

Вячеслав Гавриков (г. Смоленск)

USB, HDMI, ETHERNET: НИЗКОЕМКОСТНЫЕ ESD-СБОРКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ



Благодаря надежности и высокой скорости передачи **интерфейсы USB 2.0, USB 3.0, HDMI, FireWire и Ethernet** завоевали огромную популярность и стали нормой даже для самых простых электронных устройств. Защита таких интерфейсов от статических разрядов имеет целый ряд особенностей. Поэтому для этой цели необходимо использовать особые ESD-сборки. В статье дан обзор специализированных **низкоемкостных ESD-сборок Littelfuse** для защиты высокоскоростных интерфейсов.

Статические разряды с легкостью могут вывести электронику из строя. Чтобы этого не происходило, необходимо применять различные меры безопасности.

Какие средства защиты следует использовать? Это зависит от конкретного приложения. Для достижения устойчивости к мощным разрядам стоит применять газовые разрядники или

варисторы. Если требуется защита от статики низкочастотных низковольтных приложений, то идеальным выбором станут одиночные TVS-диоды и их сборки. Отдельно выделяют задачу обеспечения защиты высокоскоростных интерфейсов. Специально для этой цели компания **Littelfuse** выпускает несколько серий специализированных ESD-сборок.

Особенности защиты высокоскоростных интерфейсов

Главной отличительной чертой высокоскоростных интерфейсов является внушительная скорость передачи данных. Вот лишь несколько примеров: 10/100/1000 Мбит/с для Ethernet, 3,4 Гбит/с для одной дифференциальной пары HDMI 1.3, 480 Мбит/с для USB 2.0, 5 Гбит/с для USB 3.0. Для достижения таких частот требуются прилагать максимум усилий на всех уровнях: начиная от программного обеспечения и заканчивая физической средой передачи сигналов. При этом именно физическая реализация оказывается наиболее критическим местом.

Для получения достаточной надежности передачи данных необходимо обеспечить высокий уровень помехозащи-

Таблица 1. ESD-сборки Littelfuse для защиты высокоскоростных интерфейсов

| Наименование | Число каналов | Способ подключения | Рабочее напряжение, В | C, пФ | I _{ут} , мкА | Рейтинг (Contact Discharge, IEC61000-4-2), кВ | Корпус |
|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|-------|-----------------------|---|-------------------------------------|
| SP0502B | 2 | Униполярный | 5 | 1 | 0,5 | ±15 | SOT523 |
| SP0504S | 4 | Униполярный | 6 | 0,85 | 0,5 | ±12 | SOT23-6 |
| SRV05 | 4 | Униполярный | 6 | 2 | 0,1 | ±20 | SOT23-6 |
| SP0524P | 4 | Униполярный | 5 | 0,5 | 1,5 | ±12 | μDFN-10 |
| SP1255P | 3 | Униполярный | 4/12 | 0,5 | 0,1 | ±30 | μDFN-6 |
| SP3001 | 4 | Униполярный | 6 | 0,65 | 0,5 | ±8 | SC70 |
| SP3002 | 4 | Униполярный | 6 | 0,85 | 0,5 | ±12 | SC70, SOT23, μDFN-6 |
| SP3003 | 2/4/8 | Униполярный | 6 | 0,65 | 0,5 | ±8 | μDFN-6, SC70, SOT553, SOT563 MSOP10 |
| SP3004 | 4 | Униполярный | 6 | 0,85 | 1 | ±12 | SOT563 |
| SP3006 | 2 | Биполярный | 6 | 0,5 | 0,5 | ±8 | SOT563 |
| SP3010 | 4 | Униполярный | 6 | 0,45 | 0,5 | ±12 | μDFN-10 |
| SP3011 | 6 | Униполярный | 6 | 0,4 | 0,5 | ±8 | μDFN-14 |
| SP3012 | 2/4/6 | Униполярный | 5 | 0,5 | 1,5 | ±12 | μDFN-10, μDFN-14 |
| SP3014 | 2 | Униполярный | 5 | 1 | 1 | ±15 | μDFN-6L |
| SP3021 | 1 | Биполярный | 5 | 0,5 | 1 | ±8 | 0402 (SOD882) |
| SP3022 | 1 | Биполярный | 5,3 | 0,3 | 0,1 | ±20 | 0402 (SOD882), 0201 |
| SP3031 | 1 | Униполярный | 5 | 0,8 | 1 | ±10 | 0402 (SOD882) |
| SP5001 | 4 | Униполярный | 5 | 0,8 | 0,1 | ±15 | TDFN-10 |
| SP5002 | 6 | Униполярный | 5 | 0,8 | 0,1 | ±15 | TDFN-16 |
| SP5003 | 4 | Униполярный | 5 | 0,8 | 0,1 | ±15 | TDFN-10 |

Таблица 2. Характеристики серий ESD-сборок SP0504 и SRV05 от Littelfuse

| Наименование | Ураб, В | Число каналов | C, пФ | Uогр (ток 1 А), 8/20 μs | Ипик (8/20 μs), А | Iут, мкА | Рейтинг (Contact Discharge, IEC61000-4-2), кВ | Корпус |
|--------------|---------|---------------|-------|-------------------------|-------------------|----------|---|---------|
| SP0504SHTG | 6 | 4 | 0,85 | 9,5 | 4,5 | 0,5 | ±12 | SOT23-6 |
| SRV05-4HTG | 6 | 4 | 2 | 8,8 | 10 | 0,1 | ±20 | SOT23-6 |

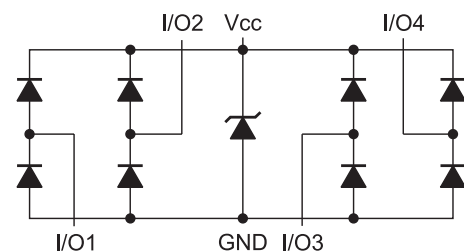
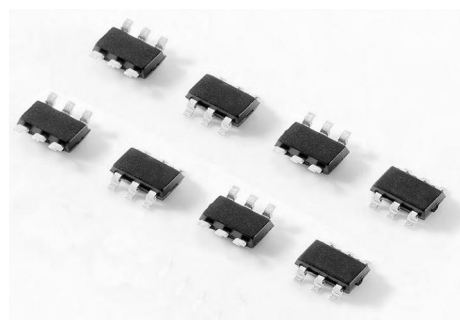


Рис. 1. Внешний вид и внутренняя структура ESD-сборок серии SP0504

ценности и целостности сигналов. По этой причине все вышперечисленные интерфейсы используют дифференциальные низковольтные линии.

В качестве физического канала выступает витая пара, в большинстве случаев — экранированная. При этом кабель должен обладать отличными характеристиками: минимальной неоднородностью параметров, идеальным согласованием проводов внутри одной пары, идеальным согласованием длин и т.д. Если между проводниками одной витой пары появится рассогласование, например различия по сопротивлению или по емкости, то это неизбежно приведет к искажению сигнала или возникновению задержек между линиями.

ETHERNET 10/100

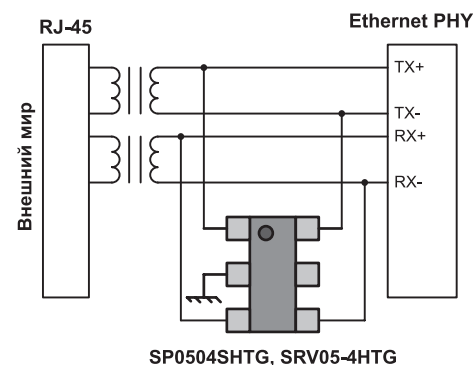
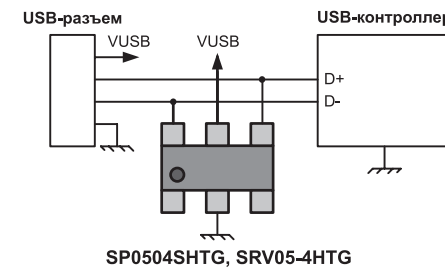


Рис. 3. Пример использования SP0504SHTG или SRV05-4HTG для защиты Ethernet 10/100

Одиночный порт
USB 1.1 Low-Speed до 1,5 Мбит/с
USB 1.1 Full-Speed до 12 Мбит/с
USB 2.0 Low-speed до 1,5 Мбит/с
USB 2.0 Full-speed до 12 Мбит/с



Сдвоенный порт
USB 1.1 Low-Speed до 1,5 Мбит/с
USB 1.1 Full-Speed до 12 Мбит/с
USB 2.0 Low-speed до 1,5 Мбит/с
USB 2.0 Full-speed до 12 Мбит/с

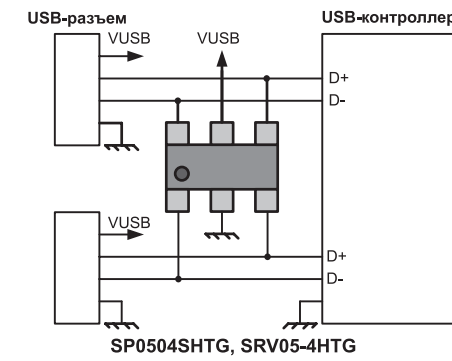
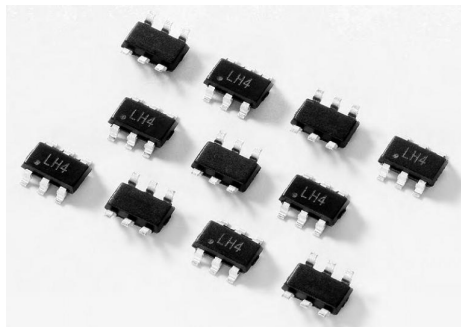


Рис. 2. Пример использования SP0504SHTG или SRV05-4HTG для защиты USB 1.1 и USB 2.0

Обычные TVS-диоды и ESD-сборки имеют, большую емкость, которая может значительно отличаться от компонента к компоненту и от канала к каналу. По этой причине их использование для защиты высокоскоростных дифференциальных интерфейсов практически исключено. Только ESD-сборки с минимальной собственной емкостью и высокой скоростью срабатывания позволят в таких случаях защититься и сохранить высокую скорость обмена данными. Чаще всего для защиты сигнальных линий высокоскоростных интерфейсов используют низкоемкостные шунтирующие диоды, подключенные к линиям земли и питания.



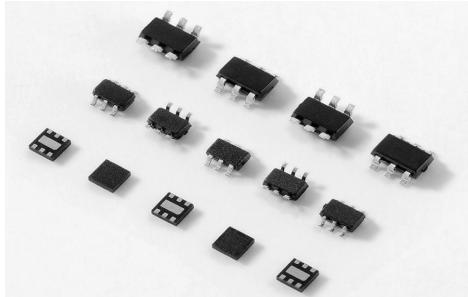
Еще одним важным требованием к компонентам является минимальный собственный ток утечки. Высокий ток утечки дополнительно подгружает выходы передатчиков, что не всегда допустимо. У TVS-диодов общего применения он, как правило, бывает слишком высоким (сотни мкА). У специализированных шунтирующих диодов ток утечки гораздо ниже и составляет десятки доли или единицы мкА.

Не стоит забывать и о значении напряжения ограничения. Чем больше разница между напряжением ограничения и рабочим напряжением - тем хуже. По этой причине использование стандартных TVS-диодов иногда оказывается бессмысленным. Например, если рабочее напряжение защитного

Рис. 4. Внешний вид и внутренняя структура ESD-сборок серии SRV05

Таблица 3. Характеристики серии ESD-сборок SP3002

| Наименование | Ураб, В | Число каналов | С, пФ | Uогр (ток 1 А), 8/20 μs | Ипик (8/20 μs), А | Iут, мкА | Рейтинг (Contact Discharge, IEC61000-4-2), кВ | Корпус |
|--------------|---------|---------------|-------|-------------------------|-------------------|----------|---|---------|
| SP3002-04HTG | 6 | 4 | 0,85 | 9,5 | 4,5 | 0,5 | ±12 | SOT23-6 |
| SP3002-04JTG | 6 | 4 | 0,85 | 9,5 | 4,5 | 0,5 | ±12 | SC70-6 |
| SP3002-04UTG | 6 | 4 | 0,85 | 9,5 | 4,5 | 0,5 | ±12 | μDFN-6 |



ETHERNET 10/100

Сдвоенный USB 2.0
USB 2.0 Low-speed до 1,5 Мбит/с
USB 2.0 Full-speed до 12 Мбит/с

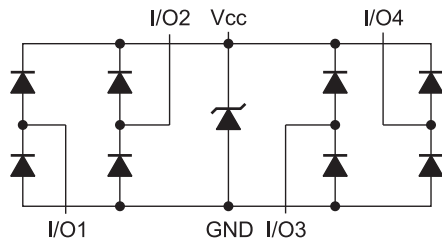


Рис. 5. Внешний вид и внутренняя структура ESD-сборок серии SP3002

диода равно 5 В, то напряжение ограничения может легко превысить 9 В, а это значение недопустимо для большинства чувствительных микросхем. Более того, большинство дифференциальных высокоскоростных интерфейсов является низковольтными (3,3 В и ниже), а TVS выпускаются для рабочих напря-

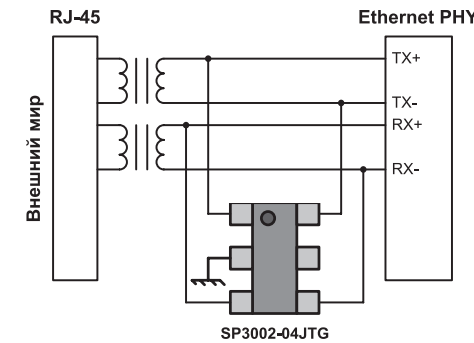


Рис. 6. Пример использования SP3002-04JTG для защиты USB 2.0 и Ethernet 10/100

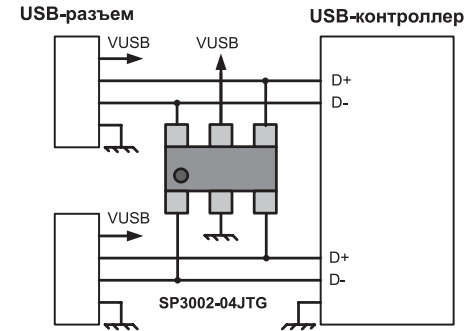


Таблица 4. Характеристики серии ESD-сборок SP3003

| Наименование | Ураб, В | Число каналов | С, пФ | Uогр (ток 1 А), 8/20 μs | Ипик (8/20 μs), А | Iут, мкА | Рейтинг (Contact Discharge, IEC61000-4-2), кВ | Корпус |
|--------------|---------|---------------|-------|-------------------------|-------------------|----------|---|---------|
| SP3003-02JTG | 6 | 2 | 0,65 | 10 | 2,5 | 0,5 | ±8 | SC70-5 |
| SP3003-02UTG | 6 | 2 | 0,65 | 10 | 2,5 | 0,5 | ±8 | μDFN-6L |
| SP3003-02XTG | 6 | 2 | 0,65 | 10 | 2,5 | 0,5 | ±8 | SOT553 |
| SP3003-04ATG | 6 | 4 | 0,65 | 10 | 2,5 | 0,5 | ±8 | MSOP-10 |
| SP3003-04JTG | 6 | 4 | 0,65 | 10 | 2,5 | 0,5 | ±8 | SC70-6 |
| SP3003-04XTG | 6 | 4 | 0,65 | 10 | 2,5 | 0,5 | ±8 | SOT563 |
| SP3003-08ATG | 6 | 8 | 0,65 | 10 | 2,5 | 0,5 | ±8 | MSOP-10 |

Таблица 5. Характеристики серии ESD-сборок SP3012

| Наименование | Ураб, В | Число каналов | С, пФ | Uогр (ток 1 А), 8/20 μs | Ипик (8/20 μs), А | Iут, мкА | Рейтинг (Contact Discharge, IEC61000-4-2), кВ | Корпус |
|--------------|---------|---------------|-------|-------------------------|-------------------|----------|---|---------|
| SP3012-03UTG | 5 | 3 | 0,5 | 6,6 | 4 | 1,5 | ±12 | μDFN-6 |
| SP3012-04UTG | 5 | 4 | 0,5 | 6,6 | 4 | 1,5 | ±12 | μDFN-10 |
| SP3012-06UTG | 5 | 6 | 0,5 | 6,6 | 4 | 1,5 | ±12 | μDFN-14 |
| SP3012-04HTG | 5 | 4 | 0,5 | 6,6 | 4 | 1,5 | ±12 | SOT23-6 |

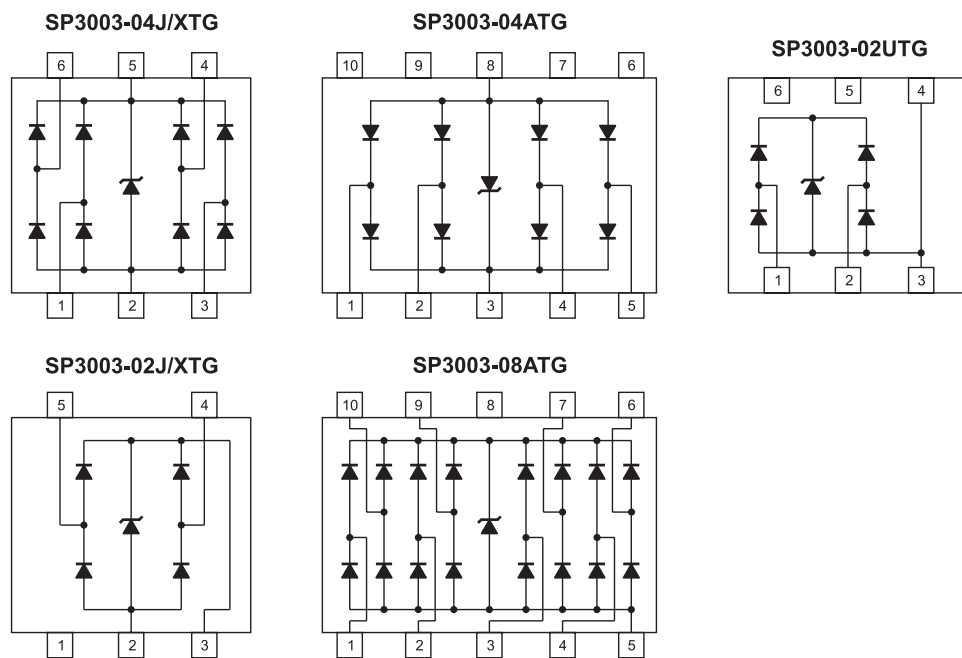
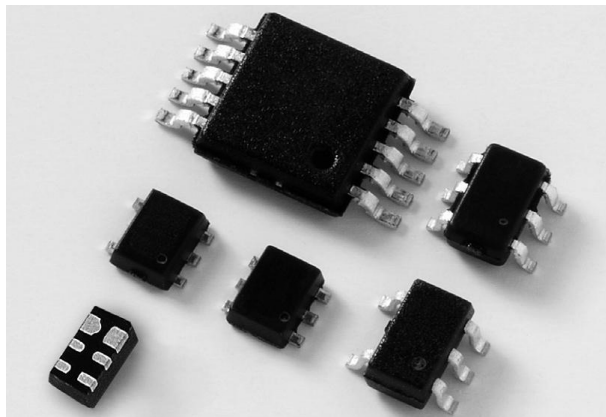


Рис. 7. Внешний вид и внутренняя структура ESD-сборок серии SP3003

или несколько TVS-диодов, подключенных на линии питания интерфейсов. Именно по такой схеме и выполнено большинство сборок Littelfuse.

Обзор ESD-сборок Littelfuse для защиты высокоскоростных интерфейсов

В предыдущем разделе в общих чертах были сформулированы основные

Сдвоенный USB 2.0
USB 2.0 Low-speed до 1,5 Мбит/с
USB 2.0 Full-speed до 12 Мбит/с
USB 2.0 High-speed до 480 Мбит/с

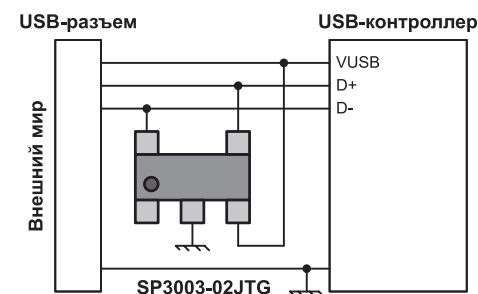


Рис. 8. Пример использования SP3003-02JTG для защиты USB 2.0 High-Speed

требования к ESD-сборкам, используемым для защиты высокоскоростных интерфейсов. Все эти требования соблюдены в продукции Littelfuse:

- минимальная собственная емкость: 0,4...2 пФ на канал;
- минимальный ток утечки: 0,1...1,5 мкА;
- высокий рейтинг защиты: 8...20 кВ при контактном разряде, что выше, чем требования, прописанные в МЭК61000-4-2 (IEC61000-4-2);
- минимальное различие между рабочим напряжением и напряжением ограничения за счет использования низкоемкостных шунтирующих диодов;
- большинство сборок включает в себя не только низкоемкостные шунтирующие диоды, но и ограничительный TVS-диод по питанию;
- различное число каналов помогает находить подходящую сборку на заданное число защищаемых дифференциальных линий;
- миниатюрные габаритные размеры от SOT23-6 до 0402 (SOD882).

Номенклатура Littelfuse содержит два десятка серий ESD-сборок (таблица 1). Большинство из них представляет собой схемы, предназначенные для защиты униполярных дифференциальных линий. В данном случае надо понимать, что под словом «униполярный» имеется в виду способ подключения сборки, но сама сборка осуществляет защиту от перенапряжений обоих полярностей, то есть и от отрицательных импульсов.

Каждая из приведенных серий имеет достаточно четкую специализацию. Наибольшее распространение получили недорогие и компактные серии, применяемые для защиты популярных интерфейсов: USB2.0, USB3.0, HDMI и Ethernet.

Популярные серии низкоемкостных ESD-сборок Littelfuse

Серия **SP0504** — четырехканальная сборка, которая включает в себя низкоемкостные шунтирующие диоды и общий для всех каналов TVS-диод для защиты от помех по линиям питания (рисунок 1). Важным достоинством серии является сертификация в соответствии с AEC-Q101 для автомобильных приложений.

Собственная емкость таких ESD-сборок составляет всего 0,85 пФ, а ток утечки — 0,5 мкА (таблица 2). Как было сказано выше, именно по этой причине SP0504 практически не искажает сигналы и не вносит значительного рассогласования в дифференциальные линии при защите высокоскоростных интерфейсов.

Благодаря отличным характеристикам и наличию четырех каналов SP0504 может использоваться для защиты «медленных» версий популярных интерфейсов (USB 1.1, USB 2.0, Ethernet 10/100).

Например, **SP0504SHTG** станет идеальным выбором для защиты USB 1.1 во всех режимах работы: с низкой пропускной способностью (Low-Speed) до 1,5 Мбит/с и с высокой пропускной способностью (Full-Speed) до 12 Мбит/с.

SP0504SHTG может применяться и для USB 2.0 в низкоскоростных режимах: Low-speed до 1,5 Мбит/с (например, в клавиатурах и мышах), Full-speed до 12 Мбит/с (например, в аудио- и видеоустройствах).

На физическом уровне протоколов USB 1.1 и USB 2.0 используется одна дифференциальная пара (линии D+ и D-). Каждая линия USB подключается к отдельному каналу SP0504SHTG (рисунок 2). Кроме того, к линиям питания подключаются выводы внутреннего TVS-диода с рабочим напряжением 6 В и напряжением ограничения 9,5 В. Дополнительным преимуществом SP0504SHTG является возможность защиты пары портов USB с помощью

одной сборки благодаря наличию четырех каналов (рисунок 2).

Наличие четырех каналов делает возможным использование SP0504SHTG для защиты Ethernet 10/100 (рисунок 3). Физически Ethernet 10/100 реализован в виде двух дифференциальных пар: передачи TX+ и TX-, приема RX+ и RX-. Каждая из линий подключается к отдельному каналу SP0504SHTG (рисунок 3). В данном случае вывод TVS-диода остается неподключенным.

Серия **SRV05** включает в себя одного представителя – **SRV05-4HTG**. Это четырехканальная ESD-сборка, объединяющая в себе низкоомные шунтирующие диоды и TVS-диод по питанию (рисунок 4).

По своей структуре и по корпусному исполнению сборка SRV05-4HTG полностью идентична уже рассмотренной сборке SP0504SHTG. По характеристикам они также близки (таблица 2). Собственная емкость SRV05-4HTG выше (2 пФ), но зато она обеспечивает более высокий рейтинг защиты до 20 кВ, при этом допустимый ток ограничения у нее оказывается в два раза больше.

Стоит отметить, что сборка SRV05-4HTG не сертифицирована в соответствии с AEC-Q101. В итоге можно утверждать, что области применения у SRV05-4HTG и SP0504SHTG практически совпадают, но SRV05-4HTG следует применять для более ответственных неавтомобильных приложений. При этом схемы подключений остаются точно такие же, как и для SP0504SHTG (рисунки 2, 3).

Серия **SP3002** – группа четырехканальных сборок с шунтирующими низкоомными диодами и общим TVS-диодом ограничения (рисунок 5).

По внутренней структуре данная серия идентична двум сериям, рассмотренным выше. Более того, SP3002-04HTG и SP0504SHTG имеют практически идентичные характеристики и полную поыводную совместимость (таблица 3). Единственное отличие между ними заключается в том, что SP3002-04HTG не имеет сертификации AEC-Q101.

Кроме корпусного исполнения серии SP3002 можно привести организацию защиты портов USB 2.0 и Ethernet с помощью SP3002-04JTG (корпус SC70-6) и SP3002-04UTG (корпус μ DFN-6).

В качестве примера использования серии SP3002 можно привести организацию защиты портов USB 2.0 и Ethernet с помощью SP3002-04JTG (рисунок 6).

SP3003 – группа многоканальных ESD-сборок с низкой собственной емкостью 0,65 пФ. Все они построены по уже привычной схеме: низкоомные шунтирующие диоды и общий ограничительный TVS для линий питания (рисунок 7).

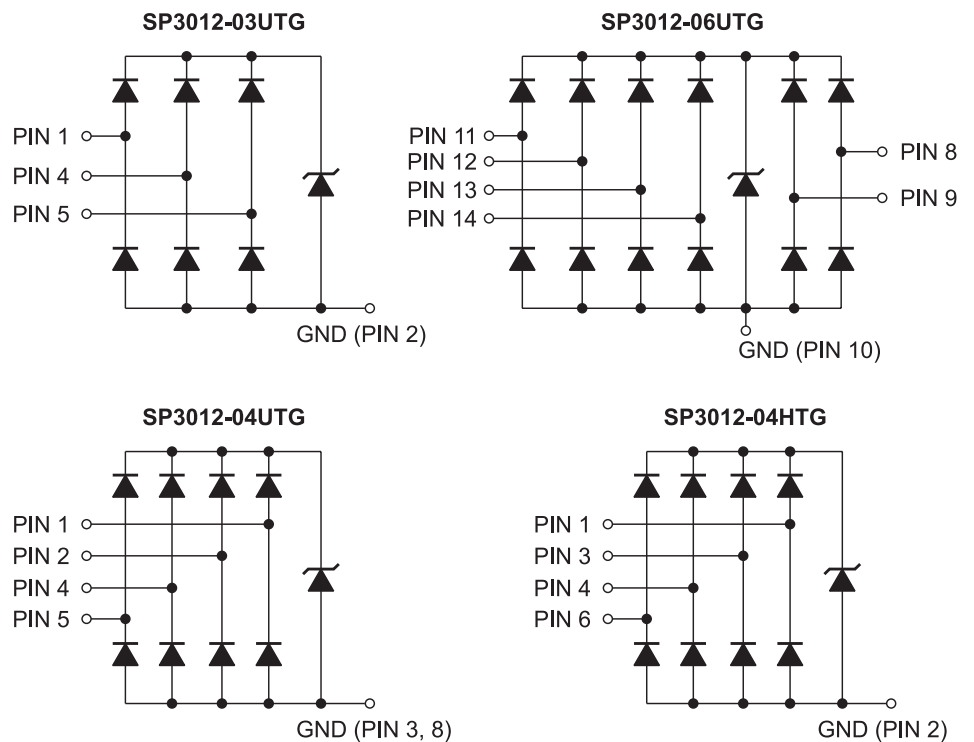
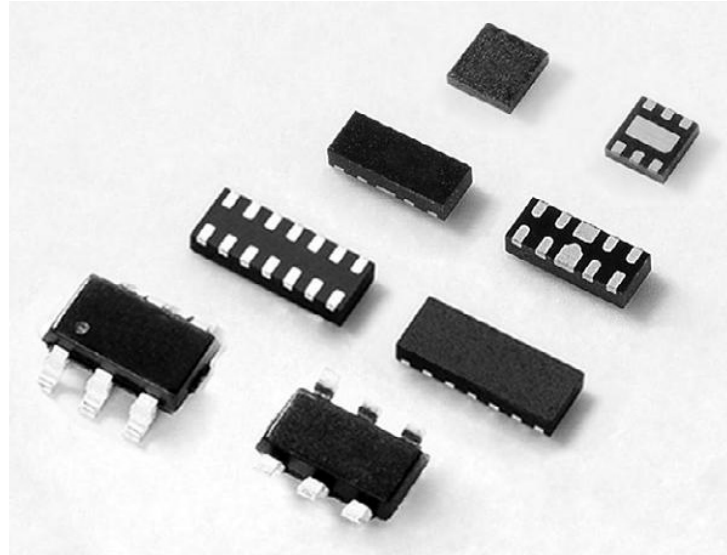


Рис. 9. Внешний вид и внутренняя структура ESD-сборок серии SP3012

Серия включает семь представителей с различным числом каналов и различными корпусными исполнениями (таблица 4): двухканальные **SP3003-02JTG**, **SP3003-02UTG** и **SP3003-02XTG**, четырехканальные **SP3003-04ATG**, **SP3003-04JTG** и **SP3003-04XTG** и восьмиканальные **SP3003-08ATG**.

Минимальная емкость и низкий ток утечки позволяют применять SP3003 в скоростных интерфейсах USB 2.0, DVI и Ethernet. При этом, в отличие от рассмотренных выше серий, SP3003 может использоваться и для защиты USB High-Speed со скоростью передачи до 480 Мбит/с, и даже для Gigabit Ethernet. В качестве примера на рисунке 8 приведена организация защиты USB 2.0 с помощью SP3003-02JTG.

Серия **SP3012** – группа многоканальных ESD-сборок с типовой емкостью каналов всего 0,5 пФ. Рекордно низкая емкость делает данную серию идеальным выбором для защиты наиболее высокоскоростных интерфейсов.

В настоящий момент серия объединяет в себе четырех представителей: трехканальную сборку **SP3012-03UTG**, четырехканальные **SP3012-04UTG** и **SP3012-04HTG**, шестиканальную **SP3012-06UTG** (рисунок 9, таблица 5).

Все представители данной группы имеют рейтинг защиты 12 кВ по МЭК61000-4-2, типовую емкость 0,5 пФ и небольшой ток утечки 1,5 мкА. Важно отметить, что рабочее напряжение встроенного TVS составляет 5 В, а напряжение ограниче-

Таблица 6. Рекомендованные приложения низкоемкостных ESD-сборок производства компании Littelfuse

| | С низкой емкостью | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|---------|-------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| | SP0502B | SP0504S | SRV05 | SP0524P | SP1255P | SP3001 | SP3002 | SP3003 | SP3004 | SP3006 | SP3010 | SP3011 | SP3012 | SP3014 | SP3021 | SP3022 | SP3031 | SP5001 | SP5002 | SP5003 | |
| DVI | | | | | | + | + | + | + | + | | | | | | + | | | | | + |
| Digital Camera | | + | | + | | + | + | + | + | + | | | | | | + | | | | | |
| USB 1.1 | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| USB 2.0 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | | | | |
| USB 3.0 | | | | + | | | | | | + | + | + | + | | + | + | | | | | |
| IEEE1394 | | + | + | + | | + | + | + | + | + | + | | | | + | | + | | | | |
| HDMI | + | + | | + | | + | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | + | + | | | + |
| eSATA | | | | | | | | | | | | | + | | + | + | | | | | |
| ЖК-мониторы | + | | + | + | | + | + | + | + | | | | | | + | + | + | + | | | |
| ЖК портативной электроники | + | | + | + | | | | | | | | | | | | + | + | + | | | |
| MIPI | | | | | | | | | | | | | | | + | + | + | + | + | + | + |
| Ethernet | | + | + | | | + | + | + | + | | | | + | + | | | + | | | | |
| T1/E1/T3/E3 | | | | | | + | + | + | + | | | | + | | | | | | | | |

ния — всего 6,6 В (при токе импульса до 1 А).

Благодаря минимальной емкости и малым утечкам SP3012 могут использоваться для защиты таких высокоскоростных интерфейсов как USB 3.0, eSATA и HDMI.

Интерфейс USB 3.0 использует три дифференциальных пары для передачи. Две скоростные пары SSTX± и SSRX± нужны для передачи данных со скоростью до 5 Гбит/с. Еще одна пара D± необходима для обратной совместимости с USB 2.0 и USB 1.1, по ней данные передаются с о скоростью до 480 Мбит/с. Таким образом, для организации защиты USB 3.0 нужна шестиканальная быстродействующая низкоемкостная сборка. В данном случае идеальным выбором станет SP3012-06UTG в миниатюрном корпусном исполнении

микрокорпусном исполнении μ DFN-14 (рисунок 10).

Еще более высоких скоростей передачи данных позволяет достигать интерфейс HDMI. Он использует три дифференциальных пары данных D0±, D1±, D2± и дифференциальную пару для передачи тактового сигнала CLK±. Скорость передачи данных для каждого из каналов достигает 3,4 Гбит/с, а суммарная пропускная способность HDMI составляет 10,2 Гбит/с. Для защиты этого интерфейса идеально подходит схема с двумя четырехканальными сборками SP3012-04UTG в корпусном исполнении μ DFN-10 (рисунок 10).

В статье были приведены примеры использования различныхборок. Однако это были лишь частные приложения. Каждая из серий может использовать-

ся и для защиты других интерфейсов. Ниже представлена сводная таблица 6, с указанием рекомендованных приложений для каждой из серий низкоемкостных ESD-сборок от Littelfuse.

Заключение

Для защиты высокоскоростных интерфейсов от статики необходимо использовать низкоемкостные ESD-сборки с минимальными токами утечки. Компания Littelfuse предлагает широкий выбор таких компонентов.

Номенклатура Littelfuse включает несколько серий ESD-сборок с различными характеристиками для защиты наиболее популярных интерфейсов USB 1.1, USB 2.0, USB 3.0, HDMI, Ethernet, DVI, FireWire и других.

Отличительными чертами ESD-сборок Littelfuse являются: низкая емкость (от 0,5 пФ), минимальные токи утечки (от 0,3 мкА), высокий рейтинг защиты МЭК 61000-4-2 (не ниже 8 кВ при контактном разряде), одноканальные и многоканальные исполнения в миниатюрных корпусах.

Литература

1. TVS Diode Array. Transient Voltage Suppression SPA® Diode. PRODUCT CATALOG & DESIGN GUIDE. 2013, Littelfuse.
2. ESD Protection Products Brochure. 2012, Littelfuse.
3. ESD Suppression Protection Design Guide. 2009, Littelfuse.
4. <http://www.littelfuse.com/>

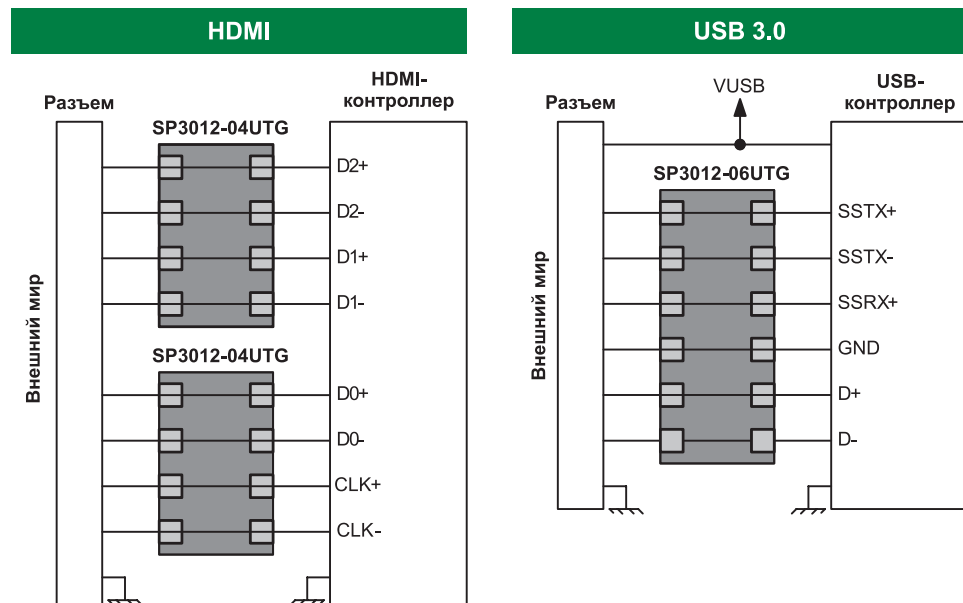


Рис. 10. Пример использованияборок SP3012 для защиты USB 3.0 и HDMI

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