

Павел Ильин (КОМПЭЛ), Николай Алимов

ОБЗОР MOSFET И IGBT КОМПАНИИ STMICROELECTRONICS

Мощные транзисторы **MOSFET** и **IGBT** являются в буквальном смысле «ключевыми» элементами современной силовой электроники. Они незаменимы в приложениях, где требуется быстрая коммутация больших токов и напряжений. Охватывая близкие области применения, эти транзисторы позволяют разработчику сделать выбор в пользу MOSFET- или IGBT-технологии, в зависимости от режимов работы схемы. В статье рассмотрены типы MOSFET и IGBT, выпускаемых **STMicroelectronics**.

Принцип работы полевого МОП-транзистора **MOSFET** (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) основан на дрейфе основных носителей заряда через проводящий слой — канал, в результате действия перпендикулярного току электрического поля. В зависимости от того, какой тип носителей заряда является в транзисторе основным, различают каналы р-типа и п-типа.

Некоторые MOSFET-транзисторы р-типа от STMicroelectronics представлены в таблице 1, п-типа — в таблице 2.

Использование различных технологий изготовления позволяет охватить большой диапазон напряжений, токов, быстродействий и выбрать MOSFET с наиболее выгодными параметрами. По технологии **STripFET™** изготавливаются транзисторы с очень малым сопротивлением в открытом состоянии

(порядка нескольких миллиом), что позволяет при относительно небольших размерах коммутировать токи свыше 100 А. Технология **PowerMesh™** ставит акцент на высокое быстродействие и малый заряд затвора, что необходимо для создания импульсных источников питания, сварочных инверторов, ИБП и высокочастотных электроприводов. **MDmesh™**-технология сочетает в MOSFET-полупроводнике высокое быстродействие и небольшое сопротивление открытого состояния. Высоковольтные транзисторы линейки изготавливаются по технологии **SuperMesh™**.

Способ кодирования наименования MOSFET представлен на рисунке 1

Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT) — является продуктом развития технологии силовых транзисторов MOSFET и сочетает

Таблица 1. Р-канальные MOSFET

Наименование	V _{(BR) CES} , В	I _{C (cont)} , А @25°C	R _{DS(on)} , Ом
STS3PM150N	-150	-2,5	0,24
STB16PF06LT4		-16	0,16
STx12PF06		-12	0,2
STx10PF06	-60	-10	0,2
STN3PF06		-2,5	0,2
STT2PF60L		-2	0,3
STx80PF55	-55	-80	0,018
STS7PF30L		-7	0,021
STD30PF03LT4		-24	0,028
STS6PF30L		-6	0,03
STS8C5H30L	-30	-4	0,055
STS4DPF30L		-4	0,055
STS5PF30L		-5	0,055
STS4PF30L		-3,4	0,14
STT3PF30L		-3	0,165
STS4DPF20L		-4	0,055
STT4PF20V		-4	0,11
STS5PF20V		-5	0,08
STS2DPFS20V	-20	-2	0,2
STT5PF20V		-5	0,08
STN5PF02V		-5	0,08

Примечание:

RDS(on) указывается для напряжения затвор-исток = 10 В (4,5 В для серии LL; 2,7 В для серии V);
Вместо x подставляется буква соответствующего типа корпуса (рисунок 2).

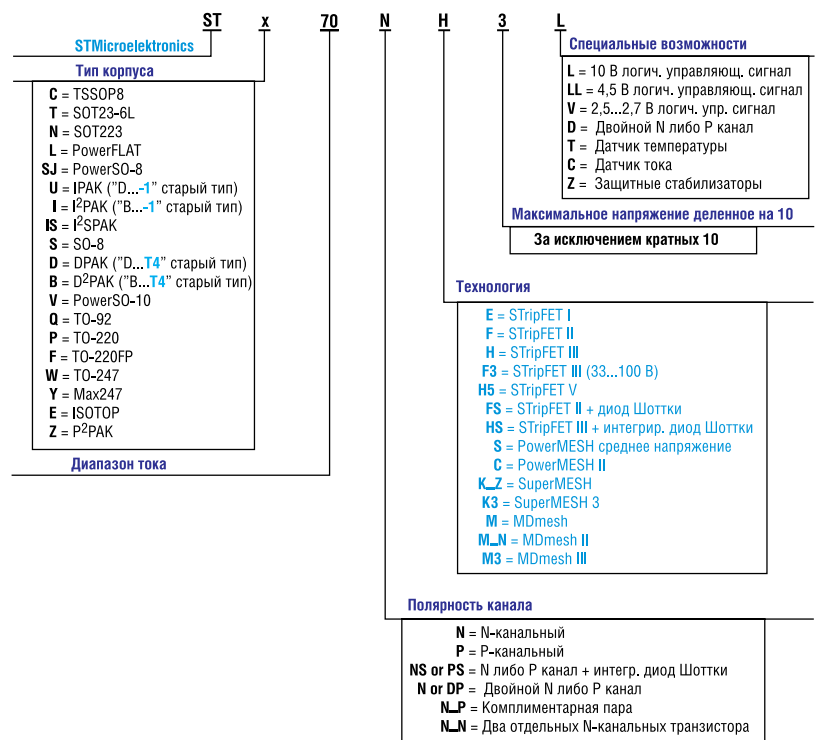


Рис. 1. Кодирование наименования MOSFET

Таблица 2. N-канальные MOSFET

Наименование	V _{(BR) CES} , В	I _{C (cont)} , А @25°C	R _{DS(on)} , Ом	Наименование	V _{(BR) CES} , В	I _{C (cont)} , А @25°C	R _{DS(on)} , Ом
STV160NF02LT4	20	160	0,0025	STP80NF12	120	80	0,018
STS5DNF20V		5	0,045	STP40NF12		40	0,032
STS6NF20V		6	0,045	STx14NF12		14	0,18
STx150NH02L	24	150	0,0035	STB40NS15T4	150	40	0,052
STP130NH02L		90	0,0044	STS5N15M3*		4,5	0,057
STD100NH02LT4		60	0,00480	STx25N15M3*		25	0,057
STx95NH02L		80	0,005	STx110NS20FD	200	110	0,024
STx90N02L		60	0,006	STx75NF20		75	0,034
STx70N02L		60	0,008	STD5N20LT4	5	0,7	
STD50NH02LT4		50	0,0105	STW52NK25Z	250	52	0,045
STx55NH2LL	40	0,0135	STB50N25M3	40		0,065	
STD38NH02LT4	38	0,0135	STx50NF25	45		0,069	
STD36NH02L	36	0,0165	STW54NK30Z	300	54	0,06	
STK822	25	38	0,002		STP30NM30N	30	0,09
STx95N2LH5		80	0,0042	STP12NK30Z	9	0,4	
STK820		80	0,0065	STx17NK40Z	400	15	0,25
STW200NF03	30	120	0,0028	STx11NK40Z		9	0,55
STV300NH03L		300	0,0015	STx7NK40Z		6	1
STB300NH02L		120	0,0018	STD2NC45-1	450	1,5	4,5
STP300NH02L		120	0,0022	STQ1NC45R-AP		0,5	4,5
STV160NF03LT4		160	0,0028	STS1DNC45	0,4	4,5	
STB70NF3LLT4		70	0,012	STE70NM50	500	70	0,05
STB70NF03LT4		70	0,0095	STY60NM50		60	0,05
STx50N03L	50	0,01	STE53NC50	53		0,08	
STS11NF30L	33	11	0,0105	STQ3NK50ZR-AP	0,5	3,3	
STP75NS04Z		80	0,011	STE70NM60	600	70	0,055
STP62NS04Z		62	0,015	STY60NM60		60	0,055
STx270N4F3	40	120	0,0029	STN1NK60Z	650	0,3	15
STB200NF04L		120	0,0035	STx20NM65N		19	0,190
STx200NF04	120	0,0037	STx15NM65N	700		12,5	0,27
STS15N4LLF3	50	15	0,007		STx11NM65N	11	0,38
STSJ80N4LLF3		80	0,007	STW20NK70Z	19	0,3	
STx90N4F3		80	0,0065	STx10NK70Z	800	8	0,85
STV200N55F3	55	150	0,0025	STx2NK70Z		1,6	7
STB180N55F3		120	0,0035	STE45NK80ZD	900	45	0,13
STP180N55F3		120	0,0038	STW18NK80Z		17	0,38
STx60N55F3		65	0,0085	STx11NM80	11	0,4	
STB60N55F3		65	0,0105	STE40NK90ZD	1000	40	0,17
STx60NF55L		60	0,015	STE30NK90Z		30	0,3
STP80NF06		60	80	0,008	STY30NK90Z	26	0,3
STP60NF06L	60		0,014	STW13NK100Z	12	0,7	
STx60NF06	60		0,016	STW11NK100Z	1200	10,5	1,38
STP60NF06FP	37		0,016	STx8NK100Z		6,3	2
STx16NF06	16		0,1	STP5N120	1500	4,4	3,5
2N7000	0,35		5	STx1N120		0,5	38
2N7002	0,25		5	STW9N150	8	2,7	
STB160N75F3	75	120	0,0037	STx4N150	4	7	
STx160N75F3		120	0,004	STx3N150	2,5	12	
STx140NF75		120	0,0075				
STE250NS10	100	200	0,0055				
STE180NE10		180	0,006				
STx120NF10		120	0,0105				
STx40NF10L		40	0,033				
STD6NF10T4		6	0,25				
STN1NF10		1	0,8				

Таблица 3. IGBT с малым падением напряжения

Наименование	$V_{(BR) CES}$, В	$I_{C (cont)}$, А @100°C	$V_{CE(sat) typ}$, В	Корпус	
STGB3NB60SDT4	600	3	1,15	D2PAK	
STGD3NB60SDT4		3	1,15	DPAK	
STGD3NB60SD-1		3	1,15	IPAK	
STGF7NB60SL		7	1,10	TO-220FP	
STGD7NB60SL		10	1,10	DPAK	
STGP10NB60SFP		7	1,15	TO-220FP	
STGD7NB60ST4		10	1,10	DPAK	
STGB10NB60ST4		10	1,25	D2PAK	
STGP10NB60S		10	1,25	TO-220	
STGF20NB60S		13	0,95	TO-220FP	
STGW35NB60SD		35	0,95	TO-247	
STGE200NB60S		150	1,20	ISOTOP	
STGD5NB120SZT4		1200	5	1,25	DPAK
STGD5NB120SZ-1			5	1,25	IPAK

Примечание: $F_{SW (MAX)} = 1$ кГц

Таблица 4. Быстродействующие IGBT

Наименование	$F_{SW (MAX)}$, кГц	$V_{(BR) CES}$, В	$I_{C (cont)}$, А @100°C	$V_{CE(sat) typ}$, В	Корпус
STGD10NC60SD	10	600	10	1,3	DPAK
STGP19NC60S			20	1,3	TO-220
STGP30NC60S			30	1,3	TO-220
STGF6NC60HD	50		3	1,75	TO-220FP
STGF10NC60HD			6	1,75	TO-220FP
STGF7NC60HD			7	1,75	TO-220FP
STGF19NC60HD			10	1,75	TO-220FP
STGB10NC60HD			10	1,75	D2PAK
STGP10NC60HD			10	1,75	TO-220
STGD7NC60HT4			14	1,75	DPAK
STGP7NC60H			14	1,75	TO-220
STGB19NC60HD			19	1,75	D2PAK
STGP19NC60H			19	1,75	TO-220
STGY40NC60VD			50	1,75	Max247
STGE50NC60VD	50	1,75	ISOTOP		
STGJ50NC60VD	50	1,75	TO-264		
STGF3NC120HD	100	1200	3	2,30	TO-220FP
STGFL6NC60D		600	3	2,10	TO-220FP
STGDL6NC60D			6	2,10	DPAK
STGBL6NC60D			6	2,10	D2PAK
STGPL6NC60D			6	2,10	TO-220
STGF19NC60WD			7	2,0	TO-220FP
STGP19NC60WD			19	2,0	TO-220
STGW19NC60W			19	2,0	TO-247
STGP30NC60W			30	1,90	TO-220
STGW30NC60W			30	1,90	TO-247
STGW50NC60W			55	1,90	TO-247
STGY50NC60WD			55	1,90	Max247
STGE50NC60W			55	1,90	ISOTOP
STGJ50NC60W			55	1,90	TO-264

в себе два транзистора в одной полупроводниковой структуре: биполярный (образующий силовой канал) и полевой (образующий канал управления). Сочетание двух приборов в одной структуре позволило объединить достоинства полевых и биполярных транзисторов: высокое входное сопротивление с высокой токовой нагрузкой и малым сопротивлением во включенном состоянии.

Для IGBT с номинальным напряжением в диапазоне 600...1200 В в полностью включенном состоянии прямое падение напряжения, так же как и для биполярных транзисторов, находится в диапазоне 1,5...3,5 В. Это значительно меньше, чем характерное падение напряжения на силовых MOSFET в проводящем состоянии с такими же номинальными напряжениями.

С другой стороны, MOSFET с номинальными напряжениями 200 В и меньше имеют более низкое значение напряжения во включенном состоянии, чем IGBT, и остаются непревзойденными в этом отношении в области низких рабочих напряжений и коммутируемых токов до 50 А.

По быстродействию IGBT уступают MOSFET, но значительно превосходят

Таблица 5. IGBT, устойчивые к короткому замыканию

Наименование	$V_{(BR) CES}$, В	$I_C (cont)$, А @100°C	$V_{CE(sat) typ}$, В	Корпус
STGF8NC60KD	600	4	1,90	TO220-FP
STGD8NC60KT4		8	1,90	DPAK
STGB8NC60KDT4		8	1,90	D2PAK
STGP8NC60KD		8	1,90	TO-220
STGF10NC60KD		6	2,0	TO-220FP
STGD10NC60KDT4		10	2,0	DPAK
STGB10NC60KT4		10	2,0	D2PAK
STGP10NC60K		10	2,0	TO-220
STGF14NC60KD		7	1,85	TO-220FP
STGD14NC60KT4		14	1,85	DPAK
STGB14NC60KT4		14	1,85	D2PAK
STGP14NC60KD		14	1,85	TO-220
STGF19NC60KD		10	1,85	TO-220FP
STGB19NC60KD		19	1,85	D2PAK
STGP19NC60K		19	1,85	TO-220
STGB30NC60K		30	1,85	D2PAK
STGP30NC60K		30	1,85	TO-220
STGW30NC60KD		30	1,85	TO-247
STGW40NC60KD		40	1,85	TO-247
STGW30NC120KD		1200	30	2,10

Примечание: $F_{SW (MAX)} = 50$ кГц

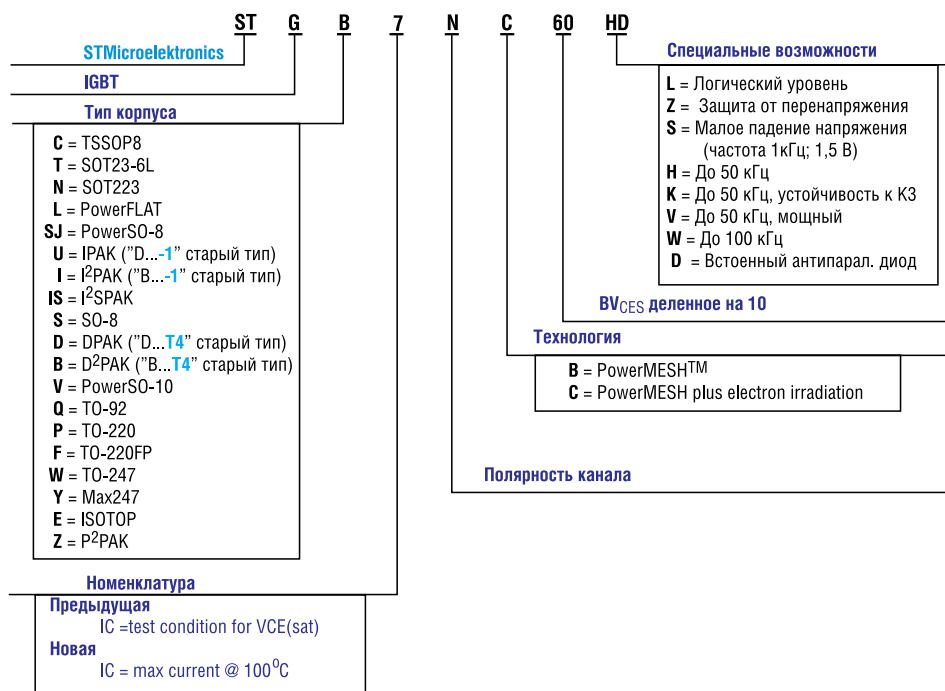


Рис. 2. Кодирование наименования IGBT

биполярные. Типичные значения времени рассасывания накопленного заряда и спада тока при выключении IGBT находятся в диапазонах 0,2...0,4 и 0,2...1,5 мкс, соответственно.

IGBT компании STMicroelectronics, по ведущему параметру можно разделить на несколько больших групп:

IGBT с малым падением напряжения представлены в таблице 3. Отличная проводимость в режиме насыщения снижает тепловыделение транзисторов и позволяет применять их в силовых приложениях, таких как низкочастот-

ные электроприводы (до 1 кГц), диммеры освещения, драйверы газоразрядных ламп и сварочное оборудование.

STMicroelectronics также предлагает новое поколение IGBT, разработанных с применением технологии PowerMesh™, с успехом используемой в MOSFET-транзисторах. Основные преимущества новых IGBT-транзисторов: снижено $V_{CE(sat)}$ (напряжение насыщения $K_э$), увеличен I_C (ток коллектора), возросла скорость переключения. Семейство IGBT-транзисторов с низким напряжением насыщения можно иден-

тифицировать по суффиксу «S» в наименовании.

Расширение диапазона рабочих частот ШИМ ведет к росту динамических потерь. Применение **быстродействующих IGBT** (таблица 4) для приложений, требующих более высокой скорости переключений (до 100 кГц), например, высокочастотных инверторов, импульсных источников питания и корректоров коэффициента мощности (в том числе с резонансной топологией), источников бесперебойного питания, электроприводов, позволяет минимизировать динамические потери и снизить тепловыделение.

Для работы в режиме тяжелого переключения (при большом токе и высоком напряжении одновременно), в схемах импульсных источников питания и корректоров коэффициента мощности с резонансной топологией, для высокочастотных приводов электродвигателя хорошо применима серия «K» – **IGBT, устойчивые к короткому замыканию** длительностью до 10 мкс (таблица 5).

Способ кодирования наименования IGBT представлен на рисунке 2.

В заключение хочется отметить, что широкая номенклатура MOSFET и IGBT, выпускаемых STMicroelectronics, охватывает практически все области применения коммутационных полупроводников. Более детальную информацию по номенклатуре и параметрам MOSFET и IGBT можно найти на сайте <http://www.st.com> в разделе Products/Transistors.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: power.vesti@compel.ru