

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ МИКРОСХЕМЫ В МИНИАТЮРНЫХ КОРПУСАХ SOP

Сегодня в России освоено серийное производство оптопар и оптоэлектронных (твердотельных) реле в пластмассовых корпусах DIP и DIP SMD с числом выводов 4, 6, 8 и шагом между выводами 2,5 мм. В связи с тенденцией к миниатюризации электронной аппаратуры и переходом на автоматизированный монтаж компонентов на поверхность печатных плат на российском рынке с 2001 года ежегодно растет потребность в оптоэлектронных микросхемах в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа типа SOP и SOIC. Эта потребность оценивается сейчас в 10 млн. штук в год. Пока она удовлетворяется поставками зарубежных компонентов, в основном из Юго-Восточной Азии, где имеется как собственное производство, так и заводы известных мировых производителей. А как обстоят дела в России?

Что заставляет разработчиков отказываться от электромагнитных реле и использовать вместо них твердотельные? В числе основных и неоспоримых достоинств твердотельных реле следует отметить:

- высокую надежность благодаря отсутствию механических контактов и, как следствие, высокую наработку на отказ (не менее 10 млрд. переключений, что в 1000 раз больше, чем у лучших образцов электромагнитных реле);
- неизменное контактное сопротивление (сопротивление во включенном состоянии) в течение всего срока службы, составляющего не менее 100 тыс. ч, или 12 лет;
- отсутствие дребезга контактов, что снижает внутрисхемный уровень помех в аппаратуре и обеспечивает стабильность ее работы;
- отсутствие акустического шума;
- совместимость по входу с логическими микросхемами, что облегчает интеграцию оптореле в цифровые устройства;
- отсутствие индуктивности, приводящей в электромагнитных реле к нежелательным выбросам напряжения при переключении;

Г.Скоропад
market@proton-orel.ru

- низкоуровневые сигналы управления (ток 0,5–3 мА при напряжении 1,5–5 В), что существенно упрощает схему управления твердотельным реле в отличие от электромагнитного, для управления которым необходим электронный ключ с диодной защитой от выбросов напряжения;
- высокие виброустойчивость и ударостойкость, обусловленные отсутствием подвижных механических контактов;
- хорошие изоляционные свойства между входом и выходом ($U_{из} = 1500$ В) и высокое сопротивление изоляции корпуса (не менее 10^9 Ом);
- высокое быстродействие (0,05–1 мс);
- высокую устойчивость к воздействию внешних электромагнитных полей;
- малое энергопотребление (на 95% меньше, чем у электромагнитных реле);
- малые габариты и массу.

Оптическая развязка между входной управляющей цепью и выходным каскадом обеспечивает полную гальваническую развязку по напряжению между входом и выходом.

При выполнении выходных каскадов твердотельных реле на МОП-транзисторах их характеристики с точки зрения коммутации аналоговых сигналов лучше, чем у твердотельных реле с тиристорными или биполярными ключами. По сравнению с тиристорным выходом МОП-ключ обладает

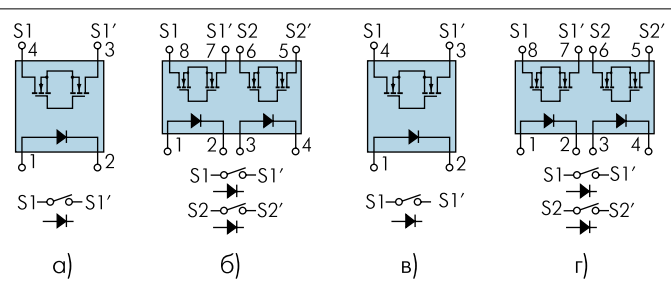


Рис. 1. Электрические схемы оптоэлектронных (твердотельных) реле:
а) одноканальное нормально разомкнутое; б) двухканальное нормально разомкнутое; в) одноканальное нормально замкнутое; г) двухканальное нормально замкнутое

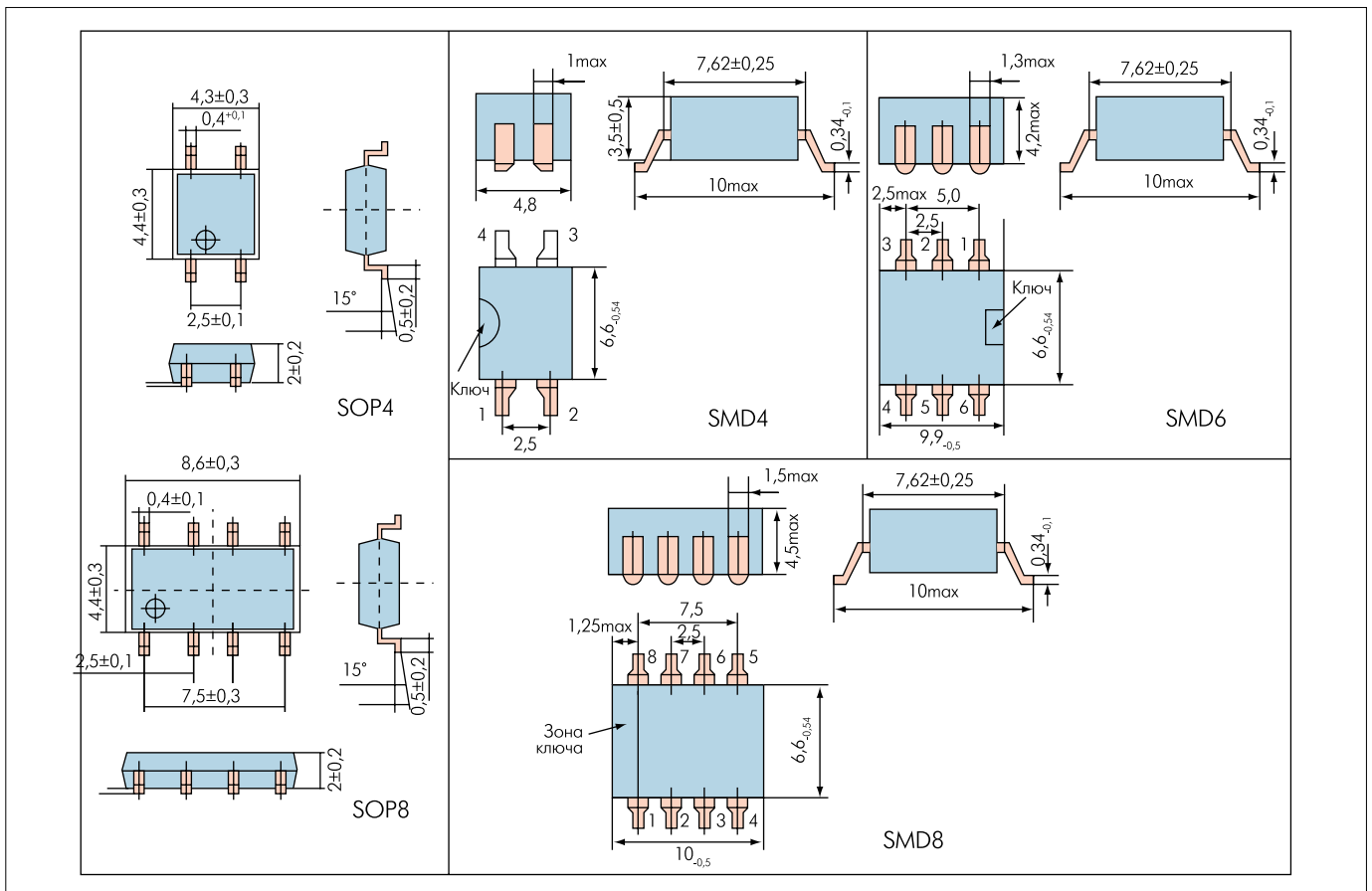


Рис.2. Чертежи корпусов SMD и SOP

линейной зависимостью тока от напряжения во включенном состоянии, причем падение напряжения на ключе не превышает 0,5 В. Выходной ключ на основе сдвоенного МОП-транзистора обеспечивает двунаправленное переключение нагрузок и допускает работу с переменным током. Условные электрические схемы твердотельных реле с выходными каскадами на МОП-транзисторах приведены на рис.1.

В России оптоэлектронные микросхемы в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа серийно не выпускались до 2005 года, когда был начат проект по освоению производства твердотельных МОП-реле и оптопар в корпусах типа SOP и SOIC. Шаг выводов таких корпусов составляет 2,54 мм (SOP) и 1,27 мм (SOIC). Их габариты значительно меньше, чем у корпусов DIP и DIP SMD: SOP4 – 4,3×4,4 мм, SOP8 – 9,38×4,4 мм при высоте 2 мм (рис.2).

Отечественные твердотельные МОП-реле в корпусах SOP отвечают требованиям директивы, ограничивающей содержание вредных веществ (RoHS). При этом их цены не намного выше цен электромагнитных и герконовых реле и сопоставимы (а по некоторым позициям даже ниже) с ценами зарубежных аналогов (0,3–1,5 долл. в зависимости от типа МОП-реле).

Применение твердотельных МОП-реле в корпусах SOP в телекоммуникационных системах позволяет уменьшить их массогабаритные показатели за счет уменьшения и уп-

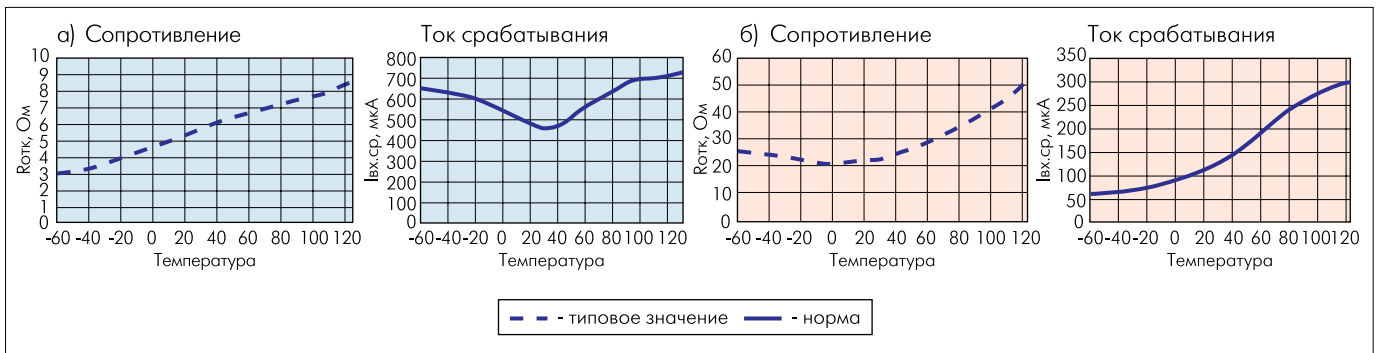


Рис.3. Результаты исследований твердотельных МОП-реле: а) PRAB34S ($U_{ком} = 200$ В, $R_{отк} = 8$ Ом, $I_{ут} = 1$ мкА; б) PRAG71S ($U_{ком} = 400$ В, $R_{отк} = 50$ Ом, $I_{ут} = 10$ мкА, $U_{вх} = 1,5$ В)

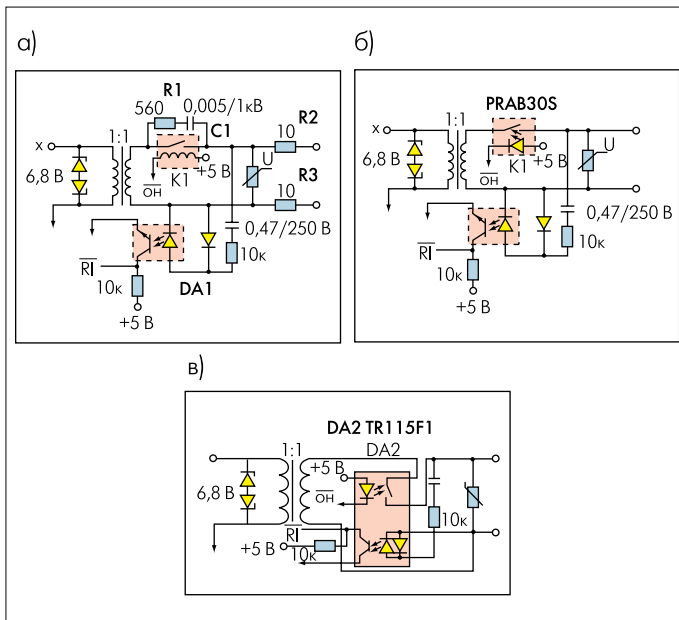


Рис.4. Электрические схемы входного устройства факс-модема или ТА с электромагнитным реле (а), твердотельным реле типа PRAB30S и оптопарой (б) и оптоэлектронной микросхемой TR115F1 (DA2) (в)

лотнения печатных плат, что особенно важно в носимой аппаратуре. Малые масса и габариты наряду с повышенной стойкостью к ударам, вибрации, температуре и влажности окружающей среды делают эти реле идеальными для использования в бортовой аппаратуре, а также в аппаратуре железнодорожной связи и автоматики.

Проведенные исследования образцов отечественных твердотельных МОП-реле в корпусах SOP подтвердили соответствие их электрических параметров заданным нормам в диапазоне температур $-60...100^{\circ}\text{C}$. Фактически их электрические параметры соответствуют нормам и при температуре 110°C , кроме сопротивления в открытом состоянии, которое увеличивается на 17–25%. Результаты исследований твердотельных МОП-реле PRAB34S и PRAG71S приведены на рис.3.

Последние 15 лет твердотельные МОП-реле широко применяются в аппаратуре телефонии – как на АТС для непосредственной замены электромагнитных реле, так и в устройствах абонентской связи – телефонных аппаратах,

таксофонах, факсах, модемах (в схемах регистрации поднятия трубки, подачи вызывного сигнала, импульсного набора номера). Электромагнитные реле в таких устройствах наиболее часто выходят из строя.

Для примера на рис.4 приведены схемы входного узла телефонного аппарата (ТА) или факс-модема с электромагнитным реле, с твердотельным реле типа PRAB30S, которым заменено электромагнитное реле, и с микросхемой TR115F1 (DA2), в которой в одном корпусе объединены МОП-реле и оптопара. Из рисунка ясно видно, что при переходе на твердотельные реле не только повышается надежность устройства, но и требуется меньше компонентов для него. Это достигнуто за счет исключения цепи подавления дребезга контактов (R1C1) и отказа от приме-

Таблица 1. Основные характеристики оптореле в корпусах SOP

Тип	Корпус	Основные электрические характеристики при 25°C			Схема оптрона	Области применения
		$U_{ком}, \text{В AD/DC}$	$I_{вых}, \text{мА AD/DC}$	$R_{оп}, \text{Ом}$		
PRAB30S	SOP4	400	100	24	1А	Системы телекоммуникации, связи, безопасности
PRAB31S	SOP4	350	120	17	1А	
PRAG71S	SOP4	400	100	20	1В	
PRAC30S	SOP8	400	85	24	2А	
PRAC31S	SOP8	350	100	17	2А	
PRAH71S	SOP8	400	60	20	2В	
PRAK74S	SOP8	400	80 (нр), 60(нз)	20	1А + 1В	Промышленные системы автоматики, контроллеры, контрольно-измерительные приборы и оборудование, модули интерфейсов, системы безопасности
TR115F1	8-выводной FLATPACKc	400	10	17	1А + оптопара	
PRAB34S	SOP4	200	180	6	1А	
PRAB37S	SOP4	60	350	0,8	1А	
PRAC34S	SOP8	200	160	6	2А	
PRAC37S	SOP8	60	320	0,8	2А	

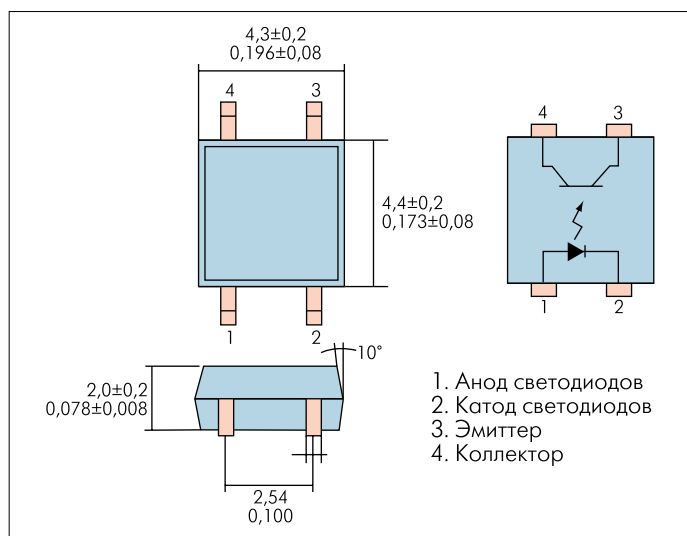


Рис.5. Размеры корпуса и назначение вывода транзисторной оптопары PB181S

нения предохранительных резисторов R2 и R3. Последнее стало возможным благодаря токоограничивающим свойствам МОП-реле, что является наиболее важным преимуществом, так как в результате перенапряжения, например при грозовом разряде, предохранительные резисторы в ТА или модеме с электромагнитным реле перегорают, что неизбежно требует ремонта. При использовании твердотельного реле такая проблема не возникает.

В числе других преимуществ такой замены – экономия места на печатной плате (особенно при монтаже МОП-реле и оптопары в одном корпусе – TR115F1), а также экономия в затратах примерно на 15% (при больших объемах производства). Электрические схемы с применением твердотельных МОП-реле используются в системах охранной и пожарной сигнализации для автоматического подключения объ-

Таблица 2. Зарубежные аналоги отечественных МОП-реле для поверхностного монтажа

Отечественный прибор	Аналоги зарубежных компаний				
	Cosmo Electronics	GCC	CLARE	NEC/CEL	Solid State Optronics
PRAB30S	KAQY214S	AQY214S	CPC1025N	PS7241-1A-A PS7200A-1A	
PRAB31S	KAQY210S	AQY210S	CPC1030N,C PC1035N	PS7241=1A-A PS7200B-1A	
*PRAB34S	KAQY217S KCP1008N	AQY217S	CPC1008N		
PRAB37S	KAQY212S	AQY212S	CPC1018N		
PRAG71S	KAQY414S	AQY414S	CPC1135N,C PC1150N	PS7241=1B-A	M212, M222
PRAC30S	KAQW214S	AQW214S			
PRAC31S	KAQW210S	AQW210S			
PRAC34S				PS7122AL-2A-A	
PRAC37S	KAQW212S	AQW212S			
PRAH71S	KAQW414S	AQW414S			
PRAK74S	KAQW614S	AQW614S			
TR115-F1H	KAQW210TS		TS117P		

* KAQY217S и AQY217S – прямые аналоги;
CPC1008N – близкий аналог с худшими характеристиками

екта к телефонной линии при срабатывании сигнала тревоги (табл.1). Кроме того, все указанные в таблице твердотельные МОП-реле могут коммутировать аналоговый сигнал частотой до 5 кГц. Это позволяет их применять для коммутации звукового сигнала в переговорных устройствах систем безопасности (домофонах, видеодомофонах), железнодорожных и транспортных системах диспетчерской связи, промышленных, торговых и прочих предприятиях.

Развить линейку твердотельных МОП-реле планируется за счет быстродействующих устройств для коммутации

Таблица 3. Твердотельные МОП-реле в корпусах SOP, рекомендуемые для замены отечественных аналогов в корпусах DIP и SMD

Тип	Корпус	Схема	Выходное напряжение $U_{оп}$, В, макс.	Выходной ток $I_{оп}$, мА, макс.	Сопротивление канала $R_{оп}$, Ом, типовое	Напряжение изоляции U, В	Рекомендуемая замена отпореле серий КР293, К449
PRAB30S	SOP4	1A	400	100	24	1500	КР293КП1Б, В; КР293КП2Б, В; КР293КП18ВР (Т); К449КП1ВР (Т)
PRAC30S	SOP8	2A	400	85	24	1500	КР293КП3Б, В; КР293КП4Б, В; К449КП3ВР (Т)
PRAB31S	SOP4	1A	350	120	17	1500	КР293КП1Б, В; КР293КП2Б, В; КР293КП18ВР (Т); К449КП1ВР (Т)
PRAC31S	SOP8	2A	350	100	17	1500	КР293КП3Б, В; КР293КП4Б, В; К449КП3ВР (Т)
PRAB37S	SOP4	1A	60	350	0,8	1500	КР293КП1А; КР293КП2Б; К449КП1АР (Т)
PRAC37S	SOP8	2A	60	320	0,8	1500	КР293КП3А; КР293КП4А
PRAG71S	SOP4	1B	400	70	20	1500	КР293КП5Б, В; КР293КП6Б, В; К449КП2ВР (Т)
PRAH71S	SOP8	2B	400	60	20	1500	КР293КП7Б, В; КР293КП8Б, В
PRAK74S	SOP8	1A + 1B	400	80/60	24/20	1500	КР293КП9Б, В; КР293КП10Б, В
TR115F1H	8-выводной FLATPACK	1A + оптопара	400	120	17	3750	К293КП17Р(Т); 5П14.32Б(Т)

Таблица 4. Электрические параметры транзисторной оптопары PB181S при 25°С

Параметр	Условия измерения	Значение		
		мин.	типичное	макс.
Вход				
прямое напряжение V_F , В	$I_F = 10$ мА	–	1,2	1,4
обратный ток I_R , мкА	$V_R = 5$ В	–	–	10
Выход				
обратное пробивное напряжение коллектор-эмиттер $V_{(BR)CEO}$, В	$I_C = 0,5$ мА	60	–	–
обратное пробивное напряжение эмиттер-коллектор $V_{(BR)ECO}$, В	$I_E = 0,1$ мА	5	–	–
обратный ток коллектор-эмиттер I_{CEO} , нА	$V_{CE} = 80$ В	–	–	100
Коэффициент передачи по току в схеме с общим эмиттером K_I , %	$I_F = 5$ мА $V_{CE} = 5$ В	80	300	600
Напряжение насыщения $V_{CE(sat)}$, В	$I_F = 10$ мА $I_C = 1$ мА	–	–	0,4
Изолирующая емкость между входом и выходом C_{ISO} , пФ	$V = 0$ $F = 1$ МГц	–	1	–
Сопротивление изоляции между входом и выходом R_{ISO} , Ом	$V = 500$ В	10^9	–	–
Среднеквадратическое значение напряжения изоляции между входом и выходом V_{ISO} , В	$I_{off} < 0,3$ мА AC, 60 с	2500	–	–
Время включения t_r , мкс Время выключения t_f , мкс	$V_{CE} = 5$ В $R_L = 100$ Ом $I_C = 2$ мА	–	–	3

аналоговых сигналов с частотой от 2 до 25 кГц (PRAB50S, PRAB51S). Эти реле имеют малые значения проходной (1 пФ) и выходной (3 пФ) емкости, а также линейную выходную характеристику. С их помощью можно будет значительно улучшить технические характеристики таких устройств, как сканеры, мультиплексоры, многоканальные устройства выборки и хранения, коммутаторы уровня сигналов, измерительное оборудование.

Твердотельные МОП-реле в корпусах SOP отечественного производства могут полностью заменить аналогичные реле зарубежных компаний. При переходе от монтажа в отверстия к автоматизированному поверхностному монтажу они способны заменять как зарубежные МОП-реле (например, PVT322A), так и отечественные реле серий K293 (KP293) и K449, выпускаемые в корпусах DIP и SMD (табл.2, 3). Кроме твердотельных МОП-реле в подобных корпусах для поверхностного монтажа поставляются оптроны, например транзисторная оптопара PB181S с отличной электрической изоляцией между входом и выходом (минимум 2500 В), высокими быстродействием и временной стабильностью электрических параметров (табл.4). Поставляется оптопара в миниатюрном корпусе SOP4 размером 4,3×4,4×2 мм (рис.5).

Основное назначение оптронов – обеспечение электрической и электростатической развязки между электронными устройствами или различными блоками одного электронного устройства. По своему назначению оптопары аналогичны трансформаторам, но при этом их стоимость (0,15–0,07 долл.) и габариты в несколько раз меньше. Наиболее распространены транзисторные оптопары.

Отечественные оптопары типа PB181S в корпусах SOP напрямую заменяют известные зарубежные аналоги: TLP181, TLP121, TLP124, PC357NT, PS2701-1, KPC357NT, HMA124, а при переходе с монтажа в отверстия на автоматизированный поверхностный монтаж – KP1010, PC817, PS2501-1, PS2561-1, TLP421, TLP521, TLP621 и отечественный оптрон AOT174. Хотя отечественные оптопары PB181S появились на рынке лишь в 2007 году, они уже нашли широкое применение в системах управления лифтами и системах безопасности (переговорных устройствах видеодомофонов). Они могут использоваться и в телекоммуникационной аппаратуре, источниках электропитания, где широко применяются подобные оптопары зарубежных производителей.

Развивать линейку оптопар в корпусах SOP и SOIC планируется за счет транзисторных оптопар на переменный входной сигнал (аналоги TLP180, KPC354NT), оптопар с базовым выводом транзистора (для замены 4N35 и AOT128), многоканальных оптопар (два и четыре канала).

В заключение отметим основные достоинства применения отечественных оптоэлектронных микросхем в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа типа SOP, SOIC:

- исключительно высокое качество изделий, достигаемое благодаря использованию технологии автоматизированной сборки, гарантирующей стабильность и повторяемость параметров, надежность изделий;
- поставка в упаковке для автоматизированного монтажа на печатные платы (в блистер-ленте на катушках или в антистатических пеналах);
- широкий диапазон рабочих температур (-55...100°С);
- соответствие европейской директиве RoHS;
- выгодные цены и сроки поставки благодаря наличию складов в России, минимизации транспортных, логистических и таможенных расходов;
- гибкость и оперативность работы с потребителями благодаря предоставлению скидок в зависимости от объема и регулярности заказов, отсрочек платежа, квотированию заказов поквартально, на полугодие и год;
- информационная и техническая поддержка, консультации технических специалистов;
- готовность расширять номенклатуру и изменять технические параметры или выполнять отбор по параметрам в соответствии с требованиями заказчиков. ○