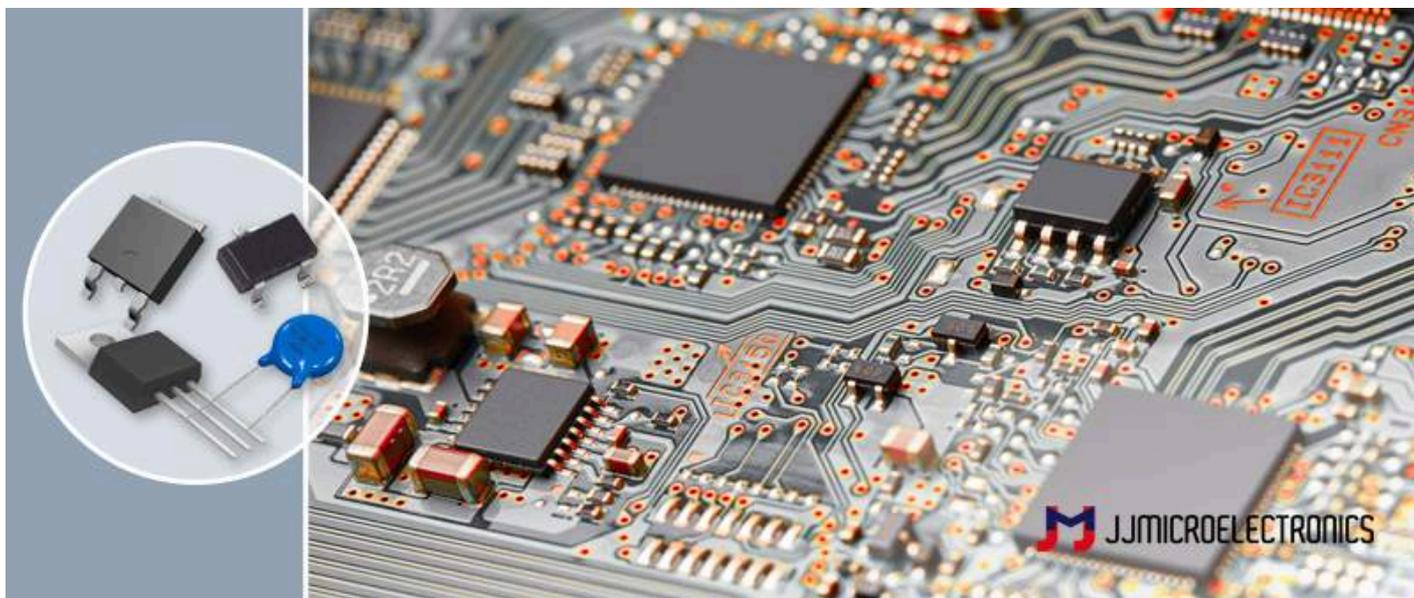


# Альтернатива есть: широкий ассортимент полупроводниковых компонентов JIEJIE доступен со склада КОМПЭЛ

27 апреля



автомобильная электроника | учёт ресурсов | управление питанием | управление двигателем | универсальное применение | JIEJIE | статья | дискретные полупроводники | MOSFET | Диоды | тиристор | оптрон

*Константин Кузьминов (г. Заполярный)*

*Сотрудничество **КОМПЭЛ** и китайской компании **JIEJIE**, лидирующей в области разработки и производства полупроводниковых компонентов, дает возможность заменить недоступную продукцию других производителей. В номенклатуру компании входят **тиристоры** и **симисторы**, **диоды** и **диодные мосты**, **стабилитроны**, **оптроны**, **транзисторы**, **твердотельные реле** и **интегральные схемы**, отличающиеся высоким качеством мирового уровня.*

Компания **JieJie Microelectronics Co., Ltd. (JIEJIE)** – один из ведущих китайских разработчиков и производителей полупроводниковых компонентов. Она была основана в 1995 году, а с 2017-го входит в десятку лучших предприятий Китая по производству силовых полупроводниковых устройств. JIEJIE использует бизнес-модель IDM (Integrated Device Manufacture), то есть осуществляет полный жизненный цикл продукции, включая проектирование и производство полупроводников и пластин, маркетинг и сбыт.

В штат JIEJIE входят специализированные команды экспертов с многолетним мировым опытом. Четыре центра исследований и разработок расположены в городах Цидун, Наньтун, Уси и Шанхай, производственные мощности – в Цидун и Наньтун. Компания имеет три основных бизнес-подразделения, четыре предприятия по производству пластин, а также три завода, занимающихся сборкой и тестированием:

- Тиристорное бизнес-подразделение производит тиристорные и симисторные компоненты из 4-дюймовых пластин.
- Бизнес-подразделение «Силовые диоды и устройства защиты» выпускает силовые и сигнальные диоды и тиристоры, в том числе выпрямительные мосты, силовые модули, диоды со сверхбыстрым

восстановлением, Шоттки, стабилитроны и подобную продукцию, а также защитные компоненты: супрессоры TVS и ESD, Sidac, TSS, варисторы и газоразрядники.

- Бизнес-подразделение МОП-транзисторов (MOSFET) производит такие ключевые продукты, как кремниевые МОП-транзисторы промышленного и автомобильного класса. Предприятия, выпускающие пластины и занимающиеся сборкой корпусов, сертифицированы по стандарту IATF 16949 для производства устройств автомобильного класса, отвечающих требованиям AEC-Q101.
- Четыре фабрики полупроводниковых пластин обеспечивают запросы вышеперечисленных бизнес-подразделений и выпускают пластины диаметром 4, 5, 6, и 8 дюймов (планируется расширение до 12). Технологический процесс может достигать разрешения 0,18 мкм и более. Кроме того, чтобы дополнить собственные производственные мощности, компания установила долгосрочные стратегические отношения с OSWF (аутсорсинговыми заводами по производству пластин).
- Сборочные и испытательные мощности включают в себя три центра, сертифицированных по стандарту IATF 16949 (для продукции, соответствующей AEC-Q101), а также ресурсы компаний-партнеров и OSAT (сторонних сборщиков и испытательных лабораторий). Выпускаемые корпуса предназначены как для сквозного, так и для поверхностного монтажа. Наиболее востребованные из них — SMA, SMB, SMC, SOD, SOT, SOP, TO, DFN и CSP.
- Дочерняя компания **Jiangu JieJie Semiconductor Technology Research Institute Co., Ltd.**, оснащенная лабораториями, сертифицированными CNAS (Китайской национальной службой аккредитации), отвечает за исследования и разработки новых типов продукции, передовых технологий обработки пластин и корпусирования. Сотрудничество с ведущими университетами и национальными исследовательскими центрами Китая позволяет продвигать фундаментальные научные разработки, ускорять совершенствование продукции, создавать инновации и преодолеть разрыв между научно-исследовательской областью и полупроводниковой промышленностью. Компания JIEJIE получила 160 патентов, более 10% которых были признаны изобретениями.
- Ответом на разнообразные запросы заказчиков из Китая и остального мира стало создание восьми дочерних компаний, каждая из которых имеет определенные роли и обязанности в создании продукции и технологий. Для управления всеми этапами JIEJIE использует передовые процессы и системы, среди них сертификации:
  - ISO 9001-2008 и IATF 16949 для управления качеством;
  - ISO 14001-2004 по экологическому менеджменту;
  - ISO 45001 по управлению охраной труда и безопасностью;
  - QC 080000 по управлению опасными веществами.

А также сертификация UL и соответствие требованиям RoHS и REACH (в зависимости от того, что применимо).

Оценить невероятно широкий ассортимент продукции JIEJIE можно, взглянув на выпускаемые компанией варианты полупроводниковых приборов, сгруппированных по основному типу в семь групп и десять таблиц.

## Тиристоры и симисторы

Многие тиристоры и симисторы JIEJIE (таблица 1) являются прямыми аналогами известных моделей других производителей (соответствие можно узнать в каталоге на сайте JIEJIE). В зависимости от области применения, тиристорные компоненты могут отличаться быстрым включением, малым током затвора, интегрированным резистором в цепи «затвор-катод», повышенной стойкостью к скорости  $dv/dt$ , усиленной защитой от электромагнитных помех, способны выдерживать большой ток и работать при высоких температурах.

*Таблица 1. Основные параметры тиристоров и симисторов производства компании JIEJIE*

Тип	Напряжение $V_{DRM}, V_{RRM}, V$	Ток $I_{T(RMS)}, A$	Ток затвора $I_{GT}, mA$	Максимальная рабочая температура $T_j, ^\circ C$	Рекомендуемая область применений
Чувствительный тиристор	800...1800	1...12	0,2; 3	110	Бытовая техника: ионизаторы, электроподжиг, приборы для укладки волос и так далее
	500...800	0,5...4	0,08, 0,12, 0,2	125	
Чувствительный тиристор с резистором	600	1...8	0,2	125	
Стандартный тиристор	500...1600	8...130	5...80	125	Мотоциклы, твердотельные реле, зарядные устройства, электроинструмент и прочее
	600...1600	12...141	3...80	150	
3Q-симистор	600...1600	0,8...100	5...70	125	Индуктивные нагрузки
	600, 800	4...40	10...50	150	
4Q-симистор	600...1200	0,5...40	5...100	125	Резистивные нагрузки малой и средней мощности
Специальный симистор для стиральных машин	600...1200	1...16	10, 35, 50	125	Двигатели стиральных машин
	800, 1000	1, 8	10, 35	150	
Симистор с подавлением переходных процессов	600, 800, 1000	1...16	5...35	125	Индуктивные нагрузки и приложения, в которых присутствуют значительные электромагнитные помехи
	800	1, 4	10	150	

Для управления мощными нагрузками с помощью ключей тиристорного типа компания JIEJIE выпускает силовые модули (таблица 2) в корпусе с креплением на шасси и клеммным присоединением проводников.

Таблица 2. Основные параметры тиристорных и симисторных силовых модулей JIEJIE

Конфигурация	Напряжение $V_{DRM}, V_{RRM}, kV$	Ток, A	Ток затвора $I_{GT}, mA$	Рабочая температура $T_j, ^\circ C$
Два тиристора	1,2...2,2	50...320	20...150	-40...125
Тиристор и диод		106...280		
Симистор	0,6...1,6	41, 55, 80	50	

Помимо готовых силовых модулей, JIEJIE предлагает варианты в виде полуфабрикатов (DBC), требующих установки в корпус. Конфигурация DBC имеет следующие параметры: два встречно-параллельных тиристора, напряжение  $V_{DRM}, V_{RRM}$  1,2...1,6 кВ, Ток  $I_{T(RMS)}$  45...100 А.

## Диоды, диодные мосты и стабилитроны

Силовые модули включают в себя и диодные варианты (таблица 3) в виде двух отдельных диодов, двух диодов с общим контактом (в различных вариантах соединения) и трехфазных мостов.

Таблица 3. Диодные силовые модули JIEJIE

Конфигурация	Напряжение $V_{RRM}$ , кВ	Ток $I_F$ , А	Падение напряжения на одном диоде $V_F$ , В	Рабочая температура $T_j$ , °C
Два диода	0,6...2	100...380	1,6, 1,8, 3,0	-40...150
Трехфазный мост	1,2...2,2	100...250	1,35, 1,6	

Номенклатура дискретных диодов и диодных мостов JIEJIE насчитывает более 700 наименований. В таблице 4 приведены некоторые характеристики этих полупроводниковых компонентов, сгруппированных по функциональным типам, а быстровосстанавливающихся диодов – по технологии изготовления и времени восстановления.

Таблица 4. Диоды и диодные мосты JIEJIE

Тип	Напряжение $V_{RRM}$ , В	Ток $I_F$ , А	Падение напряжения $V_F$ , В	Емкость перехода $C_j$ , пФ	Время восстановления $t_{rr}$ , нс	Корпус
Выпрямительный	50...3000	1...90	1,1...2	6...350	–	SOD-123FL, SMA/B/C, TO-220/247/263/3
Выпрямительный с низким $V_F$	600, 650, 800	1...60	0,93, 0,95, 1	10...120	–	SMA/B/C, TO-220/247
Быстровосстанавливающийся	50...1000	1...5	1,3	7...65	150...500	SOD-123FL, SMA/B/C, DO-15/27/41
	50...1200		1...1,9	7...50	50...100	SOD-123FL, SMA/B/C,
	50...1000		0,92...2,4	10...65	35...75	
Быстровосстанавливающийся эпитаксиальный	600, 800	3...80	1,3...1,85	–	75	SMC, DO-27, TO-220/247
	300...650		1,35...2,1	–	40...75	SMB/C, DO-27, TO-220
	400, 600	1...60	1,25...2	–	35	SOD-123FL, SMA/B, TO-220/247/252/263/277/3
	200, 400, 600	3...75	1,1...3,6	–	20...45	SMB, TO-220/247/252/263/3/TL
Быстровосстанавливающийся планарный EPI	200...1200	1...100	0,87...3,3	–	25...100	SMA, TO-220/247/252/263/3
Сигнальный	75, 100, 200	50, 100, 200	1, 1,25	–	4, 50	SOT-23, SOD-123/323/523
Шоттки	20...200	0,2...120	0,45...1	5...800	–	SOT-23, DFN1006-2L, SOD-123FL/323/523, SMA/B/C, TO-220/247/252/263/277
SiC	650, 1200	4...30	1,5...1,8	185...2050	–	TO-220/247/3
Мост	50...1600	1...35	1,1	9...15	–	ABS, GBJ, GBU, MBF, MBS

Для маломощного стабилизированного питания или защиты цепи от перенапряжения можно ограничить напряжение с помощью стабилитронов. Компания JIEJIE выпускает такие компоненты как для стандартных приложений, так и для автомобильного транспорта (таблица 5).

Таблица 5. Стабилитроны JIEJIE

Приложения	Напряжение стабилизации, В	Ток, мА	Мощность, Вт	Корпус
Стандартные	2,4...200	1...175	0,2...5	SOD-123(FL)/323/523, SMA/B, SOT-23
Автомобильные	12...200	0,5...52	0,5...3	SOD-123FL, SMA/B

## Защитные компоненты

Надежность работы электронного оборудования практически невозможно обеспечить без компонентов защиты от импульсов перенапряжений и электростатических разрядов. В таблице 6 перечислены варианты супрессоров, защитных тиристоров, варисторов и газоразрядников производства JIEJIE. В рамках одной таблицы классифицировать несколько тысяч защитных компонентов невозможно, поэтому указаны лишь общие группы, корпуса и диапазоны рабочих напряжений. В номенклатуре компании есть практически все варианты, в том числе способные защитить высокоскоростные сигнальные цепи (интерфейсы USB-3.x, HDMI и другие).

Таблица 6. Защитные компоненты JIEJIE

Тип	Количество линий	Напряжение V, В	Мощность поглощения импульса (10/1000 мкс), Вт	Корпус
TVS	1	3,3...513	200...30000	AKS, DO-15/27/41, R6, SMA/B/BF/C, SMT-4, SMTO-218, SOD-123FL
TVS для автомобильных приложений	1	10...440	200...15000	DO-218, R6, SMA/B/BF/C, SMT-4, SMTO-218, SOD-123FL
Сборка TVS	1...4	1,5...86	20...7000	DFN0603/1006/1610/2010/2020/2510/2626/3020, SMC-3, SMT-4, SOD-323/523/923, SOP-8, SOT-143/23/353/363
Сборка TVS для автомобильных приложений		3,3...36	60...2000	DFN1006/2510, SOD-323/523, SOT-23
TSS	1...2	±8, ±28, 6...750	–	DO-15, SMA/B/C, SMC-3, SOD-123FL, SOT-23, SOP-8, TO-92
Sidac (DIAC)	1	70...220	–	DO-15, SMA/B, SOD-123FL
Варистор	1	11...1000 AC 14...1465 DC	–	05D, 07D, 10D, 14D, 20D, 25D, 32D, SMD-3225/4032
Керамический газоразрядник	1	90...3600	–	DIP, SMD

# Транзисторы

Ассортимент биполярных транзисторов JIEJIE более скромнен и ограничивается комплементарной парой одних из самых популярных транзисторов **MMBT3904/3906** в корпусе SOT-23. Однако количество предложений MOSFET более 800, в том числе для автомобильных приложений (таблица 7).

Таблица 7. MOSFET производства JIEJIE

Область применения	Конфигурация	Напряжение $V_{DS}$ , В	Ток $I_D$ , А	Сопротивление открытого канала $R_{DS(on)}$ , мОм	Корпус
Автомобильный транспорт	P	-100	-28, -29, -36	36, 37, 38	PDFN3x3/5x6, TO-252
	N	40...650	4...479	0,56...820	PDFN3x3/5x6, PowerJE@7x8/10x12, TO-220/247/252/263, U-DFN2020
	N+N	40, 60, 100	22...111	2,7...28	PDFN5x6
Малое напряжение	P	-12, -20, -30	-2...-100	2,6...49	DFN2020, PDFN3x3/5x6, SOP-8, TO-251/252, SOT-23
	P+P	-20, -30	-4, -5, 1, -11	12,7, 33, 65	SOP-8
	N	20, 30	0,75...327	0,55...34	DFN1006/2020/3333, PDFN3x3/5x6, TO-220/251/252/263, SOP-8, SOT-23/323/523/723
	N+N	19,5...40	0,9...173	0,9...175	DFN3030/5060, PDFN3x3/5x6, SOP-8, SOT-23/363, TSSOP-8
	N+P	20/-20, 30/-30, 40/-40	3,8/-2,8... 16,0/-16,0	9,8/18,5...30/51	PDFN3x3/5x6, SOP-8, SOT-23
Среднее напряжение	P	-40, -60, -100	-6,3...-70	7,1...40	PDFN3x3/5x6, SOP-8, SOT-23/223, TO-220/252/263
	P+P	-100	-6,6	39	SOP-8
	N	30...200	0,2...471	0,5...2200	DFN1006/2020/3333, PDFN3x3/5x6, PowerJE@10x12, TO-220/247/251/252/263, SOP-8, SOT-23/223/323/89, V-DFN5060
	N+N	40, 60, 100	0,2...64	4,4...1600	PDFN3x3/5x6, PowerJE@10x12, SOP-8, SOT-363
	N+P	40/-40	8/-6, 10/-10, 14/-14	15/15...17/41	PDFN3x3, SOP-8
Высокое напряжение	N	500...1000	1...71	35...8800	DFN8080, TO-220/247/252/263

# Оптроны

Одним из способов гальванически изолированной передачи сигналов и такой же коммутации нагрузки является оптрон – оптически связанная пара компонентов. В первичной стороне используется инфракрасный светодиод (или два, включенных встречно-параллельно), а вторичная может представлять собой как один компонент, например, фототранзистор, так и интегральную сборку с дополнительным функционалом.

Компания JIEJIE предлагает широкий ряд оптронов (таблицы 8 и 9), вторичная сторона которых выполнена в нескольких вариантах, таких как:

- тиристор, в том числе со схемой детектора перехода фазы переменного тока нагрузки через ноль (детектор нуля);
- драйвер для управления силовыми MOSFET и IGBT с отличными показателями подавления высокого уровня синфазного шума;
- оптореле для коммутации небольшой AC/DC-нагрузки (встречно включенная пара MOSFET), с малым током утечки;
- биполярный транзистор;
- фотодиод с наносекундным откликом и схема усиления для высокоскоростного переключения.

Таблица 8. Тиристорные оптроны, оптореле и драйверы транзисторов производства JIEJIE

Тип оптрона	Нагрузка		Напряжение изоляции $V_{RMS}$ , кВ	Ток управления, мА	Рабочая температура $T_j$ , °C	Корпус
	Напряжение, В	Ток, А				
Тиристорный	250...800 AC	0,1	3,75, 5	5, 10, 15	-40...100	DIP-4/5/6, SMD-4/5/6, SOP-4
Тиристорный с детектором нуля						
2-канальный тиристорный с детектором нуля	1200 AC		5		-40...110	
Драйвер затвора MOSFET/IGBT	10...30 DC 15...35 DC	$\pm 0,8... \pm 4$	5	2...3 (рекомендуемый 7...16)	-40... 100/110;	DIP-8, SMD-8, WSOP-6
Оптореле	60...600 AC/DC	0,04...2	3,75, 5	0,4...3 (рекомендуемый 5...10)	-40...85	DIP-4/6/8, SMD-4/6/8, SOP-4
	1500 AC/DC	0,002	5	0,1...1	-40...110	DIP-6, SMD-6

Таблица 9. Транзисторные и быстродействующие оптроны JIEJIE

Тип оптрона	CTR%		Напряжение изоляции $V_{RMS}$ , кВ	Напряжение коллектора или выхода, В	Максимальный ток управления, мА	Рабочая температура $T_j$ , °C	Корпус
	Мин.	Макс.					
Транзисторный	20... 1000	80... 15000	5	35...350	1...60, $\pm 50$ , $\pm 60$	–	DIP-4/6/8, SMD-4/6/8,

							SOP-4, SSOP-4/16, LSOP-4,
Высокоскоростной (0,1...10 Мбит/с)	7... 500	50, 2000	3,75, 5	7, 20	25	-55...100, -40...100	DIP-8, SMD-8, SOP-5

## Твердотельные реле (SSR)

На базе перечисленных оптронов строятся твердотельные реле – полупроводниковые компоненты, отличающиеся от обычных реле отсутствием механических контактов, что позволяет осуществлять коммутацию нагрузки и сигналов значительно быстрее и в более сложных условиях.

JIEJIE предлагает две группы SSR, выполненных в корпусах DIP-7 и M0 (таблица 10). Технология производства SSR M0 является независимой разработкой компании и позволяет компоненту выдерживать ток 5 А в течение длительного времени без радиатора. В зависимости от исполнения, твердотельные реле могут иметь интегрированную схему детектора нуля.

Таблица 10. Твердотельные реле JIEJIE

Корпус	Напряжение нагрузки, В AC	Ток нагрузки, А (минимальный)	Ток управления, mA	Изоляция, кВ	Рабочая температура T <sub>j</sub> , °C
M0	24...280	20 (0,15)	7...50	2	-40...80
DIP-7	600	0,3...1,2	10	5	-40...85

## Интегральные схемы

Помимо вышеперечисленных дискретных полупроводниковых компонентов, оптронов и твердотельных реле, компания JIEJIE разрабатывает и производит интегральные схемы (ИС) для различных приложений:

- ИС в корпусе SOT23-6 для построения УЗО. Такая микросхема представляет собой контроллер с малым энергопотреблением и содержит диодный выпрямитель, стабилизатор, прецизионный усилитель, фильтр, компаратор, драйвер управления тиристором. Построение УЗО на базе этой ИС требует минимального числа внешних компонентов.
- Шунтирующий источник опорного напряжения 2,5...36 В с точностью  $\pm 0,4\%$  в корпусе SOT23-3.
- Линейные регуляторы напряжения, в том числе с малым падением напряжения (LDO) в корпусах SOT89, SOT23-3/5, TO-92, SOT-223-3. Они отличаются высоким входным напряжением, составляющим 20...36 В, в зависимости от модели. LDO способны обеспечить максимальный выходной ток 100 или 300 мА при выходном напряжении 2,1...9/2,5...9/2,8...9 В, устанавливаемом внешним резистивным делителем. Стандартные регуляторы имеют фиксированное напряжение 3,3 и 5,0 В или настраиваемое в диапазоне 1,2...5 В. Максимальный выходной ток составляет 0,1 или 1,3 А.
- Драйвер тиристора со встроенным детектором перехода фазы через ноль, обладающий компактным корпусом SOT23-6, высокой чувствительностью обнаружения, защитой от перегрева и перенапряжения.

- Интеллектуальный переключатель питания (iPwrSw или IoT FET) с различными режимами работы, которые программируются внешними компонентами, например, с включением (плавным запуском) и защитами от перегрузки по току, перегрева, перенапряжения. Его отличительными особенностями являются малое сопротивление открытого канала встроенного MOSFET и параметры нагрузки, в зависимости от модели iPwrSw составляющие 3,0...28 В, 4 А или 0,5...20 В, 10 А. Некоторые iPwrSw имеют выход состояния Power Good.

В 2021 году компания JIEJIE заняла первое место в Китае и мире по доходам от продаж тиристорных компонентов и заменила на своем рынке около 50% аналогичной продукции зарубежных производителей. Это свидетельствует о хорошем качестве диодно-тиристорных модулей, подтвержденном отзывами независимых исследователей.