на выводе V_{SoftS} 

Рис. 5. Зависимость частоты внутреннего генератора от напряжения на выводе FB

- Напряжение выключения V_{CCOF} (V_{CC} Turn-Off Threshold) — 8,5 В (при меньших напряжениях ключевой CoolMOS-транзистор отключается).
- Частота внутреннего генератора: f_{OSC1} — 93–107/62–72 кГц (табл. 2), измеряется при напряжении 4 В на выводах FB; f_{OSC2} — 21,5/20 кГц, измеряется при $U_{FB} = 1$ В.
- Максимальная скважность импульсов — 0,67–0,77.
- Диапазон рабочих напряжений U_{FB} — 0,3–4,6 В.
- Диапазон рабочих температур выводов микросхем — $-40...150$ °С.

Микросхемы CoolSET-F2 могут работать в режиме мягкого запуска (Soft-Start), что позволяет минимизировать влияние перегрузок ключевого транзистора в моменты включения. Условия для таких перегрузок нередко возникают при питании цифровых устройств, например микросхем программируемой логики. На рис. 4 приведены временные диаграммы, иллюстрирующие работу микросхем в режиме мягкого запуска. Этот режим реализуется с помощью цепи из внутреннего резистора и внешнего конденсатора C_{Soft} (рис. 3). Напряжение мягкого запуска (V_{Soft}) опреде-

Рис. 6. Временная диаграмма напряжения на выводе I_{Sense}

ляется временем заряда конденсатора C_{Soft} через внутренний резистор $R_{Soft-Start}$ до напряжения 5,3 В. Емкость конденсатора определяется по формуле:

$$C_{Soft-Start} = T_{Soft-Start} / R_{Soft-Start} \times 1,69,$$

где $T_{Soft-Start}$ — время заряда конденсатора до напряжения 5,3 В; $R_{Soft-Start}$ равно 42–62 кОм, типовое значение — 50 кОм для всех типов микросхем.

Частота задающего генератора микросхем определяется параметрами внутренних времязадающих цепей и величиной напряжения на выводах FB. Зависимость частоты генератора микросхем ICE2A... от напряжения на выво-

дах FB приведена на рис. 5 (частота генератора микросхем ICE2B... изменяется в пределах 20–67 кГц).

Возникающие при переключении CoolMOS-транзисторов выбросы подавляются схемой бланкирования переднего фронта (Leading Edge Blanking, LEB). На рис. 6 показана временная диаграмма напряжения на V_{Sense} на резисторе R_{Sense} (рис. 3) в момент переключения, уровень ограничения пикового тока ключевого транзистора (Peak Current Limitation) определяется напряжением $V_{csth} = 0,95-1,05$ В для всех типов микросхем. Прохождение выброса на переднем фронте импульса переключения (Leading Spike) блокируется схемой LEB, формирующей импульс длительностью 220 нс, запирающий драйвер затвора ключевого транзистора на этом интервале времени.

Микросхемы обеспечивают защиту от перегрузки по току (Overload), разрыва петли регулирования ООС (Open Loop), по напряжению (Overvoltage) и от перегрева (Thermal Shut Down). При возникновении перечисленных состояний SMPS через 5 мкс после окончания импульса LEB срабатывает схема фиксации ошибок (Error-Latch), и ключевой транзистор отключается (задержка используется для исключения ошибочных срабатываний схем защиты на интервалах переключения

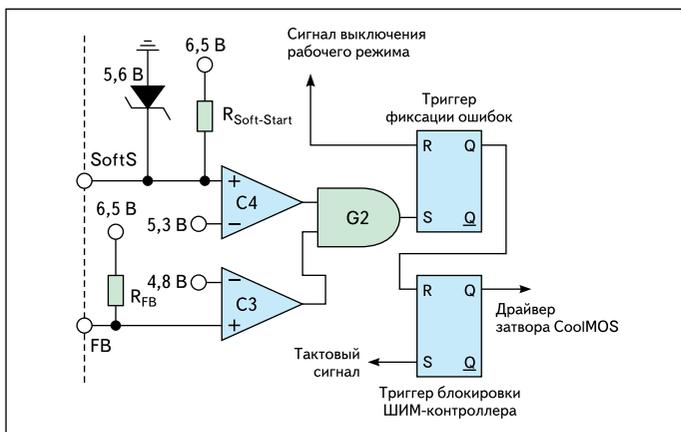


Рис. 7. Схема токовой защиты

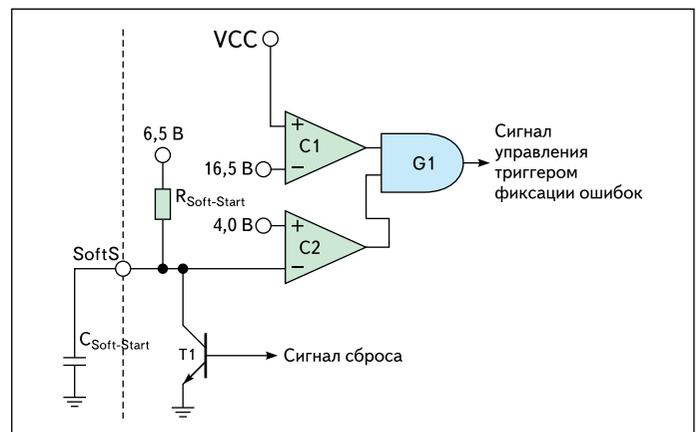


Рис. 8. Схема защиты от перенапряжений

CoolMOS-транзисторов). На рис. 7 приведена реализация схемы защиты от перегрузки по току и от разрыва петли ООС при нормальной нагрузке. Эти аварийные состояния детектируются компараторами C3, C4, сигналы с которых через схему И (AND-gate) G2 поступают на схему фиксации ошибок Error-Latch, управляющую триггером драйвера затвора (PWM-Latch) ключевого транзистора (Gate driver). Перегрузка по току детектируется компаратором C4 при превышении напряжения +5,3 В на выводе SoftS. Компаратор C3 детектирует состояние разрыва ООС SMPS при превышении напряжения +4,8 В на выводе FB, при этом напряжение на выводе VCC уменьшается до 8,5 В и микросхема переходит в пассивное состояние.

На рис. 8 приведена схема защиты от перенапряжений, возникающих при разрыве ООС или отключении нагрузки. Детекторами перенапряжения служат компараторы C1 и C2, сигналы с которых через логический элемент И G1 поступают на схему фиксации ошибок Error-Latch. Порог срабатывания компаратора C2 = +4 В достигается при напряжении на выводе FB = +4,8 В. При возрастании напряжения на выводе VCC до значения +16,5 В срабатывает компаратор C1. Схема температурной защиты срабатывает, когда температура выводов контроллера поднимается до 140 °С, в этом случае микросхема переходит в режим автоматического перезапуска.

Особенности микросхем SMPS Infineon 3-го поколения

Микросхемы серии CoolSET-F3 являются развитием серии CoolSET-F2, направленным на дальнейшее снижение потребляемой SMPS мощности в дежурном режиме при мини-

мальных токах в нагрузке. Микросхемы обеих серий совместимы по назначению и нумерации выводов (в соответствующих корпусах). В дежурном режиме новые микросхемы работают в «интеллектуальном» активном прерывистом режиме (Intelligent Active Burst Mode). В этом режиме микросхема отслеживает изменения тока нагрузки вторичных узлов SMPS, при определенном уменьшении тока нагрузки или при ее отключении микросхемы автоматически переключаются в экономичный дежурный режим с потребляемой мощностью не более 100 мВт. В микросхемах применены полевые Depl. CoolMOS-транзисторы, работающие в режиме обеднения (Depletion MOS — обедненный МОП-транзистор) со встроенными коммутирующими элементами (Startup Cell), что позволяет отказаться от использования отдельного источника питания V_{CC} и еще более уменьшить потребляемую мощность микросхемы.

Классификационные параметры микросхем CoolSET-F3 из каталога 2009 г. приведены в таблице 3. Максимальное напряжение $U_{си}$ для всех типов микросхем — 650 В.

Перечислим особенности микросхем в сравнении с микросхемами CoolSET-F2:

- Транзисторы Depl. CoolMOS на 650 В со встроенными коммутирующими элементами (элементами запуска).
- Активный прерывистый режим (Active Burst Mode) для обеспечения минимального потребления мощности в дежурном режиме при отсутствии нагрузки (менее 100 мВт).
- Контроль наличия нагрузки с помощью сигнала ООС.
- Быстрое реагирование на включение нагрузки в дежурном режиме.

Остальные характеристики — как у микросхем CoolSET-F2. Типовое включение

микросхем по схеме обратноходового преобразователя приведено на рис. 9. В состав микросхем входят в основном те же узлы, что и в CoolSET-F2 (рис. 3), дополнительно применены схема активного прерывистого режима (Active Burst Mode), схема автоматического перезапуска (Auto Restart Mode) и полевой Depl. CoolMOS-транзистор со встроенным элементом запуска (Startup Cell). Нумерация и назначение выводов микросхем такие же, как у микросхем CoolSET-F2 (вместо I_{Sense} используется обозначение CS).

Приведем основные параметры и характеристики микросхем, не вошедшие в таблицу 3 и отличающиеся от соответствующих параметров микросхем CoolSET-F2:

- Ток запуска полевого транзистора (Start Up Current) — не более 220 мкА (типичное значение — 160 мкА).
- Ток потребления в режиме отключенного затвора Depl. CoolMOS транзистора (Supply Current with inactive Gate) — 5,5–7 мА.
- Ток потребления в активном режиме (Supply current with Actives Gate) — 5,6–10,2 мА для всех типов микросхем.
- Ток потребления в режиме автоматического перезапуска — 300 мкА (типичное значение).
- Ток потребления в активном прерывистом режиме — 0,95–1,25 мА.

Активный прерывистый режим работы микросхем CoolSET-F3 позволяет значительно сократить потребление электроэнергии аппаратурой, питающейся от сетей переменного тока, работающей большую часть времени в режиме ожидания команд (спящем режиме). При низком потреблении тока во вторичных узлах SMPS микросхемы пребывают в экономичном режиме (потребляемая мощность не превышает 100 мВт).

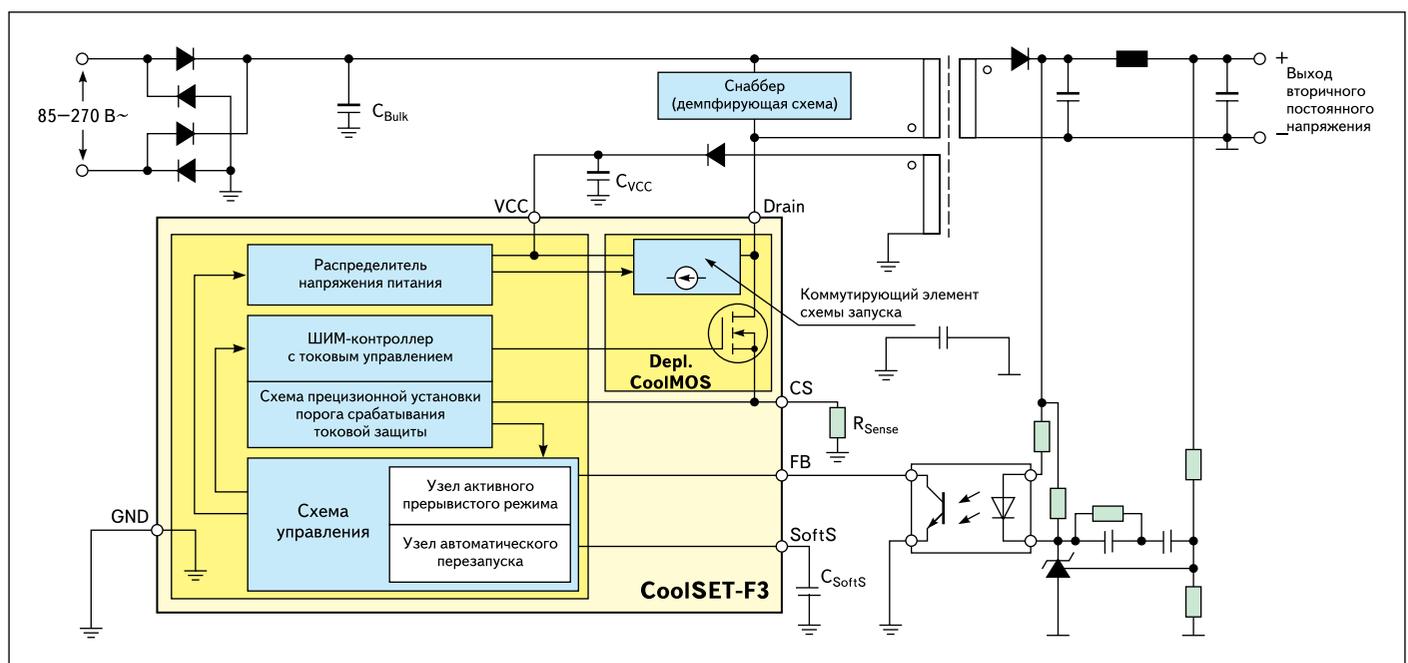


Рис. 9. Включение микросхем CoolSET-F3

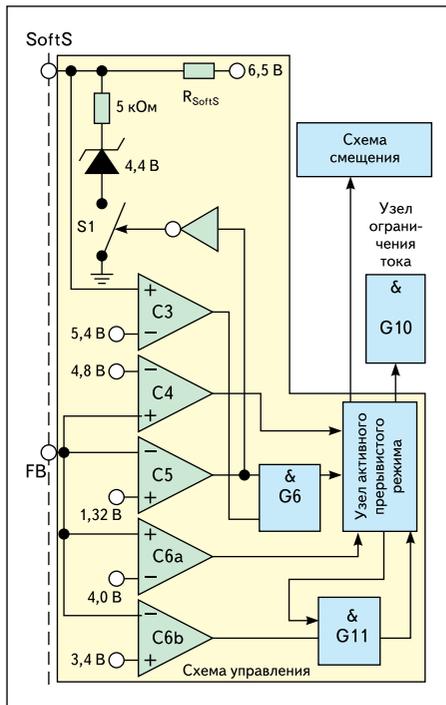


Рис. 10. Схема реализации активного прерывистого режима

При возрастании тока в нагрузке микросхема быстро входит в рабочий режим, при уменьшении тока нагрузки до определенной величины микросхема снова переходит в режим экономии электроэнергии. В качестве датчиков, выявляющих уровень токопотребления SMPS, используются выходные сигналы оптронов, подключенных к выводам FB микросхем. Собственное питание микросхем осуществляется от элемента Startup Cell в структуре Depl. CoolMOS-транзистора, подключенного к его стоку.

Схемная реализация активного прерывистого режима показана на рис. 10, а временные диаграммы, иллюстрирующие процесс, на рис. 11. Компаратор C5 срабатывает при напряжении на выводе FB менее 1,32 В, что соответствует минимальному потребляемому от SMPS току, ключ S1 замыкается, и конденсатор C_{SoftS} (рис. 9) начинает заряжаться от напряжения 4,4 В. При достижении напряжения V_{SoftS} значения 5,4 В срабатывает компаратор C3, выходной сигнал которого через логический элемент И G6 запускает схему Active Burst Mode. На диаграммах (рис. 11) это момент входа в экономичный дежурный режим (Entering Active Burst Mode). Длительность интервала вхождения в активный прерывистый режим (Blanking Window) определяется соотношением напряжений на выводах FB и SoftS и может регулироваться изменением емкости конденсатора C_{SoftS} (рис. 9). В момент входа в экономичный режим ток I_{VCC} уменьшается до значения 1,05 мА. Кратковременный выход из режима экономии в рабочий режим происходит при уменьшении напряжения на вы-

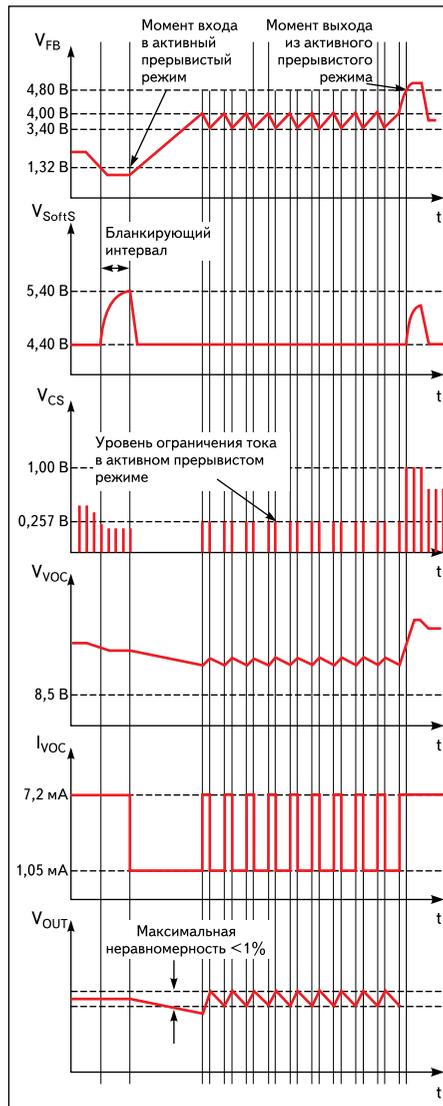


Рис. 11. Временные диаграммы узла активного прерывистого режима

воде FB до 3,4 В, что вызывает срабатывание компаратора C6b, логический элемент И G11 генерирует короткий импульс, увеличивающий напряжение VCC, далее процесс повторяется. В течение периода работы микросхемы в экономичном режиме напряжение V_{FB} меняется в пределах от 3,4 до 4 В. Неравномерность выходного напряжения V_{OUT} SMPS в активном прерывистом режиме не превышает 1%. Момент выхода из экономичного режима (Leaving Active Burst Mode), вызванный подключением нагрузки, происходит при увеличении напряжения на выводе FB до 4,8 В.

Ряд однотипных микросхем, приведенных в таблице 3, выпускается в различных исполнениях (обозначаются буквами в окончаниях наименований микросхем). Основные электрические параметры таких микросхем, как правило, одинаковы, однако имеются и отличия. Микросхемы серии J (Jitter Version, листы данных 2007 г.) имеют режим качания частоты внутреннего импульсного генератора (frequency Jittering) относительно централь-

ной частоты в пределах $\pm 4\%$ ($67 \pm 2,7$ кГц), что обеспечивает более низкий уровень электромагнитных излучений, возникающих при работе SMPS. В микросхемах исполнения ELJ (листы данных, май 2009 г.) реализованы режимы качания частоты и аварийного выключения — Latched and frequency jitter Mode. Обозначение вывода SoftS в этих микросхемах заменено на BL (Blanking and Latch). Качание частоты внутреннего генератора микросхем осуществляется в пределах 100 ± 4 кГц с периодом 4 мс. В режим аварийного выключения (Latched Off Mode) микросхема входит при срабатывании схем защиты от перегрева (Overtemperature) и от превышения напряжения VCC (VCC Overvoltage). Выход из режима Latch Off происходит при снижении напряжения VCC менее 6 В. Микросхемы JF (Frequency jitter Mode in FullPak) выполнены в корпусах TO-220 FullPak, в них применены CoolMOS-транзисторы с малым сопротивлением открытого канала и реализован режим качания частоты. Эти микросхемы предназначены для SMPS с выходной мощностью до 200 Вт и более. Чертежи корпусов микросхем SMPS Infineon приведены на сайте журнала — <http://www.kit-e.ru/articles/Chertez.rar>.

Заключение

Рассмотрим особенности используемых в микросхемах Shindengen и Infineon полевых транзисторов CoolMOS («прохладный» полевой транзистор). Основные преимущества CoolMOS в сравнении с MOSFET:

- Резкое уменьшение потерь мощности в проводящем состоянии, сопротивление $R_{ds\ on}$ ($R_{си\ откр.}$) при напряжении на стоке 600 В в 5 раз меньше (при 1000 В — в 10 раз).
- Уменьшение активной площади кристалла в 3 раза, при этом потери мощности снижены на 20%.
- Значительное снижение заряда затвора и потерь при переключении (до 50%).
- Компактность корпусов: микросхемы CoolSET, в которых используются CoolMOS-транзисторы, не требуют в обязательном порядке использования радиаторов охлаждения.

Литература

1. http://www.shindengen.co.jp/company_e/outline.html
2. <http://www.russianelectronics.ru/developer-r/news/company/2123/doc19673.phtml>
3. <http://www.vedomosti.ru/newslines/index.shtml?2009/08/14/819355>
4. Okamoto S. MR4000/5000 Series Partial Resonance Power Supply IC Modules // Password. July, 2005. Vol. 05–07-e (http://www.shindengen.co.jp/password_e/index.html)
5. http://www.shindengen.co.jp/product_e/semi/result.php
6. <http://www.infineon.com/cms/en/product/index.html>