

Особенности транзисторов IGBT компании ST Microelectronics

АНДРЕЙ САМОДЕЛОВ

Линейка IGBT-транзисторов компании ST Microelectronics включает IGBT с рабочим напряжением 400 В для силовых инверторов, IGBT с рабочим напряжением 600 В для мостовых и полумостовых драйверов управления электродвигателями в стационарных устройствах и IGBT с рабочим напряжением 900...1300 В для силовых модулей и систем управления электродвигателями электромобилей. А если добавить сюда интеллектуальные IGBT-модули SLLIMM мощностью от 300 Вт до 2 кВт для бытовой электротехники и промышленных применений средней мощности, то понятно, что в IGBT-меню от STM есть блюда на любой вкус.

В начале 1980-х гг. была создана полупроводниковая технология, объединяющая преимущества высокого входного сопротивления МОП-транзисторов и низкого сопротивления и малого времени переключения биполярных транзисторов. Выпускаемые по этой технологии приборы получили название «биполярный транзистор с изолированным затвором» (Insulated Gate Bipolar Transistors, IGBT). Транзисторы быстро заняли достойное место на рынке приложений, для которых требовалось большой рабочий ток (десятки ампер), высокое рабочее напряжение (400 В и более) и высокая частота переключения (более 100 кГц). Основными производителями IGBT-транзисторов являются компании IR, Fairchild, Infineon и ST.

В данной статье рассматриваются принципы работы IGBT-транзисторов, IGBT-транзисторы компании ST и интеллектуальные силовые модули компании ST, основанные на IGBT-транзисторах.

ЧТО ТАКОЕ IGBT-ТРАНЗИСТОРЫ?

Биполярные транзисторы с изолированным затвором — это приборы на неосновных носителях заряда с высоким входным импедансом, характерным для полевых транзисторов, и большим допустимым током в открытом состоянии, характерным для биполярных транзисторов. Большинство разработчиков рассматривают IGBT-транзисторы как приборы с входными характеристиками МОП-транзисторов и выходными характеристиками биполярных транзисторов, которые объединены в управляемый напряжением биполярный транзистор. Транзисторы со структурой IGBT были созданы, чтобы использовать преимущества силовых MOSFET и биполярных транзисторов. В результате появились приборы с функциональной интеграцией силовых MOSFET и биполярных транзисторов в монолитном виде. IGBT соединяют в себе лучшие качества обоих типов.

IGBT можно использовать во многих приложениях силовой электроники, особенно в драйверах систем управления с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) для сервомоторов и трехфазных асинхронных двигателей, для которых требуется большой динамический диапазон управления и малый уровень электромагнитных помех. Кроме того, IGBT можно использовать в источниках бесперебойного питания (ИБП, UPS), импульсных источниках питания (SMPS) и других силовых схемах, для которых требуется высокая частота переключения. IGBT позволяют улучшить динамическую производительность и эффективность и уменьшают уровень электромагнитного излучения. Они великолепно подходят для схем преобразователей, работающих в резонансном режиме.

Известны IGBT, оптимизированные как для низких значений потерь, которые связаны с конечной проводимостью, так и для низких значений потерь, связанных с зарядом переключения.

У IGBT по сравнению с силовыми MOSFET и биполярными транзисторами следующие основные преимущества:

1. В открытом состоянии из-за модуляции проводимости они имеют очень малое падение напряжения и чрезвычайно большую допустимую плотность. Возможность изготовления транзисторов в миниатюрных корпусах значительно снижает их стоимость.

2. Малая мощность управления и простая схема управления за счет МОП-структуры входного каскада. IGBT обеспечивают возможность более простого управления, чем приборы с токовым управлением (тиристор, биполярный транзистор) в высоковольтных и высокочастотных приложениях.

3. Широкая область надежной работы (SOA) по сравнению с биполярными транзисторами. Кроме того, IGBT хорошо проводят ток в прямом направлении и практически не проводят в обратном.

Основные недостатки IGBT:

1. Скорость переключения ниже, чем у силовых MOSFET, и выше, чем у биполярных транзисторов. При закрывании транзистора ток коллектора имеет хвост за счет небольшой проводимости, вызванной малой скоростью закрывания.

2. Возможность «защелкивания» из-за внутренней тиристороподобной PNP-структуры.

IGBT-структура пригодна для повышения значения запирающего напряжения (напряжение отсечки). В случае силовых MOSFET с увеличением напряжения отсечки резко растет сопротивление канала транзистора в открытом состоянии из-за увеличения удельного сопротивления и ширины области дрейфа носителей заряда, необходимой для поддержания высокого рабочего напряжения. По этим причинам обычно не разрабатывают силовые MOSFET, рассчитанные на большой допустимый ток, с высоким значением запирающего напряжения. Напротив, для IGBT удельное сопротивление области дрейфа носителей заряда существенно уменьшается за счет высокой концентрации инжектированных носителей заряда при протекании тока в открытом состоянии. Прямое падение напряжения в области дрейфа начинает зависеть от ее толщины, а не от начального удельного сопротивления.

УСТРОЙСТВО IGBT-ТРАНЗИСТОРА

Транзисторы IGBT объединяют преимущества силовых MOSFET и биполярных транзисторов. Упрощенно можно считать, что структура IGBT является комбинацией



IGBT-ТРАНЗИСТОРЫ

от STMicroelectronics



- Рабочие напряжения 300...1300 В
- Высокие рабочие частоты до 100 кГц
- Широкий диапазон рабочих токов 3...150 А
- Анти-параллельные диоды для быстрого переключения

ПРИМЕНЕНИЯ:

- Инверторы
- Сварочные аппараты
- Управление электроприводом
- PFC-корректоры, ИБП

Москва
Тел.: (495) 995-0901
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
E-mail: spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru

двух приборов. Как показано на рисунке 1, на входе IGBT имеется структура MOS-затвора, а на выходе — структура PNP-транзистора с широкой базой. Управляющий базовый ток для PNP-транзистора поступает из канала входного MOSFET. Кроме PNP-транзистора, имеется еще и NPN-транзистор, который предназначен для деактивации короткого замыкания между базой и эмиттером за счет слоя металла, образующего исток MOSFET. Четырехслойная структура PNPN, получающаяся от комбинации PNP- и NPN-транзисторов, формирует структуру тиристора с возможностью «защелкивания». В отличие от мощного MOSFET-транзистора, IGBT-транзистор не имеет интегрального обратно смещенного диода, который в MOSFET-транзисторах существует как паразитный элемент, и поэтому в случае необходимости в IGBT вводится быстрый диод.

ТЕХНОЛОГИИ PT И NPT ИЗГОТОВЛЕНИЯ IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ

IGBT называется PT (punch-through — структура со смыканием двух P-N-переходов) или асимметричным, если имеется буферный слой N+ между подложкой P+ и областью дрейфа N-. В противном случае, он называется NPT (non-punch-through) или асимметричным IGBT. Буферный слой N+ увеличивает скорость выключения транзистора путем уменьшения инжекции неосновных носителей заряда и увеличения скорости рекомбинации при переключении транзистора. Кроме того, вероятность «защелкивания» также уменьшается за счет уменьшения коэффициента усиления по току PNP-транзистора. Основная проблема состоит в том, что увеличивается падение напряжения на открытом транзисторе. Однако толщину дрейфовой области N- можно уменьшить путем подачи напряжения прямого смещения. В результате уменьшится падение напряжения

на открытом транзисторе. Следовательно, PT-IGBT имеют более удачные характеристики по сравнению с NPT-IGBT в отношении скорости переключения и прямого падения напряжения. В настоящее время большинство серийных IGBT выпускается по технологии PT-IGBT. Возможности прямого и обратного запираения IGBT приблизительно равны, поскольку определяются толщиной и удельным сопротивлением одного и того же дрейфового слоя N-. Обратное напряжение для транзистора PT-IGBT, который содержит буферный слой N+ между подложкой P+ и областью дрейфа N-, уменьшается до десятков вольт из-за высоколегированных областей с обеих сторон зоны J1.

Ряд IGBT, изготавливаемых без буферного слоя N+, называются NPT-IGBT, в то время как транзисторы, у

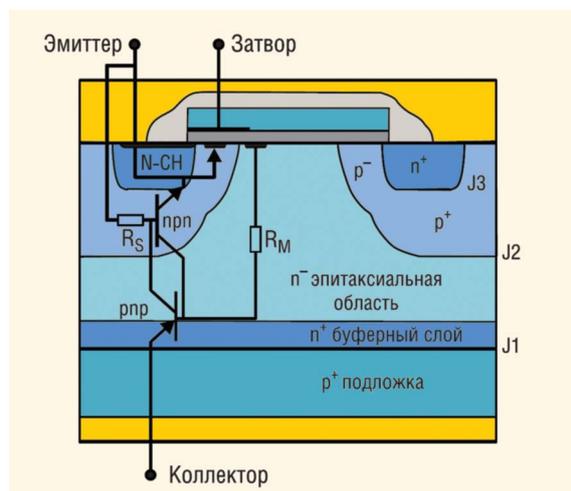


Рис. 1. Схематическое представление N-канального IGBT

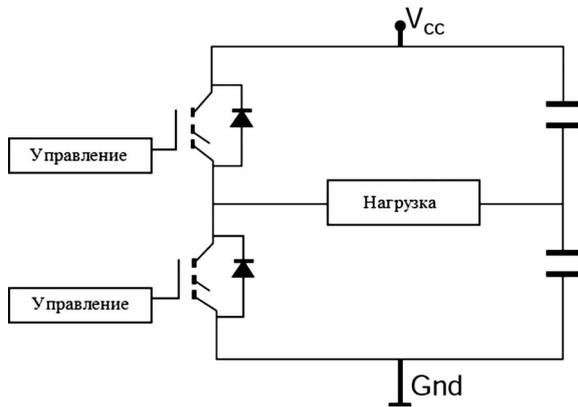


Рис. 2. Упрощенная схема полумостового инвертора

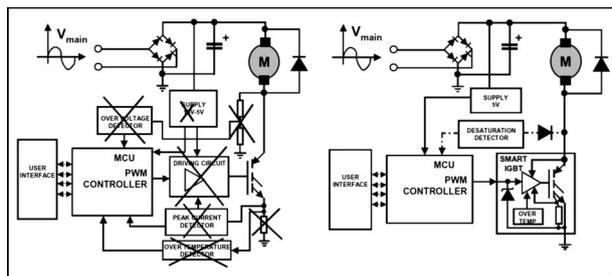


Рис. 3. Схема замещения дискретных компонентов интеллектуальным модулем

которых присутствует данный слой, называются PТ-IGBT. При правильном выборе степени легирования и толщины буферного слоя его присутствие может значительно увеличить производительность транзисторов. Несмотря на физическое сходство, работа IGBT больше напоминает работу мощного биполярного транзистора, чем мощного MOSFET. Это происходит из-за того, что слой подложки P+ (инжекционный слой) отвечает за инжекцию неосновных носителей заряда в область дрейфа N-, что приводит к модуляции удельного сопротивления.

Технологически транзистор IGBT получают из транзистора MOSFET путем добавления еще одного биполярного транзистора структуры PNP. Эквивалентная крутизна IGBT значительно превышает крутизну MOSFET, и ее значением можно управлять на этапе изготовления IGBT. Еще одним достоинством IGBT является значительное снижение (по сравнению с MOSFET) последовательного сопротивления силовой цепи в открытом состоянии. Благодаря этому снижаются тепловые потери на открытом транзисторе.

По результатам исследований было выяснено, что у IGBT отсутствует участок вторичного прогиба, характерный для обычных биполярных транзисторов. Быстродействие IGBT ниже, чем у MOSFET, но выше, чем у биполярных транзисторов, поэтому их используют на частотах порядка 100 кГц. Ограничение скорости переключения IGBT кроется в конечном времени жизни неосновных носителей в базе PNP-транзистора. Накопленный в базе PNP-транзистора заряд вызывает характерный «хвост» тока при закрывании IGBT. Причина этого заключается в том, что как только имеющийся в составе IGBT-транзистора MOSFET закрывается, в силовой цепи начинается рекомбинация неосновных носителей заряда, которая предшествует возникновению «хвоста». Он служит причиной основных тепловых потерь и требует введения т.н. «мертвого времени» в схемах управления мостовыми и полумостовыми инверторами. Поскольку база PNP-транзистора сделана недоступной извне, то меры по уменьшению «хвоста» можно принять только на этапе изготовления транзистора. На рисунке 2 показана упрощенная схема полумостового инвертора.

Таблица 1. IGBT с рабочим напряжением 400 В

Наименование	Напряжение коллектор-эмиттер (Vces) max, В	Ток коллектора (I_C) max, А (при Tc = 100°C)	Vce(sat) (при Tc = 125°C) тип., В	Ток коллектора (I_C DC) (при Vce(sat) тип., А	Потери на переключение (Eoff) (при Tc = 125°C) тип., мДж	Антипараллельные диоды	Частота переключения max, кГц	Рассеиваемая мощность (PD) max, Вт	Тип корпуса
STGB10NB37LZ	410	10	1,3	20	8,7	-	1	125	D2PAK
STGP10NB37LZ	410	10	1,3	20	8,7	-	1	125	TO-220
STGB10NB40LZ	410	10	1,3	20	8,7	-	1	150	D2PAK
STGB18N40LZ	390	30	1,3	10	-	-	1	125	D2PAK; TO-220
STGD18N40LZ	390	25	1,3	10	-	-	1	125	DPAK; IPAK
STGP18N40LZ	390	30	1,3	10	-	-	1	150	TO-220
STGB20NB37LZ	400	20	1,3	20	17,8	-	1	200	D2PAK
STGB20NB41LZ	410	20	1,3	20	18,4	-	1	200	D2PAK
STGB35N35LZ	350	30	1,35	15	-	-	1	176	D2PAK; TO-220
STGP35N35LZ	350	30	1,35	15	-	-	1	176	TO-220

Таблица 2. IGBT с рабочим напряжением 600 В и током более 50 А

Наименование	Напряжение коллектор-эмиттер (Vces) max, В	Ток коллектора (I_C) max, А (при Tc = 100°C)	Vce(sat) (при Tc = 125°C) тип., В	Ток коллектора (I_C DC) (@ Vce(sat)) тип., А	Потери на переключение (Eoff) (при Tc = 125°C) тип., мДж	Антипараллельные диоды	Частота переключения max, кГц	Рассеиваемая мощность (PD) max, Вт	Тип корпуса
STGE50NC60VD	600	50	1,7	40	1,4	Ultra Fast	50	260	ISOTOP
STGE50NC60WD	600	50	1,9	40	0,9	Ultra Fast	100	260	ISOTOP
STGW50HF60DF	600	50	2,1	50	1,1	Ultra Fast	50	360	TO-247
STGW50HF60S	600	60	1,05	30	7,8	No	1	284	TO-247
STGW50HF60SD	600	50	1,05	30	7,8	Low Drop	1	284	TO-247
STGW50NC60W	600	50	1,9	40	0,9	-	100	278	TO-247
STGY50NC60WD	600	50	1,9	40	0,9	Ultra Fast	100	278	Max247
STGWA60NC60WDR	600	60	1,9	40	0,9	Ultra Fast	100	340	TO-247 long leads
STGW60H65F	650	60	2,1	60	1,4	-	100	360	TO-247
STGE200NB60S	600	150	1,2	150	92	-	1	600	ISOTOP

Таблица 3. IGBT с рабочим напряжением 900...1300 В

Наименование	Напряжение коллектор-эмиттер (Vces) max, В	Ток коллектора (I_C) max, А (при Tc = 100°C)	Vce(sat) (при Tc = 125°C) тип., В	Ток коллектора (I_C DC) (@ Vce(sat)) тип., А	Потери на переключение (Eoff) (при Tc = 125°C) тип., мДж	Антипараллельные диоды	Частота переключения max, кГц	Рассеиваемая мощность (PD) max, Вт	Тип корпуса
STGW30N90D	900	30	2	20	6,9	Ultra Fast	20	220	TO-247
STGF3NC120HD	1200	3	2,2	3	0,6	Ultra Fast	20	25	TO-220FP
STGD5NB120SZ	1200	5	1,2	5	10	-	1	75	DPAK; IPAK
STGB3NC120HD	1200	7	2,2	3	0,6	Ultra Fast	20	75	D2PAK
STGP3NC120HD	1200	7	2,2	3	0,6	Ultra Fast	20	75	TO-220
STGW25H120DF	1200	25	2,3	25	1,5	Ultra Fast	20	330	TO-247
STGW30N120KD	1200	30	2,7	20	5,8	Ultra Fast	20	220	TO-247
STGW30NC120HD	1200	30	2	20	6,9	Ultra Fast	20	220	TO-247
STGW35NC120HD	1200	34	2	20	6,9	Ultra Fast	20	250	TO-247-II
STGW40N120KD	1200	40	2,7	30	9,3	Ultra Fast	20	240	TO-247
STGW38IH130D	1300	33	2	20	6,4	Ultra Fast	20	250	TO-247; TO-247-II
STGWT38IH130D	1300	33	2	20	6,4	Ultra Fast	20	250	TO-3P

IGBT-ТРАНЗИСТОРЫ КОМПАНИИ ST

Все выпускаемые компанией ST IGBT транзисторы можно разделить на три основные категории:

- 1) IGBT с рабочим напряжением 400 В для силовых инверторов;
- 2) IGBT с рабочим напряжением 600 В для мостовых и полумостовых драйверов управления электродвигателями в стационарных устройствах;
- 3) IGBT с рабочим напряжением 900...1300 В для силовых модулей и систем управления электродвигателями электромобилей.

Наиболее массовой является категория транзисторов с рабочим напряжением 600 В. В таблицах 1–3 показаны характеристики некоторых IGBT каждой из указанных категорий.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИЛОВЫЕ МОДУЛИ (IPM) НА БАЗЕ IGBT СЕМЕЙСТВА SLLIMM ОТ ST

Семейство SLLIMM интеллектуальных силовых модулей создано для удовлетворения требований широкого класса конечных приложений в диапазоне мощностей 300 Вт...2,0 кВт, таких как: стиральные машины; посудомо-

Таблица 4. Ключевые особенности и преимущества IPM

Особенности	Преимущества
- 600 В, трехфазный мостовой инвертор на базе IGBT, включая ИС управления ключами и диоды свободного хода	- Удобство управления от микроконтроллера
- Защита IGBT от короткого замыкания	- Высокая эффективность и надежность
- Полностью изолированный корпус, выполненный по технологии DBC с повышенной теплоотдачей	- Очень низкое тепловое сопротивление Rth
- Функция интеллектуального отключения	- Уменьшение количества компонентов
- Компаратор для защиты от превышения тока предельно допустимого значения при коротком замыкании	- Оптимизированная топология печатной платы
- Операционный усилитель для увеличения чувствительности датчика тока	- Уменьшение размера печатной платы (компактная конструкция)
- Встроенные ограничительные диоды	- Малая интенсивность отказов
- Малый форм-фактор	- Простота реализации алгоритма управления по полю (FOC) без использования дополнительных датчиков

ечные машины; холодильники; драйверы; компрессоры кондиционеров воздуха; швейные машины; насосы; электроинструменты; промышленные устройства управления малой мощности.

Таблица 5. Основные характеристики интеллектуальных силовых модулей (IPM) компании ST

Особенности	Базовая версия		Полнофункциональная версия		
	STGIPS10K60A	STGIPS14K60	STGIPL14K60	STGIPS20K60	STGIPL20K60
Рабочее напряжение, В	600				
Рабочий ток при TC = 25°C, А	10	14	15	18	20
RthJC max. для одного IGBT, °C/Вт	3,8	3	2,8	2,4	2,2
Тип корпуса	SDIP-25L	SDIP-25L	SDIP-38L	SDIP-25L	SDIP-38L
Размер корпуса, мм (X, Y, Z)	44,4×22,0×5,4	44,4×22,0×5,4	49,6×24,5×5,4	44,4×22,0×5,4	49,6×24,5×5,4
Технология DBC	Да				
NTC	Да				
Встроенные ограничительные диоды	Да				
Функция SD	Нет	Да	Да	Да	Да
Компаратор для защиты от коротких замыканий	Нет	Да (1 вывод)	Да (3 вывода)	Да (1 вывод)	Да (3 вывода)
Функция интеллектуального отключения	Нет	Да			
Операционный усилитель для увеличения чувствительности датчика тока	Нет	Нет	Да	Нет	Да
Функция взаимного выключения	Да				
Блокировка при перегрузке по напряжению	Да				
Конфигурация с открытым эмиттером	Да (3 вывода)				
Совместимость с входными логическими уровнями 3,3/5 В	Да				
Входной сигнал для IGBT-транзисторов верхнего плеча	Высокий активный уровень				
Входной сигнал для IGBT-транзисторов нижнего плеча	Высокий активный уровень	Низкий активный уровень			

Таблица 6. Оценочные платы на базе IGBT транзисторов и модулей от ST. Оценочная плата STEVAL-IHM028V1

 <p>STEVAL-IHM025V1</p>	<p>1×IGBT SLLIMM STGIPL14K60 1 преобразователь, основанный на Viper16 1×IGBT STGP10NC60KD</p>	 <p>STEVAL-IHM021V1</p>	<p>3 интеллектуальных драйвера с ШИМ L6390 6 мощных переключаемых MOSFET-транзисторов STD5N52U</p>
 <p>STEVAL-IHM027V1</p>	<p>1×IGBT SLLIMM STGIPS10K60A 1 преобразователь, основанный на Viper16 1×IGBT STGP10NC60KD</p>	 <p>STEVAL-IHM023V1</p>	<p>3 интеллектуальных драйвера с ШИМ L6390 7 мощных переключаемых IGBT транзисторов STGP10NC60KD</p>
 <p>STEVAL-IHM028V1</p>	<p>1×IGBT SLLIMM STGIPS20K60 1×ШИМ SMPS VIPer26LD 1×IGBT STGW35NB60SD</p>	 <p>STEVAL-IHM024V1</p>	<p>3 интеллектуальных драйвера с ШИМ L6390 6 мощных переключаемых IGBT транзисторов STGDL35NC60DI</p>

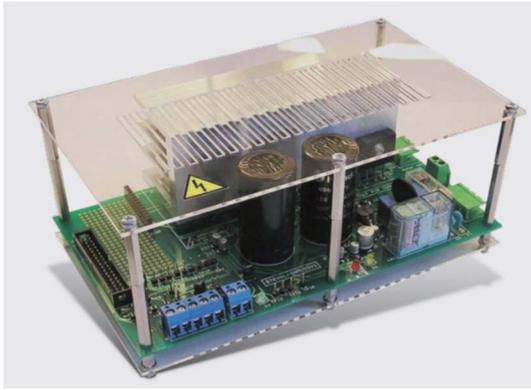


Рис. 4. Оценочная плата STEVAL-IPH028V1

Интеллектуальные силовые модули (IPM) на базе IGBT расширяют диапазон продуктов компании ST для силовых приложений. Это — решения с превосходными тепловыми характеристиками, которые упрощают разработку, объединяя специфичные для приложений IGBT и диоды, запатентованные функции управления, интеллектуальную защиту и множество дополнительных функций.

Модули IPM допускают непосредственное подключение к микроконтроллерам, преобразуя их выходные сигналы в мощные высоковольтные сигналы необходимой для управления электродвигателями формы. Один модуль способен заменить более 30 дискретных компонентов, значительно повышая надежность и уменьшая размер и стоимость изделий. На рисунке 3 показана схема замещения дискретных компонентов интеллектуальным модулем.

В СОСТАВ КАЖДОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ ВХОДЯТ СЛЕДУЮЩИЕ УЗЛЫ И КОМПОНЕНТЫ:

- трехфазный мостовой инвертор IGBT, включающий:
 - шесть IGBT с малыми потерями и схемами защиты от коротких замыканий;
 - шесть диодов свободного хода (freewheeling) с малым падением напряжения и плавным восстановлением;
- три ИС управления для управления и защиты ключей, включающие:
 - функцию интеллектуального отключения;
 - компаратор для защиты от превышения током предельно допустимого значения при коротком замыкании;
 - операционный усилитель для увеличения чувствительности датчика тока;
 - три интегрированных ограничительных диода;
 - функцию взаимного отключения,
 - блокировку при перегрузках по напряжению;
- терморезисторы с отрицательным ТКК (NTC) для наблюдения за температурой;
- конфигурация с открытым эмиттером для установки индивидуального для каждой фазы датчика тока;
- полностью изолированный корпус, выполненный по технологии DBC (direct-bond copper — прямая металлизация медью) с повышенной теплоотдачей;
- номинальное напряжение изоляции 2500 В с.к.з.;
- некоторые пассивные компоненты для оптимизации скорости переключения IGBT-транзисторов;
- схемы смещения для драйверов ключей верхнего плеча и фильтрации помех.

Модули IPM компании ST используют корпуса, выполненные по технологии DBC, и процессы вакуумной сварки, что гарантирует лучший отвод тепла и меньшее электрическое

Таблица 7. Супертранзисторы MOSFET от ST

Наименование	V_{DSS} , В	$R_{DS(вкл.)}$ (при $V_{GS} = 10$ В) max, Ом	Ток стока (Dc) (I_D) max, А	Рассеиваемая мощность (P_D) max, Вт	Заряд переключения (Qg) тип., нКл	Особенности	Заряд обратного восстановления (Qrr) тип., нКл	Время обратного восстановления (trr) тип., нс	Пиковый обратный ток (I_{RRM}) ном., А	Тип корпуса
STE70NM50	500	0,05	70	600	190	-	-	552	42	ISOTOP
STW27NM60ND	600	0,016	21	160	80	Fast diode	-	-	-	TO-247
STW62NM60N	600	0,049	55	350	130	-	-	-	-	TO-247
STW77N65DM5	650	0,043	65	400	185	Fast diode	-	-	-	TO-247
STW77N65M5	650	0,038	69	400	185	-	-	-	-	TO-247
STY112N65M5	650	0,019	93	450	360	-	-	-	-	Max247
STY60NM50	500	0,05	60	560	190	-	-	552	42	Max247
STY80NM60N	600	0,035	74	560	360	-	-	-	-	Max247

Таблица 8. Высоковольтные MOSFET транзисторы от ST

Наименование	V_{DSS} , В	$R_{DS(вкл.)}$ (при $V_{GS} = 10$ В) max, Ом	Ток стока (Dc) (I_D) max, А	Рассеиваемая мощность (P_D) max, Вт	Заряд переключения затвора (Qg) тип., нКл	Заряд обратного восстановления (Qrr) тип., нКл	Время обратного восстановления (trr) тип., нс	Максимальный обратный ток (I_{RRM}) ном., А	Тип корпуса
N-канальные с рабочим напряжением 1500 В									
STFW3N150	1500	9	2,5	63	29,3	-	-	-	TO-3PF
STFW4N150		7	4	63	30	-	-	-	TO-3PF
STP3N150		12	2,5	140	18	-	-	-	TO-220
STP4N150		7	3,1	160	35	-	510	12	TO-220
STW3N150		9	2,5	140	29,3	-	-	-	TO-247
STW4N150		7	4	160	30	-	510	12	TO-247
STW9N150		2,5	8	320	89,3	-	-	-	TO-247
P-канальные с рабочим напряжением -500 В									
STD3PK50Z	500	4	-2,8	70	20	-	-	-	DPAK

сопротивление, позволяет получать большие удельные мощности и увеличивать надежность систем (см. табл. 4).

В таблице 5 представлены основные характеристики ИРМ компании ST.

ОЦЕНОЧНЫЕ ПЛАТЫ ОТ ST

Компания ST выпускает ряд оценочных плат на базе IGBT и интеллектуальных модулей на их основе. В таблице 6 приведены основные отличительные особенности этих плат.

Универсальная оценочная плата STEVAL-IHM028V1 (см. рис. 4) разработана на базе интеллектуального модуля трехфазного мостового инвертора STGIP520K60 компании ST с рабочим напряжением 600 В и рабочим током 20 А. Модуль имеет встроенные компараторы для аппаратной защиты (такой как защита от перегрузок по току и защита от перегрева).

ОЦЕНОЧНАЯ ПЛАТА STEVAL-IHM028V1 ИМЕЕТ СЛЕДУЮЩИЕ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:

- законченное решение для силового инвертора мощностью 2 кВт;
- подключение к однофазной силовой сети с напряжением 90...285 В переменного тока или к источнику постоянного тока с напряжением до 400 В;
- входной удвоитель напряжения для подключения к низковольтной силовой сети переменного тока;
- ограничитель входного пускового тока с проходным реле;
- устройство активного торможения с компаратором перегрузки по напряжению;
- измерение тока как с тремя, так и с одним датчиком тока;
- возможность подключения датчиков Холла или энкодера;
- вход тахометра;

- аппаратная защита от перегрева и перегрузок по току;
- активное воздушное охлаждение с автоматическим переключением при повышении температуры;
- компактная и безопасная конструкция;
- универсальная платформа для проведения последующих экспериментов.

MOSFET-ТРАНЗИСТОРЫ ОТ КОМПАНИИ ST

Кроме IGBT, компания ST выпускает также MOSFET-транзисторы, параметры наиболее выдающихся из которых приведены в таблице 7.

Особого внимания также заслуживают высоковольтные силовые MOSFET-транзисторы: n-канальные с рабочим напряжением до 1500 В и р-канальные с рабочим напряжением до –500 В. Основные параметры транзисторов представлены в таблице 8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fairchild. AN-9016. IGBT Basics I//www.fairchildsemi.com/an/AN/AN-9016.pdf.
2. Fairchild. AN-9020. IGBT Basic II//www.fairchildsemi.com/an/AN/AN-9020.pdf.
3. ST. AN1491. IGBT BASICS//www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/APPLICATION_NOTE/CD00004307.pdf.
4. ST. 600 V SiC diodes//www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_COMMUNICATION/FLYER/fl600vsi.pdf.
5. ST//www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_COMMUNICATION/FLYER/fligtinte0710.pdf.
6. ST//www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_PRESENTATIONS/PRODUCT_PRESENTATION/stforsolarenergy_marketing_pres.pdf.
7. ST//www.st.com/internet/analog/class/826.jsp.
8. ST//www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_PRESENTATIONS/PRODUCT_PRESENTATION/steval_ihm028v1_marketing_pres.pdf.

СОБЫТИЯ РЫНКА

| 100 ЛУЧШИХ ПРОДУКТОВ 2011 Г. ПО ВЕРСИИ EDN | Семейство АЦП National Semiconductor с полосой 2,7 ГГц и производительностью 3,6 Гвыб/с. Семейство АЦП ADC12Dxx00RF предназначено для применения во входных РЧ-цепях, при этом отпадает надобность в цепях промежуточной частоты IF, и значительно снижается число компонентов, необходимых для реализации системы.

Суперконденсаторы Murata с повышенной плотностью энергии. Новые конденсаторы с двойным слоем, или как их часто называют — суперконденсаторы, серии DME и DMD хорошо подходят для приложений, где требуются высокие пиковые нагрузки. Они способны разряжаться и заряжаться токами величиной несколько ампер. В обеих сериях есть одинарные и двойные варианты исполнения. Суперконденсаторы производятся в тонком корпусе (18,5x20,5x1,5 мм). Их емкость составляет 700 мФ — для одиночного и 350 мФ — для двойного исполнения.

Прецизионный ОУ Analog Devices со встроенной защитой от перенапряжения более чем на 30 В. Сдвоенный ADA4096-2 — первый в отрасли усилитель с защитой по входу более чем 30 В. Величина максимально допустимого напряжения может на 32 В превышать напряжение шины питания или может быть ниже этого напряжения для шины с меньшей величиной напряжения питания. Собственное потребление на канал не превышает 60 мкА. Основные технические характеристики:

- размах входного и выходного напряжения равен размаху питания;
- работа с однополярным питанием 3...30 В;
- полоса пропускания 800 кГц при $V_{sy} = 30$ В, 550 кГц при $V_{sy} = 10$ В и 475 кГц при $V_{sy} = 3,0$ В;
- напряжение смещения: не более 250 мкВ;
- усиление с разомкнутой ОС: 125 дБ (тип);
- стабильность при единичном усилении;
- отсутствует реверс фазы;
- спектральная плотность шума — 27 нВ/√Гц;
- диапазон рабочих температур: –40...125°C.

По полосе пропускания и уровню шума ADA4096-2 вдвое превосходит ближайшие аналоги.

www.elcomdesign.ru