

MOSFET семейства CoolMOS P7: оптимальное решение от Infineon для широкого спектра приложений

В. Ежов

УДК 621.382.323 | ВАК 05.27.00

Высоковольтные полевые МОП-транзисторы (MOSFET) семейства CoolMOS, выпускаемые компанией Infineon по технологии SuperJunction, хорошо известны разработчикам импульсных источников питания. Появление этих приборов – результат исследований компании, направленных на уменьшение сопротивления открытого канала, снижение емкости и заряда затвора МОП-транзисторов, используемых в качестве ключей силовых преобразователей. По показателям КПД транзисторы CoolMOS превосходят конкурирующие решения, их применение позволяет значительно снизить потери проводимости и потери на переключение, обеспечить более высокую удельную мощность и компактность преобразователей. В семейство CoolMOS входит несколько серий, в том числе новая линейка CoolMOS P7, которая отличается оптимальным соотношением эффективности и цены, обеспечивает простоту применения в схемах с различными топологиями.

Транзисторы серии CoolMOS P7, созданные в развитие предыдущего поколения CoolMOS P6, представляют собой сбалансированное решение, которое подходит для большей части мощных преобразователей, требующих высокого КПД. Благодаря оптимизации таких параметров, как заряд затвора, пороговое напряжение, сопротивление канала в открытом состоянии, приборы отличаются лучшей в своем классе эффективностью, близкой к транзисторам серии CoolMOS CP. При этом они оптимизированы с точки зрения простоты проектирования импульсных преобразователей. Встроенный в транзисторы CoolMOS P7 резистор затвора обеспечивает подавление осцилляций, которые могут возникать в схемах из-за паразитных емкостей и индуктивностей на печатной плате. Среди особенностей серии – улучшенная управляемость скоростью нарастания напряжения. С помощью резистора затвора можно задавать скорость переключения исходя из необходимого в схеме баланса КПД и уровня электромагнитных помех.

Благодаря оптимизированной величине сопротивления канала в открытом состоянии для транзисторов этой серии становится возможным использование более компактных корпусов при сохранении прежних значений рабочего тока. Таким образом достигается более высокая плотность мощности конечного изделия.

Транзисторы серии CoolMOS P7 оснащены более мощным встроенным диодом, поэтому их можно использовать при жестком переключении, например в топологиях LLC

или PFC. Для достижения высокой стойкости к электростатическому разряду в серии CoolMOS P7 применяется встроенный зенеровский диод, что позволяет обеспечить 2-й класс защиты по HBM. Это помогает повысить выход годных при сборке, уменьшает число отказов в процессе производства и сокращает затраты заказчика.

В семейство CoolMOS P7 входят четыре серии MOSFET, рассчитанных на напряжения 600, 700, 800 и 950 В.

Серия CoolMOS P7 600 В – транзисторы общего назначения, подходящие для различных вариантов применения: от маломощных импульсных источников питания до мощных приложений, таких как инвертеры солнечных батарей, серверное и телекоммуникационное оборудование, зарядные станции для электромобилей. Эти приборы подходят для топологий как с мягким, так и жестким переключением. В области маломощных приложений транзисторы CoolMOS P7 600 В служат заменой серии CoolMOS CE 600 В, а в сфере мощных приложений – CoolMOS P6 600 В. По сравнению с предыдущими поколениями MOSFET CoolMOS P7 600 В обеспечивают снижение потерь на переключение и более высокую эффективность благодаря сниженным (на 30–60%) значениям заряда затвора Q_G и запасаемой в выходной емкости энергии E_{OSS} .

В семействе CoolMOS P7 600 В доступен широкий выбор комбинации $R_{DS(on)}$ и корпуса, включая корпуса для поверхностного (SMT) и выводного (THT) монтажа. В линейке предлагаются приборы с максимальной величиной $R_{DS(on)}$

Таблица 1. Серия транзисторов CoolMOS P7 600 В

Наименование транзистора	$R_{DS(on)}$, мОм (макс.)	I_D , А (макс.)	I_{Dpulse} , А (макс.)	Q_G , нКл	Монтаж	Корпус
IPB60R***P7	60–360	9–48	26–151	13–67	SMT	D ² PAK (TO-263)
IPD60R***P7(S)	180–600	6–18	16–53	9–25	SMT	DPAK (TO-252)
IPN60R360P7S	360	9	26	13	SMT	SOT-223
IPN60R600P7S	600	6	16	9	SMT	SOT-223
IPL60R***P7	65–365	10–41	26–151	13–67	SMT	ThinPAK 8x8
IPP60R***P7	60–600	6–48	16–151	9–67	THT	TO-220
IPA60R***P7(S)	60–600	6–48	16–151	9–67	THT	TO-220 FullPAK
IPAW60R***P7S	180–600	6–18	16–53	9–25	THT	TO-220 FullPAK WC
IPW60R***P7	37–180	18–76	53–280	25–121	THT	TO-247
IPZA60R***P7	37–180	18–76	53–280	25–121	THT	TO-247 4 pin

*** – соответствует величине $R_{DS(on)}$ в мОм; SMT – поверхностный монтаж; THT – выводной монтаж.

от 37 до 600 мОм, что обеспечивает оптимальный выбор модели транзистора для различных промышленных и потребительских приложений (табл. 1).

Значительное уменьшение потерь на проводимость и на переключение обеспечивает существенное снижение температуры нагрева транзистора, что упрощает управление температурными режимами системы. Семейство CoolMOS P7 600 В отличается на 1,5% более высоким значением КПД и на 4,2 °С более низкой температурой транзистора по сравнению с конкурирующими решениями (рис. 1).

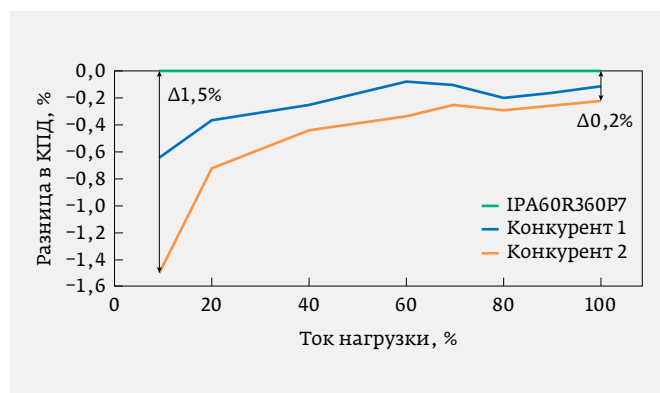


Рис. 1. Сравнение КПД транзисторов CoolMOS P7 600 В с решениями конкурентов (пример для источника питания для ТВ мощностью 150 Вт, напряжение питания 90 ВАС)

В отличие от CoolMOS P7 600 В, семейства CoolMOS P7 700 В, 800 В и 950 В предназначены для построения главным образом маломощных импульсных источников питания с обратногоходовой (flyback) топологией в таких приложениях, как адаптеры питания ноутбуков, зарядные устройства для портативной электроники, драйверы светодиодов, интеллектуальные счетчики,

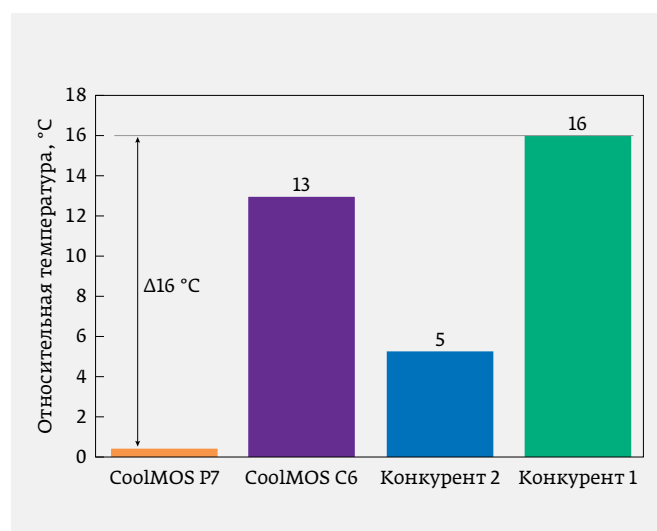


Рис. 2. Сравнение температуры нагрева транзисторов CoolMOS P7 700 В с конкурирующими решениями (напряжение питания 230 ВАС, температура окружающей среды 25 °С, после 30 мин термотоковой тренировки)

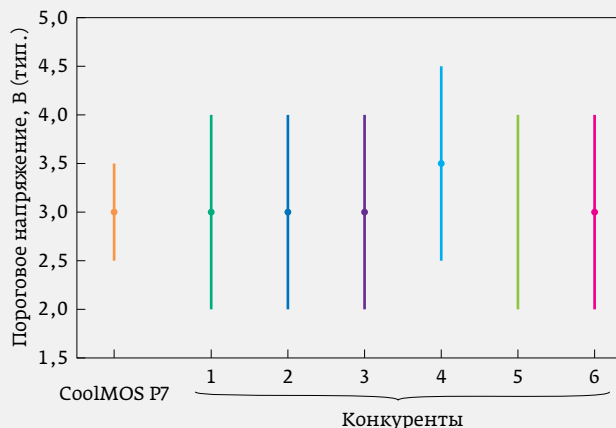


Рис. 3. Сравнение порогового напряжения транзисторов CoolMOS P7 с конкурирующими решениями

домашние развлекательные системы и промышленные источники питания.

Серия CoolMOS P7 700 В обеспечивает повышение КПД до 4% и снижение температуры нагрева прибора до 16 °C по сравнению с решениями конкурентов (рис. 2). Например, для зарядного устройства с топологией обратногоходового преобразователя с рабочей частотой 140 кГц КПД этих транзисторов на 2,4% выше, а температура на 12 °C ниже, чем у приборов предыдущего семейства CoolMOS C6 650 В.

Компания Infineon использует для серии CoolMOS P7 технологию, которая обеспечивает низкое пороговое напряжение на затворе на уровне 3 В с очень малым разбросом — всего $\pm 0,5$ В (рис. 3). Это упрощает проектное решение и снижает потери холостого хода.

Таблица 2. Серия транзисторов CoolMOS P7 700 В

Наименование транзистора	$R_{DS(on)}$, мОм (макс.)	I_D , А (макс.)	I_{Dpulse} , А (макс.)	Q_G , нКл	Монтаж	Корпус
IPD70R***P7S	360-1400	4-12,5	8,2-34	4,7-16,4	SMT	DPAK (TO-252)
IPS70R***P7S	360-1400	4-12,5	8,2-34	4,7-16,4	THT	IPAK SL (TO-251 SL)
IPSA70R***P7S	360-2000	3-12,5	5,7-34	3,8-16,4	THT	IPAK SL ISO-Standoff
IPN70R***P7S	360-2000	3-12,5	5,7-34	3,8-16,4	SMT	SOT-223
IPA70R***P7S	360-900	6-12,5	12,8-34	6,8-16,4	THT	TO-220 FullPAK
IPAN70R***P7S	360-900	6-12,5	12,8-34	6,8-16,4	THT	TO-220 FullPAK NL

*** — соответствует величине $R_{DS(on)}$ в мОм; SMT — поверхностный монтаж; THT — выводной монтаж.

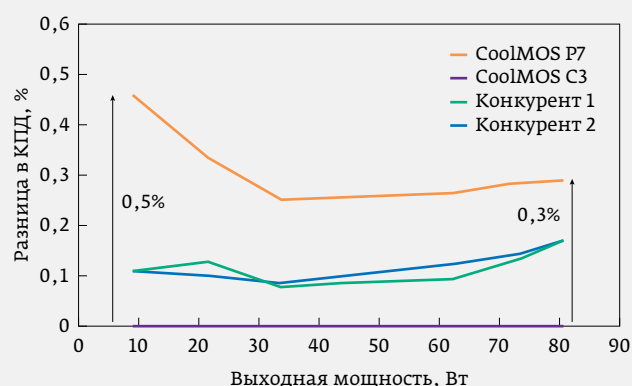


Рис. 4. Сравнение КПД транзисторов CoolMOS P7 800 В с решениями конкурентов (при использовании совместно с доступным на рынке 80-Вт драйвером светодиодов)

В серии CoolMOS P7 700 В, как и в CoolMOS P7 600 В, предлагается широкий выбор значений $R_{DS(on)}$ и типов корпусов (табл. 2).

В серии CoolMOS P7 800 В оптимизация ключевых параметров достигла нового уровня, что обеспечило наилучшее в классе сочетание эффективности, тепловых характеристик и простоты применения. Например, при использовании транзисторов этой серии совместно с доступным на рынке 80-Вт драйвером светодиодов объем запасаемой в выходной емкости энергии снижается на более чем 45%, а также значительно уменьшается заряд затвора по сравнению с конкурентными решениями. Кроме того, по сравнению с предыдущим поколением CoolMOS C3 уменьшены паразитные емкости C_{ISS} и C_{OSS} . Таким образом, повышение на 0,5% КПД при малых

Таблица 3. Серия транзисторов CoolMOS P7 800 В

Наименование транзистора	$R_{DS(on)}$, мОм (макс.)	I_D , А (макс.)	I_{Dpulse} , А (макс.)	Q_G , нКл	Монтаж	Корпус
IPD80R***P7	280-4500	1,5-17	2,6-45	4-36	SMT	DPAK (TO-252)
IPU80R***P7	600-4500	1,5-8	2,6-22	4-20	THT	IPAK (TO-251)
IPS80R***P7	600-2400	2,5-8	5,3-22	7,5-20	THT	IPAK SL (TO-251 SL)
IPN80R***P7	600-4500	1,5-8	2,6-22	4-20	SMT	SOT-223
IPP80R***P7	280-1400	4-17	8,9-45	10-36	THT	TO-220
IPA80R***P7	280-1400	4-17	8,9-45	10-36	THT	TO-220 FullPAK
IPAN80R280P7	280	17	45	36	THT	TO-220 FullPAK NL
IPAN80R360P7	360	13	34	30	THT	TO-220 FullPAK NL
IPAN80R450P7	450	11	29	24	THT	TO-220 FullPAK NL
IPW80R280P7	280	17	45	36	THT	TO-247
IPW80R360P7	360	13	34	30	THT	TO-247

*** – соответствует величине $R_{DS(on)}$ в мОм; SMT – поверхностный монтаж; THT – выводной монтаж.

Таблица 4. Серия транзисторов CoolMOS P7 950 В

Наименование транзистора	$R_{DS(on)}$, мОм (макс.)	I_D , А (макс.)	I_{Dpulse} , А (макс.)	Q_G , нКл	Монтаж	Корпус
IPD95R450P7	450	14	43	35	SMT	DPAK (TO-252)
IPD95R750P7	750	9	27	23	SMT	DPAK (TO-252)
IPD95R1K2P7	1200	6	16	15	SMT	DPAK (TO-252)
IPD95R2K0P7	2000	4	10	10	SMT	DPAK (TO-252)
IPU95R450P7	450	14	43	35	THT	IPAK (TO-251)
IPU95R750P7	750	9	27	23	THT	IPAK (TO-251)
IPU95R1K2P7	1200	6	16	15	THT	IPAK (TO-251)
IPU95R2K0P7	2000	4	10	10	THT	IPAK (TO-251)
IPU95R3K7P7	3700	2	5	6	THT	IPAK (TO-251)
IPN95R1K2P7	1200	6	16	15	SMT	SOT-223
IPN95R2K0P7	2000	4	10	10	SMT	SOT-223
IPN95R3K7P7	3700	2	5	6	SMT	SOT-223
IPA95R450P7	450	14	43	35	THT	TO-220 FullPAK
IPA95R750P7	750	9	27	23	THT	TO-220 FullPAK
IPA95R1K2P7	1200	6	16	15	THT	TO-220 FullPAK

SMT – поверхностный монтаж; THT – выводной монтаж.

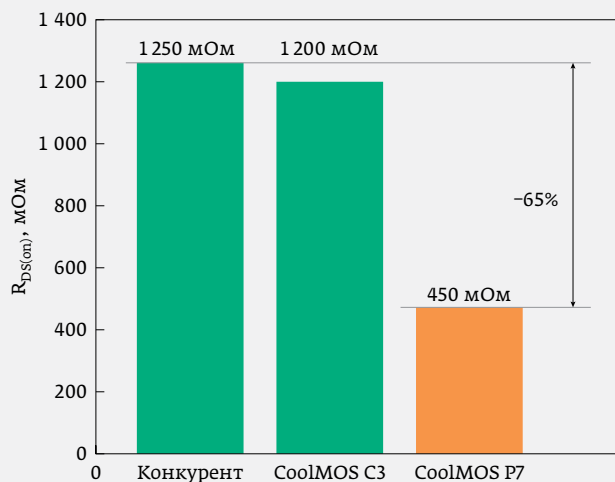


Рис. 5. Сравнение значения $R_{DS(on)}$ транзисторов CoolMOS P7 950 В с решениями конкурентов

нагрузках позволило снизить потребляемую мощность в ждущем режиме в конечном приложении (рис. 4). При полной нагрузке КПД возрос на 0,3%, а температура прибора снизилась на 6 °С.

По сравнению с другими решениями на рынке технология, используемая в серии CoolMOS P7 800 В, позволяет реализовать значительно меньшие значения $R_{DS(on)}$ в более компактных корпусах, таких как DPAK (табл. 3). Это обеспечивает существенное повышение плотности мощности при весьма конкурентных ценах.

Недавно представленная компанией Infineon серия CoolMOS P7 950 В отвечает самым высоким требованиям при применении в маломощных импульсных источниках

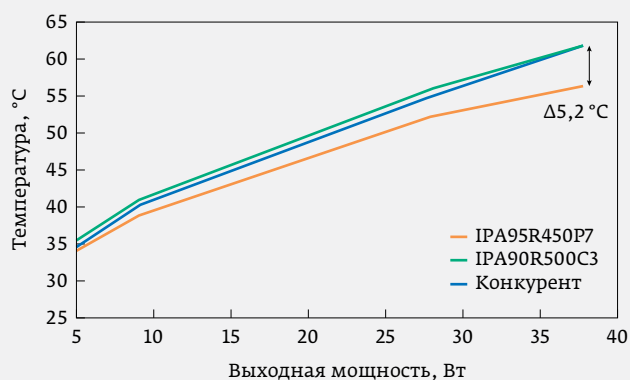


Рис. 7. Корпус TO-220 FullPAK Narrow Lead

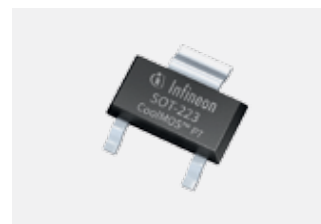


Рис. 8. Корпус SOT-223

питания. Новое семейство обеспечивает на 50 В более высокое запирающее напряжение, чем его предшественник – CoolMOS C3 900 В, при этом демонстрирует выдающиеся параметры с точки зрения эффективности, надежности и простоты применения.

Транзисторы семейства CoolMOS P7 950 В отличаются наименьшим в своем классе значением $R_{DS(on)}$ для корпуса типа DPAK (табл. 4). Для этих приборов в корпусе для поверхностного монтажа характерно сопротивление в открытом состоянии 450 мОм, что более чем на 60% меньше, по сравнению с решениями ближайших конкурентов (рис. 5). Это обеспечивает более высокую плотность монтажа и в то же время сокращение количества используемых в конечном продукте элементов и меньшую стоимость сборки изделия.

Семейство CoolMOS P7 950 В демонстрирует лучшие в классе тепловые характеристики и эффективность. Например, при использовании совместно с 40-Вт адаптером питания транзисторы этой серии обеспечивают на 0,2% более высокий КПД и на 5,2 °С меньшую температуру

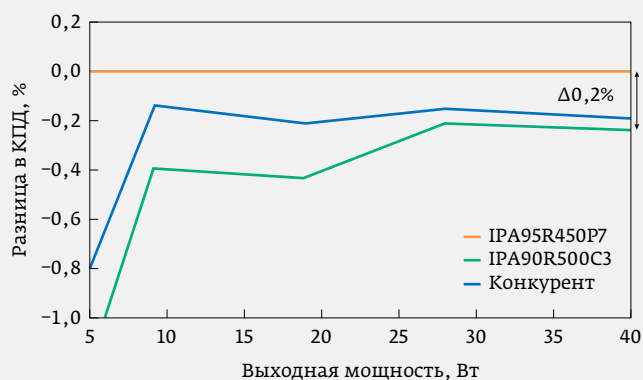


Рис. 6. Сравнение температуры нагрева (слева) и КПД (справа) транзисторов CoolMOS P7 950 В с конкурентными решениями



Рис. 10. Корпус IPAK Short Lead



Рис. 12. Корпус D²PAK

Рис. 9. Корпус TO-220 FullPAK Wide Creepage

по сравнению с аналогичными решениями конкурентов (рис. 6).

Высокие характеристики транзисторов CoolMOS во многом определяются параметрами и конструктивными особенностями корпусов. Для семейства CoolMOS P7 предлагается широкая номенклатура корпусов, как для поверхностного, так и выводного монтажа. Маломощные приложения, как правило, ориентированные на потребительские устройства, требуют применения недорогих корпусов. Недавно компания Infineon расширила семейство CoolMOS P7 транзисторами в корпусах TO-220 FullPAK Narrow Lead (рис. 7) и SOT-223 (рис. 8). Использование корпусов SOT-223 позволяет реализовать более компактные и дешевые решения по сравнению с применением транзисторов в корпусе DPAK. При установке корпуса SOT-223 на посадочное место DPAK температура прибора повышается всего на 2–3 °C. А если компоновка платы позволяет увеличить площадь контакта под выводом стока до 20 мм² и более, то разница в нагреве сводится к нулю.

В бескорпусных источниках питания для семейства CoolMOS P7 рекомендуется применять корпуса TO-220 FullPAK Wide Creepage с увеличенным до 4,25 мм расстоянием между выводами (рис. 9). Это позволяет снизить вероятность высоковольтного пробоя из-за пыли, которая может скапливаться в зазоре между выводами транзистора.

Для таких приложений, как зарядные устройства, рекомендуется применять транзисторы CoolMOS P7 в корпусе IPAK Short Lead (SL), который можно полностью вмонтировать в печатную плату, тем самым повысить выход

Рис. 11. Корпус TO-247 4 pin

годных на этапе сборки и обеспечить требуемую габаритную высоту изделия (рис. 10).

Для приложений более высокой мощности Infineon также предлагает инновационные корпусные решения. Одно из них – корпус TO-247 4 pin (рис. 11) с дополнительным выводом истока транзистора (так называемым отводом Кельвина). Использование этого вывода позволяет исключить влияние паразитной индуктивности истока транзистора на выходное напряжение драйвера силового ключа и снизить потери при включении, что обеспечивает более быстрое переключение транзистора, повышение его КПД и рабочей частоты. Для семейства CoolMOS P7 Infineon применяет усовершенствованный корпус TO-247 4 pin с асимметричным расположением выводов и увеличенным расстоянием между высоковольтными выводами.

Для приложений большой мощности, на применение в которых ориентирована серия CoolMOS P7 600 В, предлагаются корпуса D²PAK (рис. 12) и ThinPAK 8x8 (рис. 13). D²PAK – корпус для поверхностного монтажа со стандартным посадочным местом, а ThinPAK 8x8 – низкопрофильный корпус для поверхностного монтажа с компактным посадочным местом (всего 64 мм²), отличается очень малой величиной паразитной индуктивности, поэтому рассматривается как оптимальный вариант для малогабаритных систем с большой плотностью мощности.

В заключение остается отметить, что семейство CoolMOS P7 – это сбалансированное решение, которое характеризуется наилучшим соотношением эффективности и цены, отличается простотой применения. Транзисторы этого семейства подходят для топологий как с мягким, так и жестким переключением, оптимизированы в целях упрощения проектных решений для широкого спектра приложений.

Для получения более подробной технической информации по продукции Infineon и заказа образцов обращайтесь в холдинг «Золотой Шар» (www.zolshar.ru).



Рис. 13. Корпус ThinPAK 8x8