

Применение TVS-компонентов компании Semtech для защиты электронного оборудования



Константин ВЕРХУЛЕВСКИЙ
info@icquest.ru

Дискретные TVS-диоды и диодные сборки на их основе широко применяются при организации защиты полупроводникового электронного оборудования от перенапряжений, вызванных воздействием электростатических разрядов, быстрых переходных процессов и ударов молний. Продукцию данного типа предлагают многие производители, одной из самых известных компаний является Semtech. В статье рассматриваются особенности отдельных серий TVS-устройств и приведены рекомендации по их практическому применению для защиты решений с наиболее распространенными интерфейсами.

Введение

При проектировании любой электронной продукции решается множество вопросов, связанных с расчетом электрических и механических параметров, выбором топологии, элементной базы, типа корпусного исполнения, проведением климатических и прочих испытаний. Одним из критериев успешной разработки является получение готового устройства, обладающего длительным сроком бесперебойной эксплуатации. Повысить надежность его функционирования можно при помощи вспомогательных элементов, призванных защитить цепи от воздействия различных электрических перегрузок, вызванных кратковременными электромагнитными импульсами естественного или искусственного происхождения.

Уровень защиты готового изделия определяется в результате проведения соответствующего тестирования на основе требований, изложенных в нормативных документах Международной электротехнической комиссии (IEC). В настоящее время актуальна группа межгосударственных стандартов IEC 61000-4, устанавливающих общие требования по электромагнитной совместимости и описывающих виды и методы испытаний технических средств на устойчивость к помехам и разрядам. Выделяется несколько типов негативных электрических воздействий, отличающихся амплитудой, длительностью и формой импульсов. Нормы устойчивости к электростатическим разрядам (ESD) регламентированы в IEC 61000-4-2 (отечественный ГОСТ Р 51317.4.2), согласно которому проводятся два типа испытаний: с контактным разрядом (напряжения ± 2 , ± 4 , ± 6 и ± 8 кВ) и с воздушным разрядом с амплитудой ± 2 , ± 4 ,

± 8 и ± 15 кВ. Нормы защиты от быстрых переходных процессов (EFT) описаны в стандарте IEC 61000-4-4 (ГОСТ Р 51317.4.4), устанавливающим четыре степени жесткости испытаний с тестовыми наносекундными импульсами различной частоты и напряжениями $\pm 0,2$; $\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2 или ± 4 кВ. Допускается использование и более высоких напряжений испытательных импульсов. Мощные микросекундные импульсные помехи большой энергии возникают в результате различных коммутационных процессов и при разрядах молнии. Устойчивость к ним определяется в соответствии с IEC 61000-4-5 (ГОСТ Р 51317.4.5).

В большинстве случаев выполнение условий IEC 61000-4 требует наличия дополнительных внешних компонентов. Для реализации базового уровня защиты достаточно использовать обычные TVS-диоды или сборки на их основе. При этом нужно отметить, что зачастую эти компоненты обеспечивают рейтинг защиты выше, чем требуется в стандарте.

TVS-диоды (Transient Voltage Suppression) — полупроводниковые электронные компоненты с резко выраженной нелинейной ВАХ. Принцип их действия основан на применении обратного пробоя. В обычных условиях TVS-диод, подключаемый параллельно защищаемой нагрузке, представляет собой разомкнутую цепь с некоторым током утечки, его электрические характеристики практически не оказывают никакого влияния на нормальное функционирование схемы. При возникновении импульсной помехи, превышающей пороговое напряжение, происходит пробой с лавинообразным увеличением носителей, ток переходного процесса протекает через диод на общий провод, образуя шунтирующий

путь с низким сопротивлением и минуя защищаемую цепь. Благодаря этому входное напряжение ограничивается на безопасном уровне, совместимом с характеристиками подсоединенных устройств. При снижении напряжения до нормального уровня ограничитель автоматически возвращается в высокоимпедансное состояние. Среди преимуществ применения можно отметить низкие доступные значения напряжений ограничения, высокое быстродействие, широкий диапазон рабочих напряжений, а также минимальные для защитных устройств габариты.

Основные параметры TVS-диодов — напряжение пробоя V_{BR} , измеряемое при определенном значении тестового тока I_T (1 или 10 мА), максимальное рабочее напряжение V_{RWM} и соответствующий ему ток I_R , пиковый ток I_{PP} , который супрессор может пропустить без повреждения, и напряжение ограничения V_C , характеризующее падение напряжения на диоде при протекании I_{PP} и заданной температуре окружающей среды (рис. 1).

В общем случае при выборе подходящего TVS-решения учитывается ряд условий. Номинальное значение обратного напряжения V_{RWM} диода должно быть равно напряжению защищаемой цепи или превышать его с учетом максимального допуска. Величина пикового аварийного тока определяется исходя из данных об источнике помехи. Например, при защите от электростатических разрядов используется Human Body Model или другая модель заряженного физического тела. Для оценки длительности и формы импульсов воздействия обычно руководствуются вышеописанными стандартами по ЭМС.

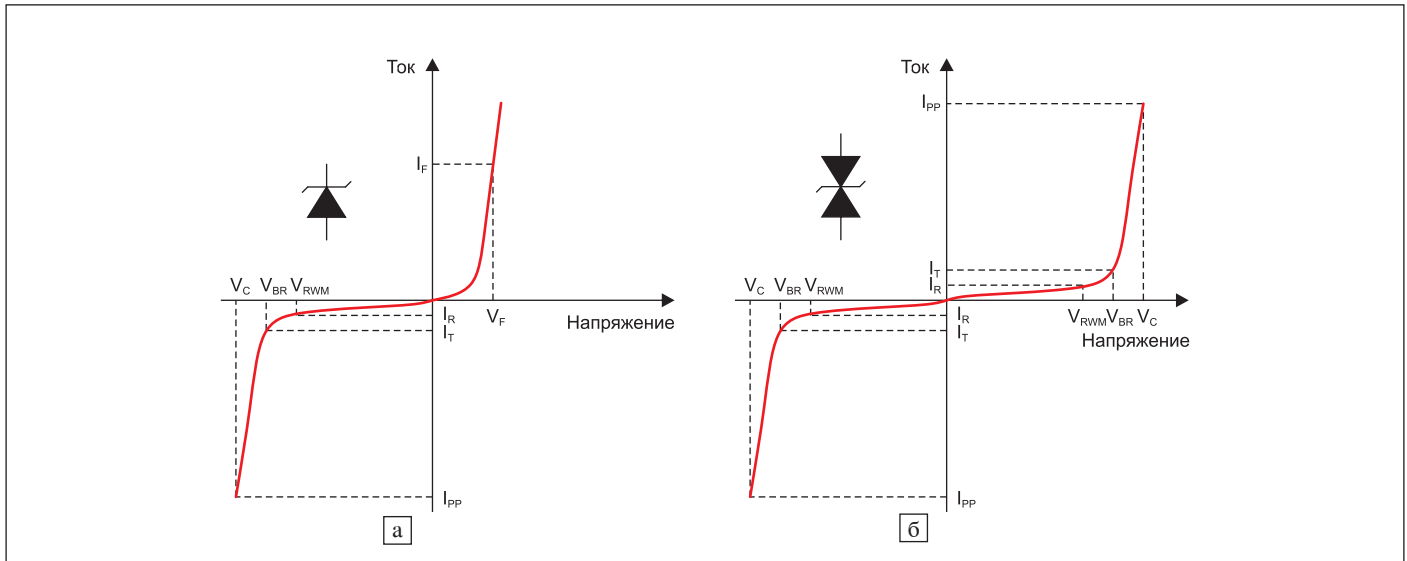


Рис. 1. Вольтамперная характеристика TVS-диодов: а) несимметричных; б) симметричных

Отличительные характеристики TVS-устройств Semtech

Широкую номенклатуру защитных TVS-устройств, подходящих для самых различных областей применения, предлагает компания Semtech [1]. Все выпускаемые компоненты проходят сертификацию на соответствие требованиям стандартов IEC, ETSI, Telcordia GR-1089, ITU K.20, K.21. Большинство из них относятся к одному из пяти семейств, содержащих как дискретные диоды, так и специализированные сборки, ориентированные на работу с определенными интерфейсами.

Ключевая особенность защитных устройств серии EClamp — наличие встроенных пассивных компонентов, необходимых для построения вспомогательных LC- и RC-фильтров [2]. Их использование позволяет обеспечить подавление нежелательных электромагнитных (EMI) и радиочастотных (RFI) излучений в диапазонах частот, определяемых номиналами интегрированных элементов. Компоненты данной серии предназначены для защиты распространенных интерфейсов, применяемых в сотовых телефонах, цифровых фото- и видеокамерах, планшетах и ноутбуках, периферийных устройствах (принтерах, сканерах) и т. д. В настоящее время для заказа доступны сборки с макси-

Таблица 1. Основные характеристики TVS-устройств серии EClamp

Наименование	Количество каналов	V_{RWM} , В (max)	V_{BR} , В (min)	C , пФ	R , Ом	L , нГн	I_R , мкА (max)	Габариты корпуса, мм				
EClamp2357NQ	6	5	6	10	100	—	0,5	3×3×1				
EClamp2374K	4							1,7×1,3×0,5				
EClamp2376K	6							2,5×1,3×0,5				
EClamp2378K	8							3,3×1,3×0,5				
EClamp2384K	4			12	200	—	0,1	1,7×1,3×0,5				
EClamp2386K	6							2,5×1,3×0,5				
EClamp2388K	8							3,3×1,3×0,5				
EClamp2394P	4							2,1×1,6×0,5				
EClamp2396P	6			20	100	—	0,5	3×1,6×0,5				
EClamp2398P	8							4×1,6×0,5				
EClamp2374KQ	4							100	2	—	0,1	1,7×1,3×0,5
EClamp2422N	2											1,5×1×0,5
EClamp2454P	4			12	—	28	—	0,1	2,1×1,6×0,5			
EClamp2456P	6								3×1,6×0,5			
EClamp2458P	8								4×1,6×0,5			
EClamp2455K	4								20	47, 100	—	0,5
EClamp2455P				2,1×1,6×0,5								
EClamp2465T	4			10	100	—	—	—	1,7×1,3×0,4			
EClamp2515K	6			22	45	—	—	—	0,1	3,3×1,3×0,5		
EClamp2522P	2			5,5	—	20	22	—	1	1,6×1,6×0,5		

мальным количеством каналов 2–8 (табл. 1). Из основных характеристик следует отметить низкие значения тока утечки, для большинства моделей не превышающие 0,1 или 0,5 мкА. Для примера рассмотрим типовые электрические схемы некоторых моделей (рис. 2).

Многоканальные TVS-сборки EClamp 245xP (где x — количество каналов) ре-

комендованы для защиты параллельных интерфейсов цветных ЖК-дисплеев. Интегрированные LC-фильтры П-типа, состоящие из катушек индуктивности с номиналом 28 нГн и конденсаторов емкостью 12 пФ, отличаются резким спадом частотной характеристики, выполняя ослабление паразитного сигнала как минимум на 40 дБ в диапазоне 800 МГц – 2,7 ГГц. Выпускаются

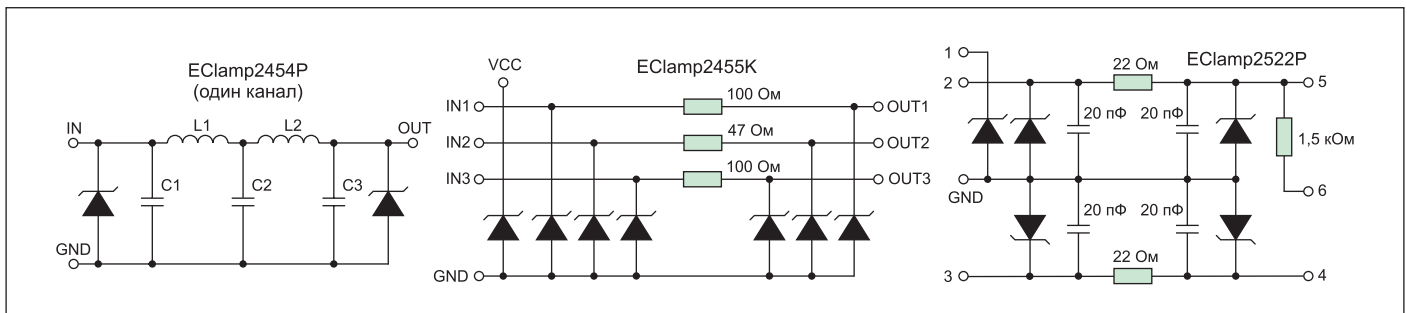


Рис. 2. Внутренняя структура защитных устройств серии EClamp

Таблица 2. Основные характеристики устройств серии TClamp

Наименование	Количество каналов	V_{RWM} , В (max)	V_{BR} , В (min)	C , пФ (max)	P , Вт (8/20 мкс)	I_{pp} , А (max)	I_R , мкА (max)	Габариты корпуса, мм	
TClamp0602N	2	6	6,8	12	2500	95	5	2,6×2,6×0,6	
TClamp2502N		2,5	—						
TClamp3302N		3,3	—						
TClamp1202P		12	13,3	12	300	100	0,1		3,1×2,8×1,5
TClamp1272S		12	13,5	5	600	20			
TClamp2512N		2,5	2,7	8	2300	120	0,1		2,6×2,6×0,6
TClamp3312N		3,3	3,5						
TClamp2472S		24	27	2	150	20	0,1		3,1×2,8×1,5
TClamp2482S									

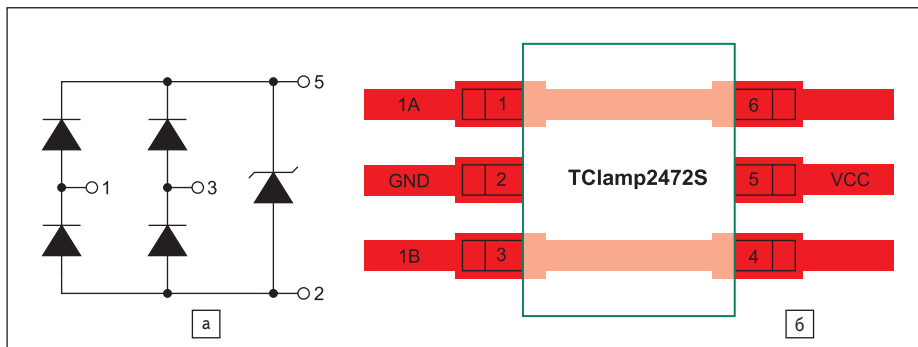


Рис. 3. Защитная сборка TClamp2472S: а) внутренняя структура; б) пример разводки

в низкопрофильных планарных SLP-корпусах высотой 0,5 мм. Длина и ширина варьируются в зависимости от количества каналов, максимальные габариты составляют 4×1,6 мм, а шаг выводов 0,5 мм. Площадка для подключения «земли» минимизирует паразитную индуктивность для улучшения характеристик фильтра. Микросхема EClamp2455K специально разработана для применения совместно с SIM-картами. Помимо TVS-диодов, содержит низкоомные резисторы для согласования импедансов и дополнительного ослабления ВЧ-шума. Защита шины питания ограничивается одним супрессором. Корпусное исполнение аналогичное.

Сборка EClamp2522P позиционируется для USB-интерфейса. Встроенные TVS-диоды обеспечивают подавление электростатических разрядов в соответствии с нормами IEC 61000-4-2, уровень 4. Резисторы номиналом 22 Ом, включенные последовательно цепям D+ и D-, обеспечивают согласование линий данных. Подтягивающий к питанию резистор номиналом 1,5 кОм применяется

для идентификации скорости подключенного USB-устройства.

Компоненты серии TClamp позиционируются для защиты схем от воздействий импульсных помех повышенной мощно-

сти (до 2500 Вт) и предназначены преимущественно для промышленных и телекоммуникационных применений, в частности для оборудования сетей передачи данных T1/E1, T3/E3, 10/100/1000 Ethernet, ISDN, WAN, xDSL и т. д. В таблице 2 приведены основные характеристики устройств серии.

Каждое из изделий серии содержит компенсирующие диоды, объединенные в мостовой конфигурации и направляющие входной ток на мощный TVS-супрессор (рис. 3а). Например, устройство TClamp2472S, выпускаемое в стандартном корпусе SOT-23-6, выдерживает 20-А импульсы тока с соотношением длительностей фронта/спада 8 и 20 мкс соответственно. Двухканальная сборка, рекомендованная для использования с дифференциальными парами, обеспечивает отличный уровень защиты при взаимной емкости линий менее 2 пФ. Рассчитанная на максимальное рабочее напряжение 24 В, она выгодно отличается низким напряжением ограничения. Все сборки имеют так называемую сквозную топологию, упрощающую разводку платы. На рис. 3б цепь 1А, соединенная с первым выводом TClamp2472S, может проходить под корпусом через шестой контакт микросхемы, не имеющий внутреннего подключения. Аналогично выполняется разводка

Таблица 3. Основные характеристики популярных устройств серии RClamp

Наименование	Количество каналов	V_{RWM} , В (max)	V_{BR} , В (min)	C , пФ (max)	P , Вт (8/20 мкс)	I_{pp} , А (max)	I_R , мкА (max)	Габариты корпуса, мм
RClamp0502A	2	5	6	0,7	50	3	1	1,7×1,7×0,6
RClamp2451ZA	1	24	25,5	0,45	60		0,05	0,6×0,6×0,3
RClamp0504PA	4	5	6	1	150	6	3	1,6×1,6×0,6
RClamp0506T	6		6,5	0,4	75	5	0,1	3,3×1,3×0,4
RClamp0521Z	1		0,5	100	4	0,6×0,3×0,3		
RClamp0524PQ	4		6	0,4	150	5	1	2,5×1×0,6
RClamp0542T	2		6,5		75	0,05	1,6×1×0,4	
RClamp0552T			60	3	0,02			
RClamp0582BQ	6		0,8	300	15	0,1	1,7×1,8×0,9	
RClamp1654P	4		5,5	6,5	0,5	100	3	2
RClamp2502L	2	2,5	—	5	800	40	1	5×6×1,8
RClamp3304P	4	3,3		0,8	80	5	0,5	1,6×1,6×0,6
RClamp3328P	8	75		5	3,8×1×0,5			
RClamp7522T	2	5		6,5	0,4	100	4	0,1
RClamp7528T	8	75	5	2,6×1,1×0,4				
RClamp3391ZC	1	3,3	5,5	0,2	45	7	0,05	0,6×0,3×0,3
RClamp0551PQ		5	6	0,5		3	0,1	1×0,6×0,5
RClamp1561PQ		15	16,5	0,3		70	2	

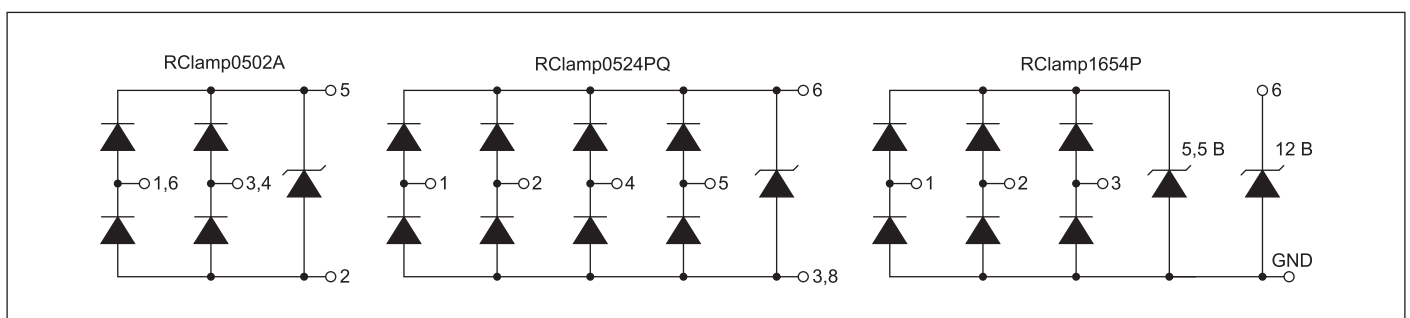


Рис. 4. Внутренняя структура отдельных защитных устройств серии RClamp

цепи 1В. Использование данного подхода обеспечивает симметричность трассировки дифференциальных сигналов.

Серия RClamp предназначена для использования в высокоскоростных телекоммуникационных приложениях с рабочими частотами до 3 ГГц. В качестве типовых применений можно отметить USB, LVDS, HDMI 1.3/1.4, DVI, Ethernet, xDSL и другие распространенные технологии связи, а также мультимедийные порты дисплея, антенны и карты памяти. С целью сохранения качества передаваемых сигналов предлагаемые компоненты обладают чрезвычайно низкой собственной емкостью (от 0,2 пФ) и малыми токами утечки. Серия RClamp является самой многочисленной, в настоящее время каталог продукции содержит более 60 устройств с рабочими напряжениями 2,5–24 В. В таблице 3 отмечены наиболее популярные изделия, а на рис. 4 показаны типовые электрические схемы некоторых отдельных представителей серии.

Одноканальные устройства представляют собой одиночные симметричные или несимметричные супрессоры в миниатюрных безвыводных планарных корпусах размерами от 0,6×0,3×0,3 до 1×0,6×0,5 мм. Многоканальные изделия выпускаются в стандартных корпусах SOT-23, SC-70, SC-89 и SO-8, вариант исполнения определяется максимальной поглощаемой мощностью. Диапазон рабочих температур составляет –55...+125 °С. Компоненты с литерой Q в конце наименования сертифицированы на соответствие требованиям стандарта AEC-Q100 и могут применяться в автомобильных устройствах.

Защитные TVS-устройства общего назначения представлены серией μ Clamp (MicroClamp), рекомендованной для применения в портативных устройствах, критичных к габаритам электронных компонентов. Состоит преимущественно из одиночных симметричных и несимметричных TVS-диодов, а также из наборов супрессоров, включенных по схеме с общим анодом и обеспечивающих защиту до восьми линий. Все изделия превосходят требования промышленных стандартов IEC 61000-4. Размеры корпусов — минимально возможные, от 0,6×0,3×0,3 мм. В таблице 4 показаны основные характеристики некоторых представителей серии.

Серия PClamp содержит мощные несимметричные TVS-диоды, предназначенные для использования в цепях постоянного тока. Основное назначение — защита шин питания. Компоненты серии обладают увеличенной площадью перехода и способны проводить токи помехи значительной величины (табл. 5). Например, пиковый ток супрессора PClamp1211P составляет 180 А (при параметрах импульса 8/20 мкс), а его максимальная мощность достигает 5000 Вт.

Таблица 4. Основные характеристики популярных устройств серии μ Clamp

Наименование	Количество каналов	V_{RWM} , В (max)	V_{BR} , В (min)	C , пФ (max)	P , Вт (8/20 мкс)	I_{pp} , А (max)	I_{R} , мкА (max)	Габариты корпуса, мм	
μ Clampxx61P	1	5–40	—	125–220	1200–1500	5–80	0,2	1,6×0,8×0,5	
μ Clamp0501H		5	6	160	240	16	5	1,7×0,9×0,7	
μ Clamp1201H		12	13,3	60	200	8	1		
μ Clamp0301PQ		3	—	30	40	5	0,5	1×0,6×0,5	
μ Clamp0501P		5	6	160	200	16	5		
μ Clamp1201P		12	13,3	60		8	1		
μ Clamp0501T		5	6	10	25	2	0,25		1×0,6×0,4
μ Clamp2401T		24	27	50	150	3		1×0,6×0,5	
μ Clamp0502T		2	5	6	10	25	2	1,7×1,7×0,6	
μ Clamp0504A		4	5	6	75	100	7		1
μ Clamp3304A		4	3,3	—	30	40	5	0,5	1,3×1,3×0,4
μ Clamp0504T		5	5	6	10	25	2	0,25	
μ Clamp0505T									
μ Clamp0506T									
μ Clamp0508T									
μ Clamp2501ZA	1	2,5	3	4,5	65	8	0,05	0,6×0,3×0,3	
μ Clamp3301P		3,3	—	30	40	5	0,5	1×0,6×0,5	
μ Clamp3612P		33	36	25	170	—	1		

Таблица 5. Основные характеристики устройств серии PClamp

Наименование	Количество каналов	V_{RWM} , В (max)	V_{BR} , В (min)	C , пФ (max)	P , Вт (8/20 мкс)	I_{pp} , А (max)	I_{R} , мкА (max)	Габариты корпуса, мм
PClamp1211P	1	13,5	14,5	2500	5000	180	0,35	2×1,8×0,6
PClamp1011P		10	12,5		4700		0,15	
PClamp2011P		23	27	800	5700	12		
PClamp0501P		5	5	1150	1800	80	0,1	1,6×1×0,5
PClamp1021P		10	11	600	1680			
PClamp1221P		12	13	430	2000			
PClamp0801P		7,6	8	1150	500			

Примеры применения защитных компонентов Semtech

Большая номенклатура предлагаемых изделий осложняет процесс выбора подходящего решения. В первую очередь при разработке необходимо ориентироваться на рабочие напряжения и частоту защищаемых цепей.

В высокоскоростных интерфейсах для обеспечения целостности сигналов особое внимание необходимо уделять значениям собственной емкости супрессоров. Только ESD-сборки с минимальной паразитной емкостью, не влияющей на сигнальные и логические линии, можно использовать в различных коммуникационных интерфейсах. Ниже приведены примеры применения защитных компонентов Semtech.

HDMI-интерфейс

Цифровой интерфейс HDMI предназначен для передачи видеосигналов высокого разрешения и многоканального звука, надежно защищенного от копирования. Распространен в современных моделях телевизоров, мониторах, проекторах, игровых приставках, компьютерах, ноутбуках и других мультимедийных устройствах. Стандартный HDMI-разъем типа A включает 19 контактов. Основной обмен информацией осуществляется по дифференциальным линиям TMDS (три пары для данных и одна для синхронизации). Рабочее напряжение данных каналов составляет 3,3 В, а их пропускная способность зависит от версии интерфейса.

Например, в HDMI 2.0 она достигает 6 Гбит/с на каждый канал, что позволяет успешно передавать видео с разрешением 4K и частотой 60 кадров/с. Двухнаправленный коммуникационный протокол DDC позволяет передавать спецификации дисплея — например, название производителя, номер модели, поддерживаемые форматы и разрешения и т. д. На физическом уровне реализован посредством интерфейса связи I²C (линия SDA для последовательных данных и SCL для тактовых импульсов). Дополнительный канал CEC применяется для передачи команд (включения/выключения, записи, воспроизведения и т. д.) и служит для управления электроникой, например с пульта ДУ. Шина +5 В используется для питания цепей DDC.

HDMI-порты, к которым имеется внешний доступ, чувствительны к электростатическим явлениям и к переходным процессам, вызванным горячим подключением кабеля. Согласно стандарту IEC 61000-4-2, уровень защиты HDMI от статики должен быть не ниже 4. Таким образом, минимальное значение напряжения электростатического разряда, которое должны выдерживать линии питания и портов ввода/вывода HDMI-разъема, должно составлять ±8 кВ (контактный разряд) и ±15 кВ (воздушный разряд). При защите высокоскоростных каналов (TMDS) также необходимо учитывать требования к целостности сигналов и поддерживать номинальную величину дифференциального сопротивления. Защитные устройства, удовлетворяющие данным условиям, должны иметь как можно меньшее значение

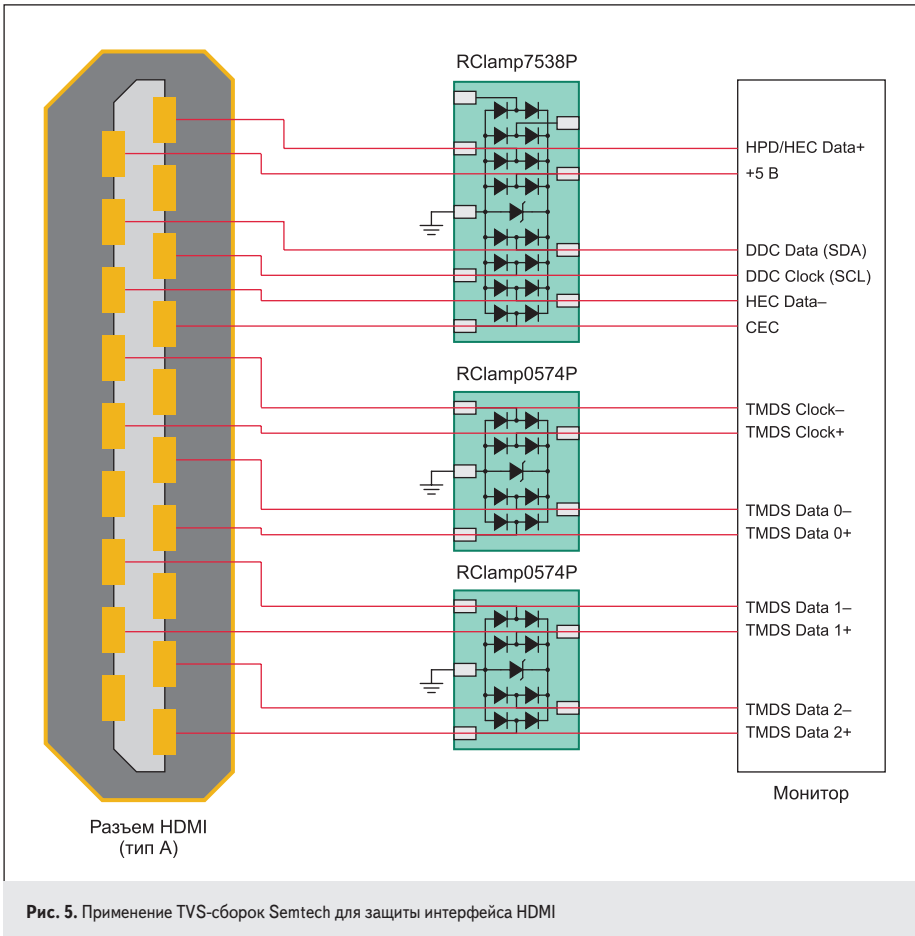


Рис. 5. Применение TVS-сборок Semtech для защиты интерфейса HDMI

емкости (ниже 0,5 пФ) и обеспечивать возможность симметричной и непрерывной разводки печатной платы.

Примером устройства защиты, соответствующего указанным требованиям, служит TVS-сборка RClamp0574P, разработанная специально для интерфейса HDMI 2.0 (рис. 5). Она обеспечивает защиту двух дифференциальных пар от воздействия ESD-импульсов величиной ± 10 кВ (при контакте) и до ± 15 кВ (по воздуху). Максимальная вносимая емкость каждого канала составляет всего 0,18 пФ, а динамическое сопротивление

не превышает 0,26 Ом. Сборка выпускается в миниатюрном корпусе DFN-5 размерами $2 \times 1 \times 0,5$ мм. Проходная конструкция корпуса облегчает задачу трассировки сигналов на печатной плате и не влияет на их дифференциальное сопротивление. Оставшиеся цепи не относятся к высокоскоростным, поэтому требования к емкости их защитных устройств не являются ключевыми. Для них производителем рекомендуется шестиканальная TVS-сборка RClamp7538P, предназначенная для работы с 5-В линиями данных и шинами питания с аналогичным

напряжением. Она способна выдерживать импульсы до ± 25 кВ при воздушном разряде и до ± 20 кВ при контакте (согласно IEC 61000-4-2). Доступна для заказа в 9-выводном корпусе DFN с внешними габаритами $3,8 \times 1 \times 0,5$ мм.

Интерфейс USB 2.0

Интерфейс USB, разработанный в 1994 го-ду, предназначен для подключения периферийных устройств к вычислительной технике. Наиболее распространенной версией до сих пор является USB 2.0, которая поддерживает скорость передачи данных до 480 Мбит/с и использует четырехпроводное соединение. Шина Vbus отвечает за питание периферийных устройств напряжением 5 В и током до 500 мА, дифференциальные линии D+ и D- используются для передачи данных. Защита интерфейса может быть выполнена при помощи TVS-супрессоров, размещаемых как можно ближе к USB-разъему. В качестве защитных устройств могут выступать как дискретные диоды, так и специализированные TVS-матрицы. Например, супрессор μ Clamp0571P с рабочим напряжением 5 В и максимальным импульсным током 80 А оптимален для работы с шиной Vbus (рис. 6а). Габариты его корпуса не превышают $1,6 \times 1 \times 0,5$ мм. Двухканальная сборка RClamp0582B в корпусе SOT-523, обладающая емкостью не более 1,2 пФ, успешно справляется с защитой линий данных. Рассчитанная на импульсную мощность до 300 Вт, она полностью обеспечивает соответствие требованиям IEC 61000-4-2 и IEC 61000-4-4. Также можно обойтись всего одним устройством защиты (рис. 6б). TVS-сборка RClamp7522T отличается низким значением собственной емкости (не более 0,4 пФ между каждым каналом и общим проводом) и выдерживает электростатические разряды ± 25 кВ по воздуху и ± 15 кВ при контакте. Еще один вариант — использование устройств из серии

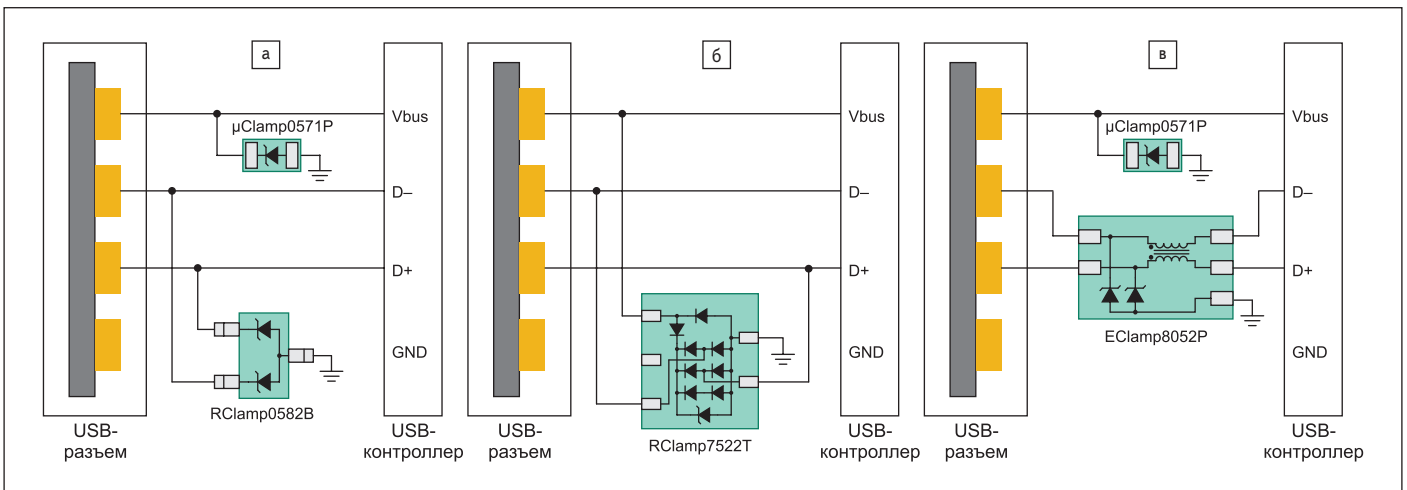


Рис. 6. Варианты защиты интерфейса USB 2.0

ESClamp, подключаемых к линиям данных при необходимости дополнительной защиты от паразитных электромагнитных излучений (рис. 6в). Миниатюрная сборка ESClamp8052P, помимо защиты, обеспечивает ограничение уровня синфазной помехи на 10 дБ (частота 500 МГц) и на 15 дБ в диапазоне 1–2,8 ГГц.

Интерфейс USB Type-C

Относительно новый интерфейс USB Type-C значительно отличается от своих предшественников как по протоколу, так и по конструктивному исполнению. Поддерживает скорость передачи данных до 10 Гбит/с и максимальную мощность до 100 Вт. Разъем USB Type-C является симметричным и объединяет два ряда, каждый из которых содержит по 12 контактов. Из них две дифференциальные пары (D+/D-) отвечают за обмен данными на скоростях High-Speed, четыре дифференциальные пары (Tx+/Tx- и Rx+/Rx-) служат для передачи высокоскоростных сигналов SuperSpeed+, два зеркально расположенных дополнительных контакта (SBU) — для передачи альтернативных сигналов, два контакта (CC) — для обнаружения подключения и конфигурирования интерфейса. Для питания и заземления используется четыре пары контактов. Напряжение Vbus по умолчанию составляет 5 В, но стандарт позволяет увеличить его до 20 В.

Поскольку разъем малогабаритный и контактные площадки расположены в непосредственной близости друг от друга, то типовая схема защиты от ESD организована при помощи дискретных элементов (рис. 7). Выводы SBU и CC находятся рядом с контактами Vbus. В случае короткого замыкания на них может попасть напряжение 20 В, поэтому для надежности защитные элементы данных цепей должны быть рассчитаны на соответствующее значение. Одним из вариантов защиты является применение симметричного супрессора $\mu\text{Clamp}2411\text{ZA}$, упакованного в миниатюрный корпус типоразмера 0201 и обладающего динамическим сопротивлением не более 1 Ом. Для шины Vbus можно использовать $\mu\text{Clamp}2271\text{P}$ с максимальным

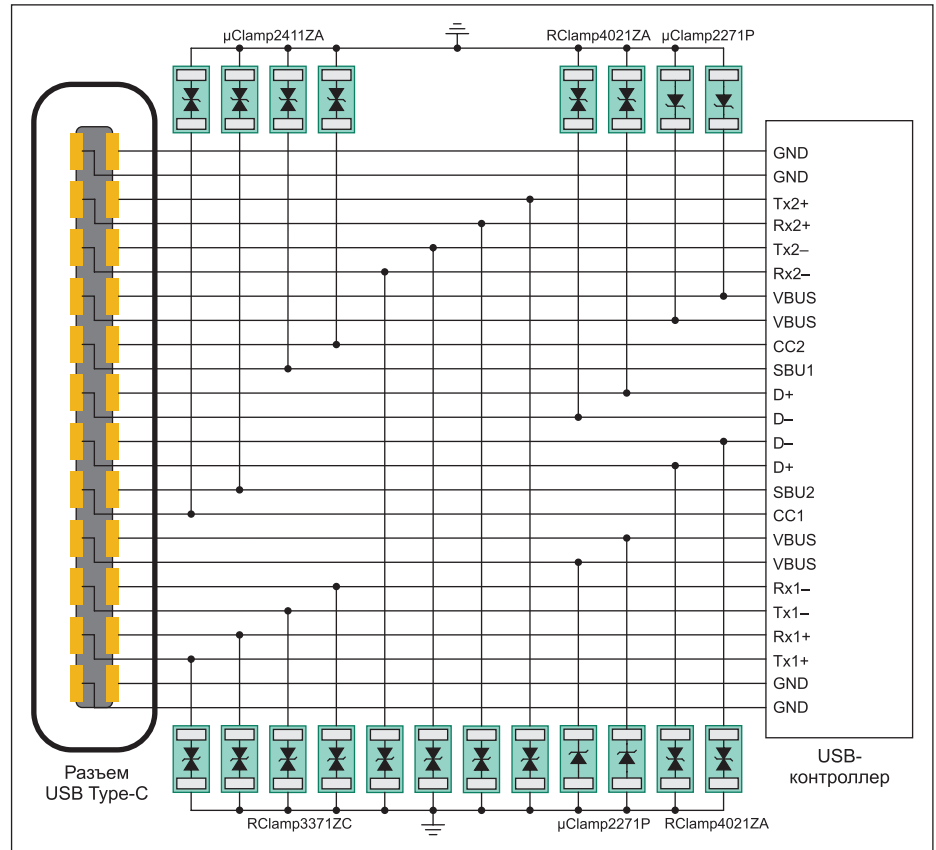


Рис. 7. Применение TVS-устройств Semtech для защиты интерфейса USB Type-C

рабочим напряжением 22 В и импульсным током 25 А. Дифференциальные каналы Tx+/Tx- и Rx+/Rx- с пропускной способностью до 10 Гбит/с требуют применения защитных элементов с ультранизким значением вносимой емкости. Для данных целей компания Semtech рекомендует супрессоры RClamp3371ZC с максимальной собственной емкостью не более 0,25 пФ. Они гарантируют устойчивость к контактному электростатическому разряду амплитудой ± 10 кВ и к воздушному разряду величиной ± 17 кВ. Предназначены для работы в цепях с напряжением 3,3 В, выполнены в корпусах размерами 0,6×0,3×0,3 мм, обеспечивающих высокую гибкость компоновки элементов.

Карты памяти

Защита карты памяти от воздействия статического электричества обычно необходима в случае, если имеется доступ к ее слоту извне, то есть он является открытым. Для данной цели компания Semtech рекомендует устройства серии ESClamp. К примеру, микросхема ESClamp2410P, помимо несимметричных TVS-диодов для защиты каждого канала, содержит последовательно включенные согласующие резисторы и подтягивающие резисторы, требуемые для реализации SD/μSD-спецификации. Она обеспечивает четвертый уровень защиты согласно стандарту IEC 61000-4-2. Типовая схема ее применения пред-

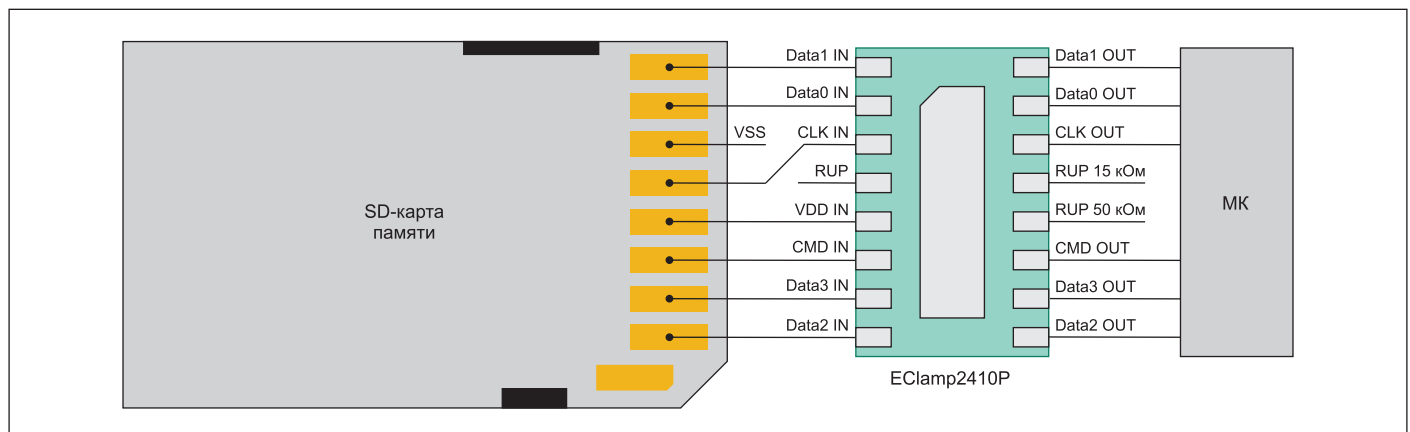


Рис. 8. Применение ИС ESClamp2410P для защиты карты памяти

ставлена на рис. 8. Вносимая емкость линий данных (DAT) не превышает 12 пФ, номинал согласующих резисторов 45 Ом. Конструктивно выпускается в планарном корпусе DFN-16 с габаритными размерами 4×1,6×0,6 мм и шагом выводов 0,5 мм.

Антенны

Под защитой антенн подразумевается защита входных цепей радиоприемников, которые наиболее часто подвергаются воздействию ударов молний и электростатики. Цепи, работающие в распространенных ISM-диапазонах частот (900 МГц – 2,4 ГГц), чувствительны к вносимой емкости, приводящей к значительному ослаблению и отражению полезного сигнала. Поэтому в качестве устройств защиты производителем рекомендованы компоненты серии RClamp. Например, симметричный супрессор RClamp0561Z имеет емкость перехода всего 0,12 пФ и низкий уровень вносимых потерь (0,8 дБ на частоте 10 ГГц). Максимальная рабочая частота ограничена 17,5 ГГц. Выдерживает ESD-импульсы амплитудой до ±15 кВ (по воздуху) и до ±12 кВ (при контактном разряде). Выполнен в миниатюрном корпусе с размерами 0,6×0,3×0,3 мм (рис. 9).

Заключение

Компания Semtech предлагает широкую номенклатуру устройств защиты от влияния импульсов перенапряжения, вызванных воздействием статического электричества, грозовыми разрядами и иными причинами. TVS-приборы как в дискретном исполнении, так и в виде специализированных сборок, адаптированных под конкретные применения, могут удовлет-

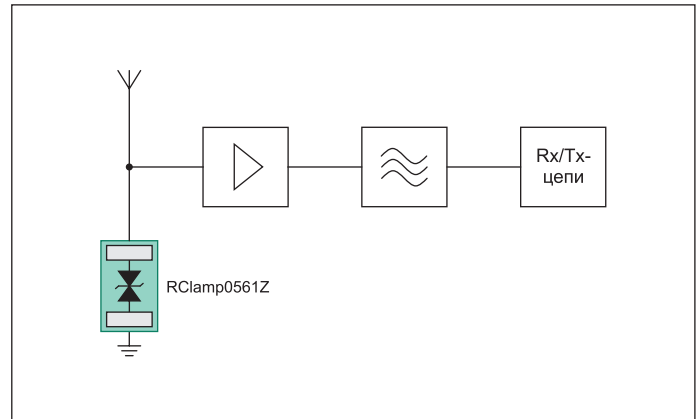


Рис. 9. Применение супрессора RClamp0561Z для защиты антенн трансиверов

ворить различные требования разработчиков электронной аппаратуры. Минимальные габариты, высокое быстродействие, соответствие требованиям международных стандартов, низкая собственная емкость, не оказывающая влияния на защищаемые цепи, — таковы ключевые особенности продукции Semtech. ■

Литература

1. www.semtech.com
2. TVS protectionselector guide 2020. www.semtech.com/uploads/design-support/SG-SEMTECH-TVS-2020-web.pdf

Статья опубликована в журнале «Компоненты и технологии» № 05'2021