

Элементы BOURNS для защиты от статического электричества и переходных процессов

Владимир РЕНТЮК
Rvk.modul@gmail.com

Несмотря на широкое внедрение беспроводных технологий и оптоволоконных систем передачи информации, обычные проводные линии связи не только остаются востребованными, но и не собираются сдавать свои позиции в будущем. Для них не требуется дорогая инфраструктура, они не зависят от особенностей распространения радиоволн, не ограничены каналами в выделенном частотном спектре и, если это замкнутая сеть, менее подвержены стороннему вмешательству. В индустриальной сфере такие линии часто уже проложены, менять их не только нецелесообразно, но часто и невозможно. Однако у проводных систем есть своя ахиллесова пята — подключенное к ним оборудование требует защиты от воздействия внешних электромагнитных помех, статического электричества и наведенных перенапряжений. В предлагаемой статье основное внимание будет сосредоточено на элементах компании BOURNS, обеспечивающих защиту от статического электричества и переходных процессов.

Системы связи подвержены повреждениям от скачков напряжения на линиях, порожденных теми или иными причинами — разрядами статического электричества, наводками от внешних источников или переходными процессами, например при включении/выключении мощных индуктивных нагрузок, в том числе и наведенными. Поскольку такие системы постоянно усложняются в части используемых протоколов интерфейсов, они становятся и более уязвимыми (рис. 1). Для того чтобы найти оптимальное решение, разработчику приходится балансировать между стоимостью системы защиты, выполнением требований стандартов и надежностью защиты данных систем в местах эксплуатации. Не следует забывать и тот факт, что устойчивость к внешним электромагнитным воздействиям — это часть требований по электромагнитной совместимости (ЭМС) [1] и обеспечению целостности сигнала (в *англ.* терминологии — Signal Integrity, под этим термином понимается наличие достаточных для безошибочной передачи качественных характеристик электрического сигнала). Все это является как коммерческой, так и технической проблемой, которая усугубляется дополнительными ограничениями, связанными с все возрастающей производительностью современных цифровых сетей.

То, что мы называем «скачок», — это временное увеличение напряжения, тока или того и другого. Такие события, как правило, происходят через прямой контакт, но могут быть следствием наводки

по полю или через резистивную связь, что приводит к широкому спектру угроз [2].

Опасности воздействия высоких напряжений и больших токов очевидны, но важно учитывать и время их воздействия, что также влияет на выбор компонента защиты. Если время воздействия мало, то нагрев элемента защиты не станет критическим, но для более длительных воздействий это может иметь опасные последствия в виде деградации или выхода элемента защиты из строя. Это окажет негативное влияние на сохранение работоспособности и безопасность не только в системе защиты (она, как правило, не ограничивается одним элементом, причина будет пояснена позже), но и, что естественно, непосредственно на функционирование защищаемого устройства в целом.

Защита выполняет несколько ключевых функций. Во-первых, она должна предотвращать или сводить к минимуму ущерб, вызванный скачком напряжения, затем мы должны быть уверенными, что система возвращается в рабочее состояние с минимальным перерывом в обслуживании. Кроме того, чрезвычайно важно, чтобы в нормальных условиях защита не мешала сигналу и не создавала особые проблемы для передачи информации, в том числе и для цифровых технологий. И не забываем о том, что во время перенапряжения защита должна срабатывать безопасным способом. В практике автора статьи был забавный случай, когда один из его инженеров спроектировал устройство с такой развитой защитой (как говорится, на все случаи жизни) — буквально с защитой от срабатывания защиты, — что оно просто не включалось. Вывод: всего должно быть в меру, кроме того, считать деньги тоже необходимо, капитализм — это еще больший учет и контроль, чем социализм.

При выборе защиты от перенапряжения следует рассмотреть, от чего нужно защищать оборудование. Интегральные схемы (ИС) обычно рассчитаны на контактное напряжение 1–2 кВ, чтобы защитить их от возможных инцидентов при сборке печатной платы. Стандарт IEC 61000-4.2 определяет модели человеческого тела до 8 кВ для электростатического разряда, которые могут иметь место в переносном оборудовании. Защита ИС со степенью жесткости 1 является вторичной ступенью защиты — там, где требуется первичная защита от импульсов со степенью жесткости 8 кВ. К тому же устройство защиты от электростатического разряда имеет определенное время реакции, связанное с ним, при испытаниях в условиях высокого

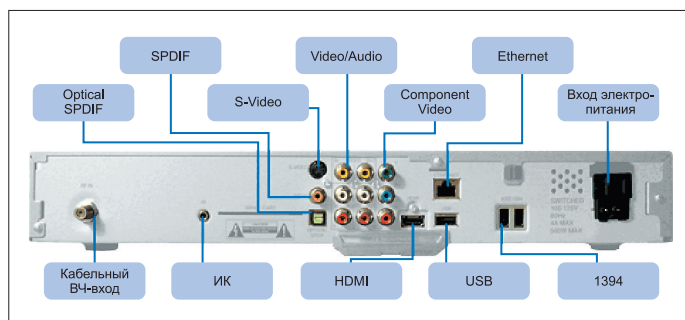


Рис. 1. Типовые интерфейсы современной аппаратуры, где защита от электростатического разряда и наведенных ЭМП имеет решающее значение

Таблица 1. Степени жесткости испытаний по ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2:2008)

Контактный разряд		Воздушный разряд	
Степень жесткости	Испытательное напряжение, кВ	Степень жесткости	Испытательное напряжение, кВ
1	2	1	2
2	4	2	4
3	6	3	8
4	8	4	15
X*	Специальное	X*	Специальное

Примечание.

X* — открытая степень жесткости испытаний. Испытательное напряжение должно быть указано в технической документации на ТС конкретного вида. Если установлено более высокое испытательное напряжение, чем указано для степеней жесткости, необходимо использовать специальное испытательное оборудование.

dV/dt (8 кВ/нс), что, в свою очередь, может определить повышение требований, предъявляемых к защитному устройству. Поэтому важно убедиться, что схема защиты микросхемы, входа (порта) или устройства в целом может поддерживать те или иные пиковые напряжения и токи.

Исходя из сказанного, мы, как инженеры, первым делом обращаемся к нормативам. Основными в данной сфере для нас будут стандарты и, конечно же, проведение анализа рисков, соответствующего проектируемой продукции или системе:

- ГОСТ IEC 60950-1-2014 «Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования». Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60950-1:2013 Information technology equipment — Safety — Part 1: General requirements.
- ГОСТ IEC 60950-21-2013 «Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 21. Удаленное электропитание». Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60950-21:2002 Information technology equipment — Safety — Part 21: Remote power feeding. Важность этого стандарта возрастает в связи с расширением использования технологии PoE — питания через Ethernet, что особенно актуально в индустриальной сфере, применяется совместно со стандартом ГОСТ IEC 60950-1.
- ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2:2008) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний». Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту IEC 61000-4-2:2008 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity test, однако в части установленных требований — идентичен. Этот стандарт определяет требования по степени жесткости.

Таблица 2. Параметры импульса разрядного тока при контактном разряде по ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2:2008)

Степень жесткости испытаний	Испытательное напряжение, кВ	Ток первого максимума ($\pm 15\%$), А	Время t_r нарастания ($\pm 25\%$), нс	Ток разряда при 30 нс ($\pm 30\%$), А	Ток разряда при 60 нс ($\pm 30\%$), А
1	2	7,5	0,8	4	2
2	4	15	0,8	8	4
3	6	22,5	0,8	12	6
4	8	30	0,8	16	8

- ГОСТ IEC 61000-4-4-2016 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к электрическим быстрым переходным процессам (пачкам)». Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61000-4-4:2012 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and measurement techniques — Electrical fast transient/burst immunity test, IDT.
- ГОСТ IEC 61000-4-5-2017 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-5. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к выбросу напряжения». Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61000-4-5:2014 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and measurement techniques — Surge immunity test, IDT.
- ГОСТ IEC 61643-21-2014 «Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 21. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к телекоммуникационным и сигнационным сетям. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний». Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61643-21:2012 Low voltage surge protective devices — Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks — Performance requirements and testing methods.
Если рассматривать устойчивость к электростатическим разрядам, то для ис-

пытаний оборудования на устойчивость к электростатическим разрядам стандартом ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2:2008) установлена степень жесткости испытаний, указанная в таблице 1.

Параметры импульса разрядного тока при контактном разряде согласно ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2:2008) представлены в таблице 2.

При этом форма контактного разряда, например, для степени жесткости 2 (напряжение 4 кВ) имеет вид, представленный на рис. 2.

Кроме того, в остальных стандартах устанавливаются дополнительные или специфические требования, например, как модель человеческого тела или модель оборудования реагирует на внешние воздействия. И не забываем, что у ответственного разработчика будут учтены все факторы и риски. Как можно видеть, требований много, и это еще раз подчеркивает то, что было сказано выше: решение для защиты на базе одного устройства возможно далеко не всегда. Если рассматривать основные доступные нам защитные элементы, здесь мы можем выделить четыре основных вида с типовыми характеристиками, которые представлены в таблице 3 [4].

Что касается компании BOURNS, то она с этой целью освоила и предлагает целый ряд продуктов. Среди них можно выделить следующие.

Устройства защиты от перенапряжения:

- Семейства газовых разрядников (Gas Discharge Tubes, GDT), которые создают квазикороткое замыкание по линии, когда при перенапряжении достигается

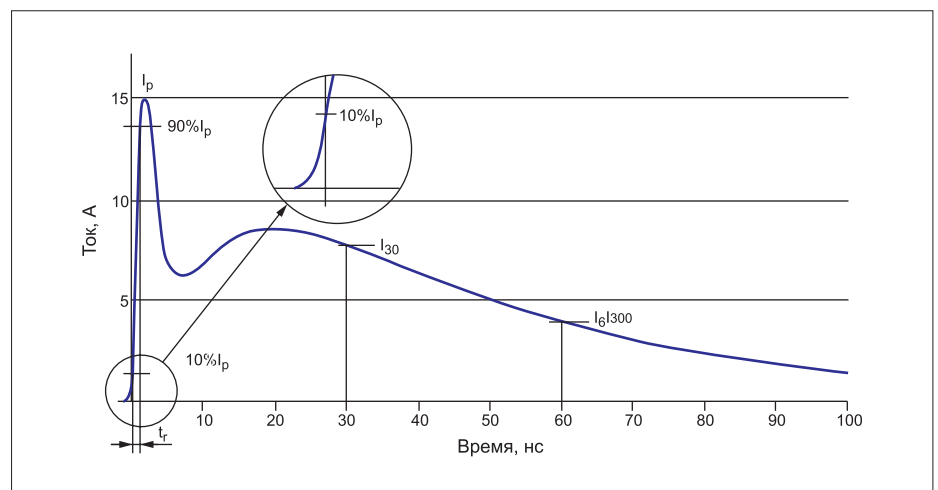


Рис. 2. Форма разрядного тока испытательного генератора (контактный разряд, испытательное напряжение 4 кВ) по ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2:2008)

Таблица 3. Сравнительный анализ защитных ограничителей напряжения

Параметр	Газовые разрядники	Защитные тиристоры	Варисторы, объемные	Обычные TVS-диоды	Специальные TVS-диоды
Уровень пиковых токов	высокий	средний	высокий	средний	средний
Минимальное напряжение включения, В	75	8	6	6	~3
Точность напряжения включения	низкая	высокая	низкая	высокая	высокая
Эффективность ограничения выбросов напряжения	средняя	высокая	средняя	высокая	высокая
Типовая емкость, пФ	~1,5	~30	~1400	~100	0,2
Соотношение «пиковый ток/габариты»	низкое	среднее	высокое	среднее	высокое
Время срабатывания	большое	среднее	большое	малое	сверхмалое

ионизация наполняющего их газа, потом они опять возвращаются к состоянию высокого импеданса. Эти надежные устройства имеют самый высокий рейтинг по импульсному току в сочетании с малой собственной емкостью, что делает их очень привлекательными для защиты как линий «старых» технологий, так и современных высокоскоростных цифровых линий.

- Семейство устройств на основе тиристоров TISP, которые сначала ограничивают напряжение в линии, а затем переключаются в проводящее состояние при низком напряжении. После скачка напряжения, когда ток падает ниже тока удержания, устройство возвращается в исходное состояние высокого импеданса.
- Семейство диодов подавления переходных напряжений (Transient Voltage Suppressor, TVS), которые работают за счет быстрого перехода от высокого импеданса к нелинейной характеристике сопротивления, ограничивающей скачки напряжения. TVS-диоды являются универсальными продуктами широкого назначения — они малогабаритные, обеспечивают быстрое и хорошо контролируемое напряжение ограничения, однако (большинство из них) обладают относительно высокой емкостью и низким уровнем поглощения и энергозатратами, что ограничивает максимальный импульсный ток. Тем не менее эти устройства находят самое широкое применение и выигрывают по сравнению с обычными диодами и тем более с распространенными стабилитронами. Что касается ограничения по емкости, компания BOURNS предлагает двунаправленные TVS-диоды с типовыми емкостями 1 пФ, например серию CDSOD323-TxxLC Series [3], специально созданную для защиты высокоскоростных цифровых линий передачи данных, а по току компания предлагает диоды, способные принять токи, превышающие 100 А [2].
- Устройства защиты от недопустимых токов: Хорошо известные разработчикам и не нуждающиеся в особой рекламе полимерные самовосстанавливающиеся предохранители Multifuse. Они представляют собой полимерные термисторы с положительным коэффициентом (Polymer Positive Temperature Coefficient, PPTC) и имеют самое широкое применение. В условиях большого тока сопротивление

такого предохранителя будет увеличиваться на много порядков и оставаться в таком состоянии, обеспечивая непрерывную защиту цепи до устранения неисправности. После устранения неисправности и некоторого времени остывания предохранитель вернется в свое нормальное состояние с низким сопротивлением.

- Там, где нужно срабатывание без восстановления, хорошим выбором будет семейство Telefuse (Telecom Fuses — предохранители для телекоммуникационных линий), они представляют собой обычные плавкие предохранители, но заключены в керамический корпус. Предохранитель нагревается со скоростью, описываемой интегралом Джоуля (I^2t). Как только температура элемента превышает температуру плавления, он испаряется и размыкает цепь. Для разработчиков преимуществом здесь становится низкое сопротивление таких предохранителей.
- Защита от разрядов статического электричества и наведенных перенапряжений:
- Семейство защитных устройств от разрядов статического электричества ESD ChipGuard состоит из многослойных варисторов (multilayer varistor, MLV). Эту серию отличают низкие токи утечки, которые делают устройства незаметными при нормальной работе. Переходные электростатические разряды приводят к тому, что устройство ограничивает напряжение, уменьшая свое эффективное сопротивление, и переходит в состояние высокого импеданса после подавления помех. Семейство продуктов ChipGuard разработано для защиты оборудования, такого как порты связи, в соответствии с требованиями стандарта IEC61000-4-2, Level 4. Кроме того, варисторы этой технологии имеют емкости до 0,05 пФ, например CG0402MLU/CG0603ML [6], что позволяет использовать их для защиты самых высокоскоростных цифровых линий. Портативные беспроводные устройства, в частности сотовые телефоны, ноутбуки и планшетные компьютеры, часто имеют порты данных и/или аудио, в которых для защиты от электростатического разряда используются именно многослойные варисторы ChipGuard. Кроме того, компания BOURNS предлагает интегрировать резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, диоды и транзисторы в единое

монолитное устройство с минимальными накладными расходами.

- Для защиты от электростатических разрядов компания BOURNS предлагает также семейство диодных матриц. Используя технологию тонких пленок на кремниевых пластинах в сочетании с упаковкой в масштабе кристалла (Chip Scale Packaging), такие устройства обычно находят применение в приложениях для портативной электроники, где заказчик указал конкретную характеристику электрического отклика.
- Объемные силовые металлооксидные (Metal Oxide Varistor MOV) варисторы, выполненные на основе оксида цинка (ZnO) с небольшим содержанием висмута, кобальта, магния и других элементов, образующих микрогранулы. В местах соприкосновения микрогранул варистора возникает эффект проводимости. Так как количество гранул в объеме варистора очень велико, поглощаемая варистором энергия значительно превышает энергию, которая может пройти через единичный $p-n$ -переход в диодах. В процессе протекания тока через варистор весь проходящий заряд равномерно распределяется по всему объему. Таким образом, количество энергии, которую может поглотить варистор, напрямую зависит от его объема и может достигать больших величин. Однако такие варисторы подвержены временной деградации.
- Гибридный компонент защиты от перенапряжения GMOV, сочетающий компактный газовый разрядник с металлооксидным объемным варистором [12]. Это улучшенное решение для защиты, которое помогает преодолеть проблемы деградации и катастрофических сбоев, возникающих в дискретных MOV в том случае, если они подвержены кратковременным скачкам напряжения или более длительному перенапряжению, превышающему их максимальные номинальные значения. Гибридные варисторы отличаются малой собственной емкостью и могут использоваться не только для защиты линий питания, но и на высокоскоростных линиях данных. Задача данной статьи не объять необъятное (а именно такова номенклатура защитных устройств, предлагаемых компанией BOURNS), а сосредоточиться на двух наиболее широко используемых компонентах — TVS-диодах и обычных варисторах. Рассмотрению инновационных гибридных элементов будет посвящена отдельная публикация.

TVS-диоды

Уже много лет кремниевые TVS-диоды используются в качестве стандартных защитных устройств, часто их путают со стабилитронами, что в корне неверно. TVS-диоды представляют собой твердотельные устройства, выполненные на базе $p-n$ -перехода, спе-

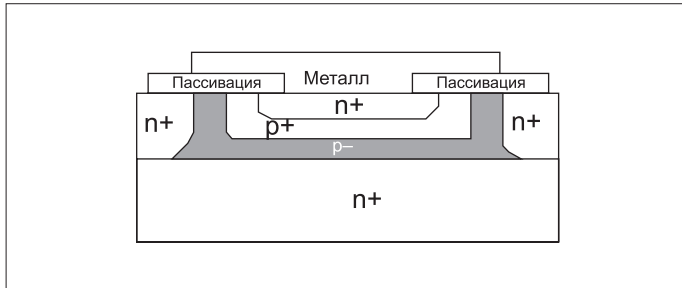


Рис. 3. Структура двухполярного TVS-диода

циально разработанные для защиты входов аппаратуры от разрушающего воздействия переходных и наведенных напряжений (рис. 3).

Электрические характеристики устройства определяются такими факторами, как площадь перехода, концентрация легирующих добавок и удельное сопротивление подложки. Уровень поглощаемой мощности и импульс тока TVS-диода пропорциональны площади его перехода, поэтому для поглощения высоких переходных токов TVS-диоды сознательно сконструированы с большими поперечными сечениями. Хотя вольт-амперная характеристика (ВАХ) TVS-диода в общем виде аналогична характеристике стабилитрона, он специально разработан с учетом своего предназначения — подавление бросков напряжения и имеет хоть и неярко, но выраженный участок с отрицательным сопротивлением (рис. 4) [4]. Кроме того, есть варианты TVS-диодов, у которых по сравнению со стабилитронами собственная емкость меньше и не так модулируется внешним напряжением. Хотя в этом они проигрывают диодам Шоттки, но выигрывают по напряжению ограничения. Компания BOURNS предлагает диоды для подавления переходных напряжений для защиты от импульсных перенапряжений и защиты от электростатических разрядов, соответствующие стандартам IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4 и IEC 61000-4-5.

Поскольку основными потребителями TVS-диодов являются рынки устройств портативной связи, вычислительной и видеоаппаратуры, они бросают вызов полупроводниковой промышленности для разработки все более компактных электронных компонентов. Однако проблема в том, что сегодня разработчики таких компактных электронных систем сталкиваются с ограниченным пространством на пла-

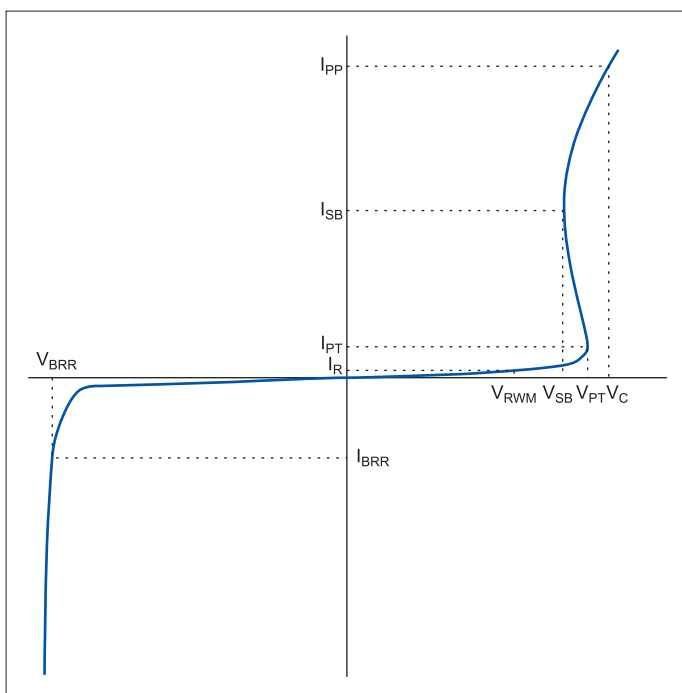


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика двухполярного TVS-диода

Таблица 4. Коммерчески доступные серии TVS-диодов компании BOURNS

Наименование серии	Пиковая мощность, Вт	Рабочее пиковое обратное напряжение V_{RWM} , В	Минимальное напряжение пробоя V_{BR} , В	Типовая емкость C_T при частоте 1 МГц, пФ	Корпус
SMF4L	400	12–58	13,3–64,4		SOD-123FL
SMF4L-Q	400	12–58	13,3–64,4		SOD-123FL
SMAJ	400	5–495	6,4–522		SMA
SMAJ-Q	400	8,5–58	9,44–64,4		SMA
SMBJ	00	5–495	6,4–522		SMB
SMBJ-Q	600	12–58	13,3–64,4		SMB
SMCJ	1500	5–495	6,4–522		SMC
SMCJ-Q	1500	12–58	13,3–64,4		SMC
SMLJ	3000	5–170	6,4–189		SMC
SMLJ-Q	3000	12–58	13,3–64,4		SMC
5.0SMDJ	5000	5–170	6,4–189		SMC
5.0SMDJ-Q	5000	12–43	13,3–52,8		SMC
SM8S-Q	6600	16–43	17,8–47,8		DO-218
SM8SF-Q	7000	24–36	26,7–40		DFN
P4SMA	400	5,8–495	6,8–550		SMA
P6SMB	600	5,8–495	6,8–550		SMB
1.5SMC	1500	5,8–495	6,8–550		SMC
CD0201-T20C		20	22,8	10	0603
CDDFN2-T3.3B		3,3	4 В при 1 мА	13,5	DFN2
CDDFN2-T5.0LC		5	7	0,5	SOD323
CDSOD323-TxxC		3,3–24	4–26,7	3	SOD323
CDSOD323-T12C-DSLQ		12	13,3	3	SOD323
CDSOD323-T24C-DSLQ		24	26,7	3	SOD323
CDSOD323-TxxC-DSL		12–24	13,3–26,7	3	SOD323
CDSOD323-TxxLC		5–24	6–26,7	1	SOD323
CDSOD323-TxxSC		3,3–36	4–40	40–500	SOD323
CDSOD323-T05S-Q		5	6	250	SOD323

Примечание. Назначение суффиксов: С — двунаправленный диод; DSL — низкий ток утечки; Q — соответствует требованиям AEC-Q101 (дискретные полупроводниковые компоненты для автомобильного оборудования).

те, что обуславливает потребность в альтернативных технологиях корпусирования. Чтобы занять свою нишу на рынке с учетом акцента на миниатюризацию, компания BOURNS предложила собственные варианты чип-диодов с минимальными затратами на корпусирование и обработку. Естественно, все TVS-диоды компании соответствуют директиве RoHS, как бы мы, разработчики, к ней ни относились [5], и стандартам JEDEC, так что с ними легко работать на стандартном оборудовании для их захвата и размещения, а плоская конфигурация сводит к минимуму опрокидывание при установке.

В настоящее время коммерчески доступны следующие серии TVS-диодов (табл. 4), а полные данные представлены в соответствующих спецификациях, доступных через гиперссылки в [7].

Кроме дискретных TVS-диодов, компанией BOURNS предлагаются, как уже было сказано, диодные TVS-матрицы [8], но их рассмотрение выходит за рамки настоящей статьи. Практический пример использования TVS-диода как элемента защиты от разрядов статического электричества и ЭМП можно посмотреть в [4].

Варисторы

Защита от электростатического разряда портов аппаратуры, предлагаемая компанией BOURNS, основана на технологии многослойного варистора (MLV) из оксида цинка ChipGuard (рис. 5). Эта технология обеспечивает отличные электрические характеристики и конкурентное решение для многих приложений, требующих защиты от ESD. Многослойные варисторы соответствуют самым высоким нормативам стандартов в части обеспечения помехоустойчивости к высокочастотным наводкам благодаря присущей им высокой линейности вольт-амперных характеристик. Они не оказывают воздействия на системные шины, которые их просто не замечают, в то время как полупроводниковые диоды-супрессоры могут вызывать потерю мощности полезного сигнала из-за нелинейности их вольт-амперной характеристики [4] и в некоторых случаях оказать влияние на помехоустойчивость.

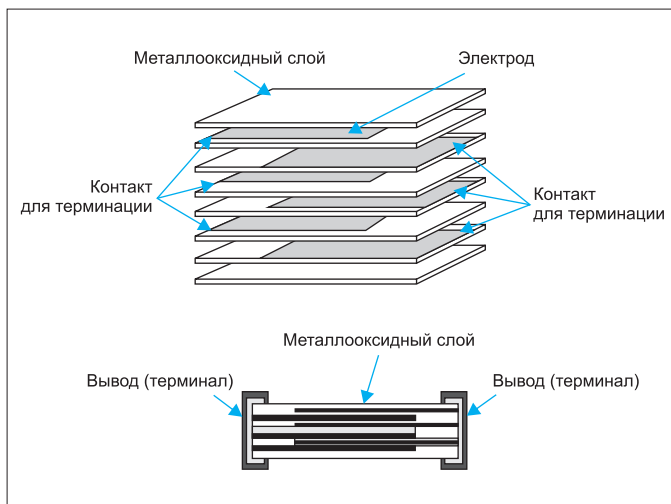


Рис. 5. Многослойный варистор — металлооксидный варистор серии ChipGuard компании BOURNS

Дело в том, что многослойный варистор имеет пороговое напряжение, до достижения которого его начальное сопротивление высокое, например 120 МОм для семейства CG0603MLC. По мере увеличения напряжения сопротивление уменьшается с результирующим экспоненциальным повышением тока. Это позволяет устранить перенапряжение в цепи, которую он защищает, а вся энергия рассеивается в таком защитном устройстве. Как только электрическое возмущение прошло, варистор вернется в свое выключенное состояние с высоким сопротивлением.

Что касается линий передачи, здесь проблемой становится емкость защитного устройства. Последовательное сопротивление с емкостью нагрузки создает фильтр первого порядка, который замедляет рост и спад фронтов импульсов. Снижению эффективного последовательного сопротивления помогает разводка печатной платы с более широкими размерами дорожек и утяжелением меди, но максимальное положительное влияние оказывает снижение эффективной емкости. Многослойный варистор CG0603MLC-xxE разработан для обеспечения сверхнизкой емкости 0,05 пФ при минимальном токе утечки. С таким варистором можно строить защиту линий со скоростью передачи 1 Гбит/с и выше. А для коммуникационных приложений с более низкими скоростями до 480 Мбит/с можно рассмотреть использование экономичного семейства CG0603MLD-xxE, которое отличается более высокой максимальной емкостью 5 пФ.

Варисторы серии ChipGuard, предназначенные для защиты входов аппаратуры от ESD, обеспечивает высокую мощность импульсного тока 20 А при воздействии 8/20 мкс даже в сверхмалом форм-факторе 0402. Перечень таких варисторов приведен в таблице 5, а полные данные представле-

ны в соответствующих спецификациях, доступных через гиперссылки в [12].

Примеры типового использования варисторов серии ChipGuard для защиты порта HDMI, USB 2.0 и коаксиального VHF/UHF-порта приведены на рис. 6–8 соответственно, а информация по защите шин CAN и FlexRay доступна в [11].

Что касается ассортимента продукции в части силовых металлооксидных варисторов MOV, которые большей частью используются для защиты линий питания, компания BOURNS предлагает объемные выводные варисторы диаметром 7 и 10 мм, предохраняющие устройства от воздействия таких наведенных перенапряжений, как удар молнии, контакт с цепью электропитания и переходные процессы, связанные с коммутацией индуктивных нагрузок. Эти устройства имеют высокую управляемость по току, высокую способность к поглощению энергии и быстрое время отклика для

защиты от кратковременных неисправностей до установленных для них номинальных пределов нагрузок. Перечень таких варисторов приведен в таблице 6, а полные сведения — в соответствующих спецификациях, доступных через гиперссылки в [9]. На линиях данных они, из-за присущей им высокой емкости, могут использоваться только в ограниченных случаях.

Компания BOURNS стремится постоянно развивать каждую линию продукции в своем портфеле устройств, предназначенных для защиты аппаратуры от повреждений, вызванных скачками напряжения, порожденными теми или иными причинами — разрядами статического электричества, наводками от внешних источников или переходными процессами, например при включении/выключении мощных индуктивных нагрузок. Продукты компании предоставляют новую интегрированную компонентную технологию высокой плотности в небольших раз-

Таблица 5. Коммерчески доступные варисторы серии ChipGuard компании BOURNS

Наименование серии	Технология	Номинальное рабочее напряжение, В	Область применения	Стандарты
CG0201MLA	Многослойный варистор	5,5	Общего назначения	IEC 61000-4-2
CG0201MLC	Тонкопленочный, полимерный	5	Общего назначения, высокоскоростные порты, требующие низкой емкости	IEC 61000-4-3
CG0402MLA/CG0603MLA	Многослойный варистор	5,5; 14; 8; 26	Общего назначения	IEC61000-4-2
CG0402MLC/CG0603MLC	Тонкопленочный, полимерный	3,3; 5; 12; 24	USB 3.0 / USB OTG, HDMI 1.4, DVI или IEEE1394	IEC61000-4-2
CG0402MLD/CG0603MLD	Многослойный варистор	12	10/100 b Ethernet, LAN	IEC61000-4-2
CG0402MLE/CG0603MLE		12	RS232, RS485, USB 1.0, USB 1.1	IEC61000-4-2
CG0402MLU/CG0603MLU	μ-GAP	3,3; 5; 12; 24	USB 3.0 / USB OTG, HDMI 1.4, DVI или IEEE1394	IEC61000-4-2
CG0805MLA	Многослойный варистор	5,5; 18	Общего назначения	IEC61000-4-2
CG1206MLC	Тонкопленочный, полимерный	12	USB 3.0 / USB OTG, HDMI 1.4, DVI или IEEE1394	IEC61000-4-2
CGA0402MLC/CGA0603MLC	Тонкопленочный, полимерный	5; 12; 24	Автомобильные: камеры, датчики, сенсорные экраны и панели, GPS, антенны, USB 3.0, High-Speed высокоскоростные шины	IEC 61000-4-3, AEC-Q200
CGA0603MLA/CGA0805MLA/CGA1206MLA	Многослойный варистор	16–56		

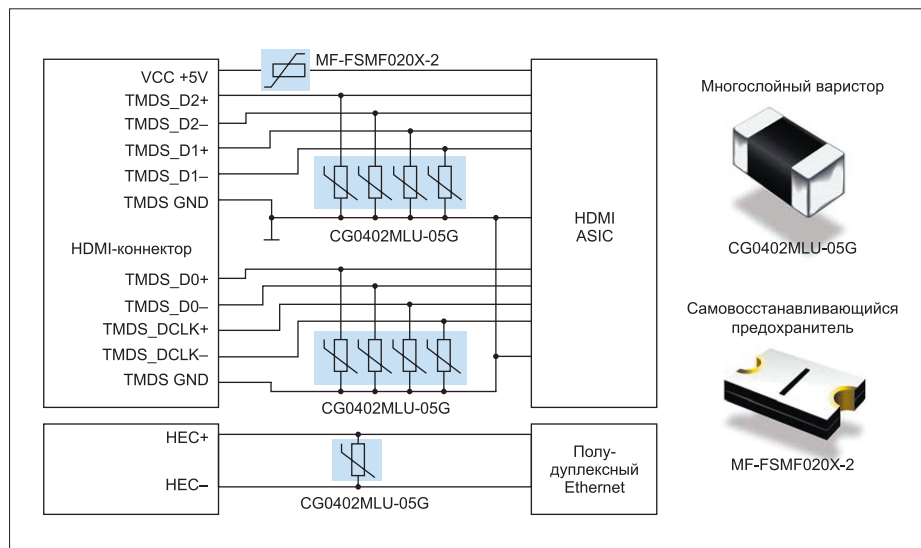


Рис. 6. Типовая организация ESD-защиты интерфейса HDMI на элементах CG0402MLU-05G серии ChipGuard

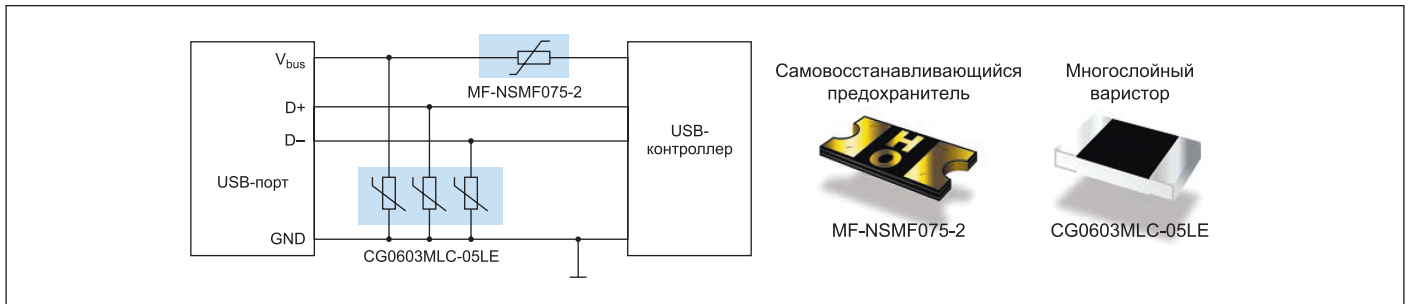


Рис. 7. Типовая организация ESD-защиты интерфейса USB 2.0 на элементах CG0603MLC-05LE серии ChipGuard

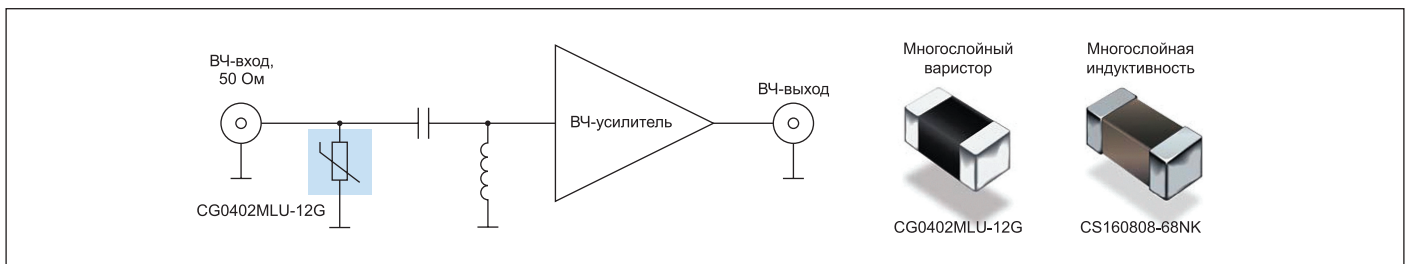


Рис. 8. Типовая организация ESD-защиты VHF/UHF порта на элементе CG0402MLU-12G серии ChipGuard

Таблица 6. Коммерчески доступные серии силовых объемных MOV-варисторов компании BOURNS

Наименование серии	Номинальное напряжение, В	Допустимое отклонение, %	Макс. напряжение срабатывания, длительное, В		Рассеиваемая мощность, Вт	Макс. время срабатывания, нс
			AC	DC		
MOV-07DxxxK	18–820	±10	11–510	14–675	0,25	25
MOV-10DxxxK	18–820	±10	11–510	14–675	0,4	25
MOV-14DxxxK	18–1800	±10	11–1100	14–1465	0,6	25
MOV-20DxxxK	18–1800	±10	11–1100	14–1465	1	25

мерах для высокоскоростных коммуникационных приложений. Важные преимущества для клиентов включают расширенные возможности снижения затрат и повышения производительности для широкого спектра рынков и приложений.

Литература

1. Рентюк В. Что нужно знать об испытаниях на выполнение требований по ЭМС для изделий коммерческого назначения // Компоненты и технологии. 2017. № 7.

2. Circuit Protection Selection Guide, 2005. BOURNS. www.pdf.directindustry.com/pdf/bourns/circuit-protection-selection-guide/11910-40717.html
 3. CDSOD323-TxxLC — TVS Diode Series, REV. 01/18. www.bourns.com/docs/product-datasheets/cdsod323-txxlc.pdf?sfvrsn=e844056f_8
 4. Рентюк В. Преимущества, особенности применения и проблема выбора кремниевых защитных элементов для высокоскоростных интерфейсов // Компоненты и технологии. 2017. № 10.
 5. Рентюк В. RoHS-директива: защита экологии или рынков? // Технологии в электронной промышленности. 2013. № 5.

6. ChipGuard MLU Series — ESD Protectors, REV. К 11/18. www.bourns.com/docs/product-datasheets/mlu.pdf?sfvrsn=1940d498_26
 7. TVS Diodes. www.bourns.com/products/diodes/tvs-diodes
 8. Diode Arrays. www.bourns.com/products/diodes/diode-arrays
 9. Metal Oxide Varistors (MOV). www.bourns.com/products/circuit-protection/metal-oxide-varistor-smov
 10. ChipGuard ESD Suppressors. www.bourns.com/products/circuit-protection/chipguard-esd-suppressors
 11. Рентюк В. Керамические ограничители бросков напряжения TDK-EPCOS для шин CAN и FlexRay // Компоненты и технологии. 2018. № 4.
 12. Bourns Introduces GMOV Overvoltage Protection Line Engineered to Address Reliability and Safety Limitations of MOVs Alone. www.bourns.com/news/press-releases/pr/2019/04/29/bourns-introduces-gmov-overvoltage-protection-line-engineered-to-address-reliability-and-safety-limitations-of-movs-alone

Статья опубликована в журнале «Компоненты и технологии» № 6'2019