

# Защита портов PoE/PoE++

Тодд ФИЛЛИПС (Todd PHILLIPS)

Статья открывает серию публикаций компании Littelfuse, посвященных защите коммуникационных портов [1]. Во второй и третьей части речь пойдет о защите высокоскоростных и низкоскоростных интерфейсов.

## Введение

Получение и передача информации между портами информационных каналов коммуникационного оборудования является одной из основных задач при проектировании подобных систем. Кроме того, система коммуникации должна обладать высокой надежностью и обеспечивать продолжительное функционирование без потерь критически важных данных и без обрывов связи. В ходе проектирования таких систем необходимо учитывать возможное воздействие внешних факторов на функционирование коммуникационных портов. К числу таких факторов относят электростатический разряд, перегрузку по току, перенапряжение — все это способно вывести из строя интегральные схемы портов.

Разработчик сталкивается сразу с несколькими, часто противоречащими друг другу задачами: обеспечить защиту оборудования от внешних воздействий без внесения существенных изменений или ухудшения работы основной схемы, сохранив габаритные размеры и обеспечив приемлемую стоимость готового решения. Данная статья является первой частью цикла, состоящего из трех частей, призванных помочь разработчикам решить перечисленные задачи наиболее эффективным способом, предлагая различные схемы защиты стандартных портов и интерфейсов.

PoE является технологией передачи данных вместе с энергией по кабелю Ethernet. Таким образом, один кабель способен передавать данные и обеспечивать питанием различное оборудование — телефоны VOIP, камеры наблюдения, подключенные к Интернету, беспроводные точки доступа, роутеры и коммутаторы в центрах обработки данных (ЦОД) и промышленные системы управления.

Для устройств с PoE применяется инженерный стандарт IEEE 802.3, который дорабатывался несколько раз для увеличения передаваемой мощности (таблица).

Ревизию стандарта 802.3bt от 2018 года часто называют общепринятым термином PoE++: она допускает мощность до 90 Вт на токе 960 мА по линиям передачи данных. Кроме того, стандарт предусматривает передачу данных по Ethernet на скоростях до 10 Гбит/с, 10GBASE-T. Тем не менее передача большой мощности одновременно с низковольтным цифровым сигналом возлагает на схему PoE высокие требования по защите от перегрузок по току и выбросов напряжения, которые могут возникать вследствие воздействия разрядов молнии, электростатики и помех в линиях АС-электропитания.

Таблица. Версии стандарта 802.3 для разной мощности

		PoE	PoE+	PoE++	
		2003 г.	2009 г.	2018 г.	
		Стандарт IEEE 802.3af	Стандарт IEEE 802.3at	Стандарт IEEE 802.3bt	
Передаваемая мощность (PSE)	Максимальная мощность, Вт	15,4	30	60	90
	Максимальный ток, мА	350	600	600	960
	Тип	1	2	3	4
Получаемая мощность (PD), Вт		12,95	25,5	51	71,3
Количество используемых пар		2		4	
Расстояние		100 м, кабель Cat5e			
Большой ток и большее количество пар требуется для стандарта PoE++, чтобы достичь 90 Вт.					

## Защита портов PoE++

На рис. 1 показан пример схемы PoE, включающий рекомендации по защите компонентов от перегрузки по току и от всплесков напряжения. Схема, расположенная между разъемом RJ-45 и физическим уровнем PHY, призвана защитить элементы сетевого интерфейса вместе с контроллером питания подключаемого устройства (PD controller).

Для защиты каждой из восьми линий данных от перегрузки по току рекомендуется использовать предохранители. Здесь предпочтительны медленные предохранители, для того чтобы избежать нежелательного срабатывания от всплесков тока при подключении питания или воздействия разрядов молнии. С другой стороны, предохранитель должен обеспечить защиту при неправильном соединении линий или замыкании питающих проводников. При этом нужно убедиться, что предохранитель соответствует требованиям стандартов IEC 62368-1, Telcordia GR-1089 и FCC 47 часть 8. Предохранители, соответствующие перечисленным требованиям, имеют рабочий ток 2 А и менее.

Следует обратить внимание и на ток отключения, который должен быть не менее 100 А, чтобы предохранитель смог сработать в самых тяжелых условиях на большом токе. Предохранители, соответствующие перечисленным стандартам и требованиям, обычно отключают цепь в течение 1 с на токе 250%. Для экономии места на печатной плате рекомендуется использовать предохранители для поверхностного монтажа.

Центральный отвод обмотки сигнального трансформатора обычно подключают на «землю» через защитный тиристор, чтобы поглотить всплески напряжения, возникающие при воздействии разрядов молнии, не допуская их прохождения через сигнальный трансформатор. Защитные тиристоры, наподобие SiDACtor компании Littelfuse, являются шунтирующими элементами защиты с малым падением напряжения в открытом состоянии и способны отвести большой ток от защищаемой схемы.

Требования к тиристорной защите:

- низкое напряжение срабатывания на уровне 6 В;
- способность пропустить ток до 200 А;
- минимальные всплески напряжения;
- низкая емкость на уровне 100 пФ;
- двухполярное исполнение;
- отсутствие деградации параметров при многократном срабатывании.

Применение предохранителя совместно с тиристорной защитой соответствует требованиям международных отраслевых стандартов GR 1080 и IEC 62368-1 о защите телекоммуникационного оборудования.

## Защита чипсета Ethernet физического уровня (PHY)

Для чипсета физического уровня основные опасности повреждения могут быть связаны с электростатическим разрядом ESD, разрядом емкости кабеля и переходными процессами в линиях связи.

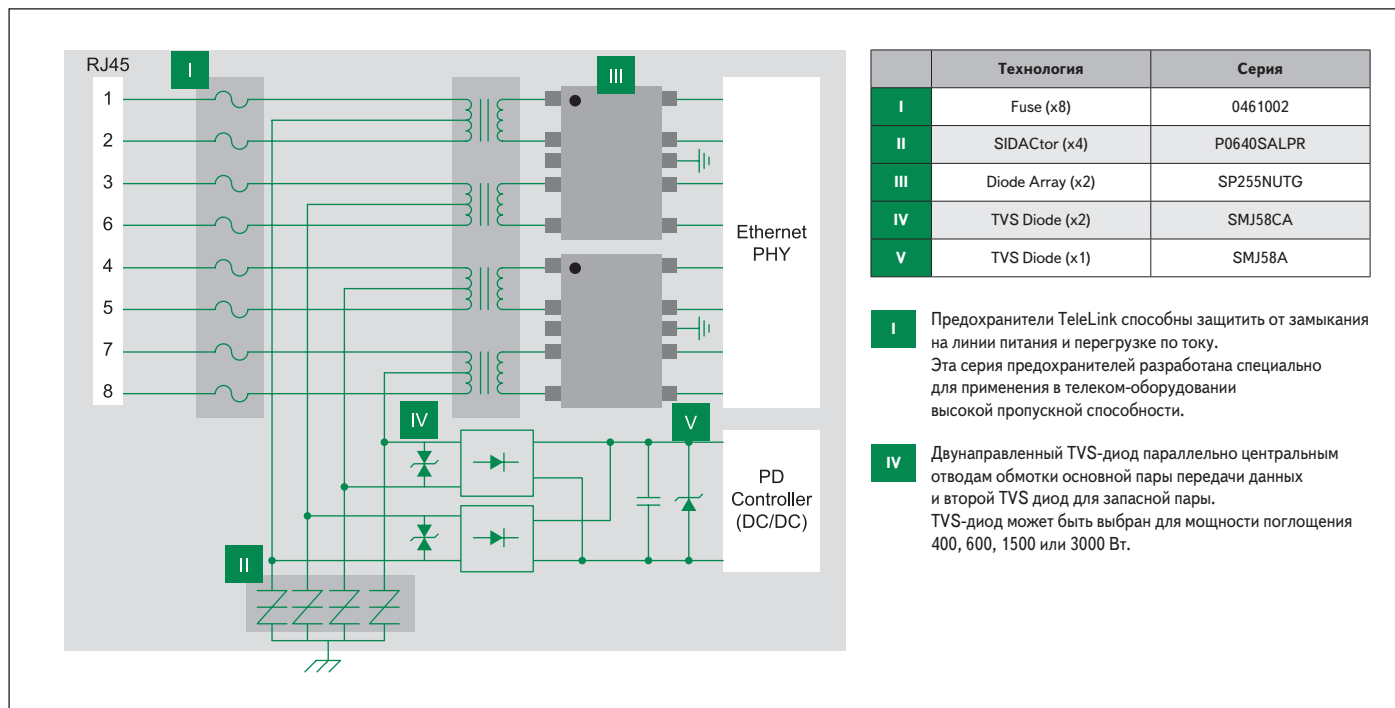


Рис. 1. Рекомендуемая схема защиты PoE++

Подавители переходных процессов на основе TVS-диодов и TVS диодные сборки могут обеспечить нужную защиту в данном случае. Для защиты всех восьми линий передачи данных рекомендуется использовать 4-канальную сборку из TVS-диодов, как показано на рис. 2.

Преимущества от применения TVS диодной сборки:

- защита от статики: до ±30 кВ;
- поглощение переходных процессов: до 1000 Вт в импульсе при токе до 45 А;
- минимальная задержка распространения сигнала при емкости 2,5 пФ на «землю»;
- малый ток утечки на уровне: 0,5 мкА;
- занимает минимум места на плате в корпусе μDFN-10.

### Защита контроллера питания (PD Controller)

Контроллер питания является DC/DC-преобразователем, который обеспечивает питание подключаемого по PoE устройства. AC/DC-выпрямитель показан отдельным блоком на приведенной схеме. AC/DC-выпрямитель подключен непосредственно к коннектору RJ-45. Для защиты выпрямителя от всплесков напряжения рекомендуется применять двухнаправленные TVS диодные сборки параллельно входным линиям. Версии данных диодных пар способны поглотить до 1500 Вт в импульсе при токе до 200 А. TVS-диоды очень быстро реагируют на возникновение переходных процессов, и их время реакции составляет порядка 1 пс. При этом ток утечки схемы защиты очень мал и составляет порядка 1 мкА.

Завершенная схема защиты контроллера питания должна также включать двухнаправленные TVS-диоды на выходе выпрямителя и входе контроллера питания. При этом потребует уделить внимание правильному выбору напряжения ограничения на основании параметров разрабатываемой схемы. Также выбранные компоненты должны обеспечивать быструю реакцию на переходные процессы.

### Защита PoE-сетей в здании

Для сетей внутри помещений характерна менее агрессивная среда эксплуатации и PoE должна обеспечить максимум 15,4 Вт или ток

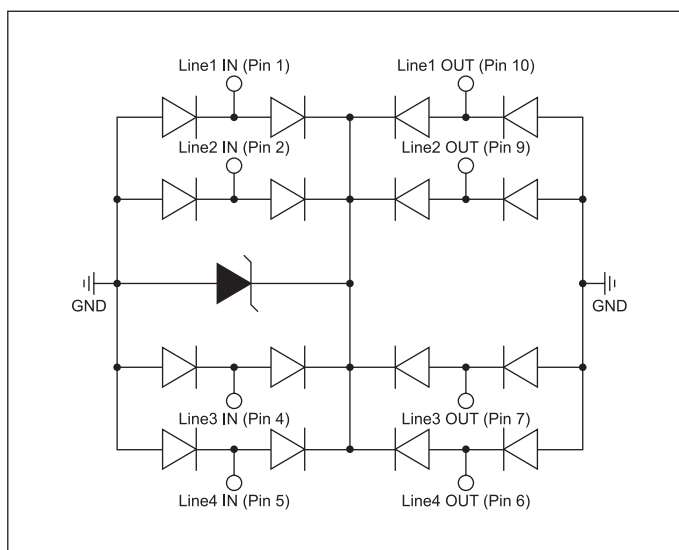


Рис. 2. 4-канальная TVS диодная сборка для защиты чипсета физического уровня Ethernet с двухнаправленными диодными парами диодом Зенера для дополнительной защиты от всплесков

350 мА. Здесь рекомендуется применять 2-канальные TVS диодные сборки для защиты контроллера физического уровня от воздействия статики.

На рис. 3а показан пример защиты PoE-сети внутри помещения с помощью диодной TVS-сборки, установленной на линии входа и выхода контроллера физического уровня.

На рис. 4 приведена схема двухканальной TVS диодной сборки. Данная сборка способна поглотить статический разряд до ±30 кВ и ток до 40 А.

Чтобы минимизировать задержку распространения сигнала приема и передачи, рекомендуется применять корпуса с емкостью на «землю» не более 2 пФ. Также следует обращать внимание на ток утечки сборки, который должен быть как можно меньше — желательно на уровне 1 мкА.

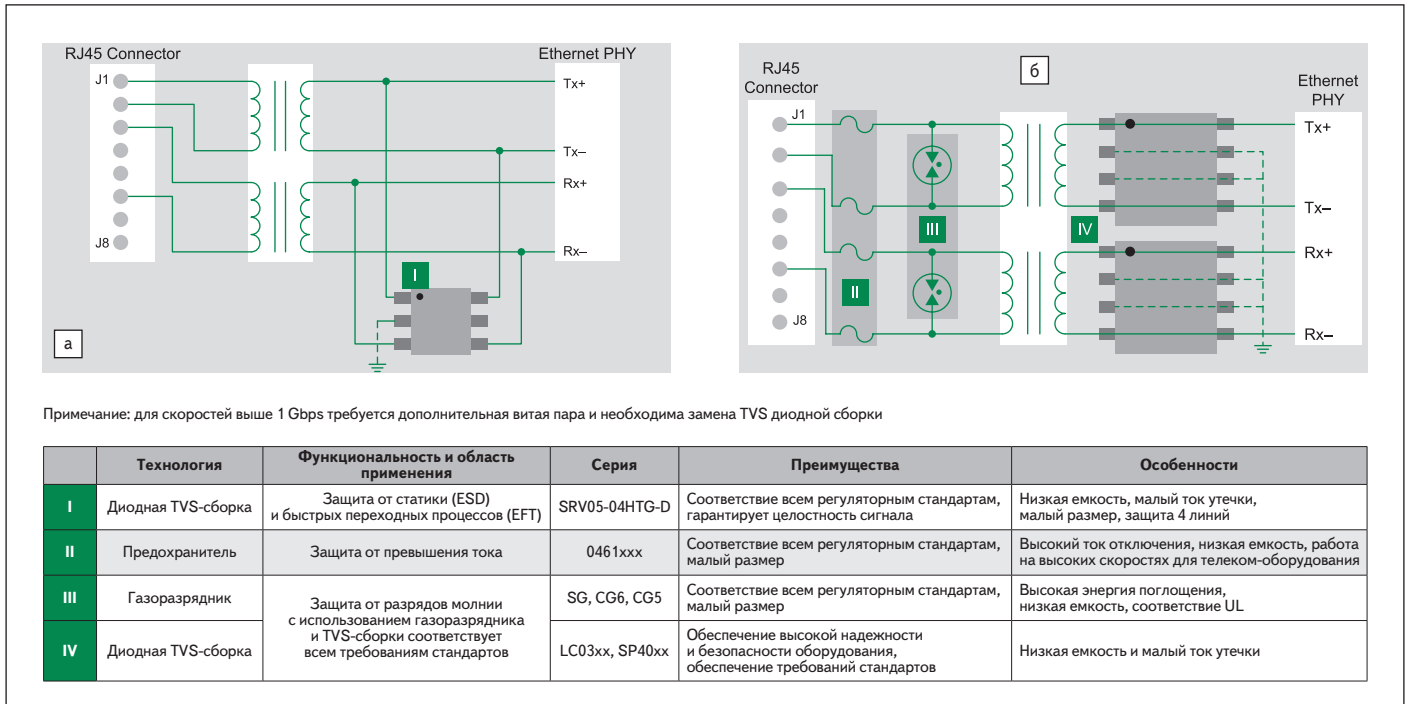


Рис. 3. Рекомендованная защита сети PoE для исполнения внутри зданий и уличного исполнения: а) intra-building; б) outdoor and harsh environment

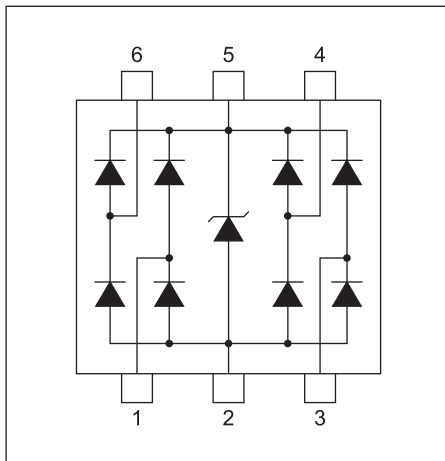


Рис. 4. Схема двухканальной TVS диодной сборки для защиты контроллера физического уровня PoE от переходных процессов

### Защита PoE-оборудования уличного исполнения

Уличное исполнение является гораздо более требовательным, или жестким, по сравнению с исполнением для эксплуатации в помещениях. Имеется гораздо больший риск возникновения замыканий на линии питания, что приведет к значительному аварийному току, а также риск всплесков напряжения, индуцированных близкими разрядами молнии. Первым элементом защиты уличного оборудования PoE+ должен стать предохранитель с задержкой срабатывания по времени, который рекомендуется устанавливать на каждую линию передачи данных и который должен защитить от замыканий на силовые линии питания. Пример схемы защиты приведен на рис. 3б. Для уличного или иного исполнения с жесткими услови-

ями эксплуатации рекомендуется, помимо предохранителей, установить газоразрядники параллельно линиям ввода/вывода. Газоразрядник при этом должен обеспечить защиту от разрядов молнии или других подобных процессов.

Газоразрядник должен обладать следующими свойствами:

- способность поглотить всплески тока до 1000 А;
- низкая емкость: менее 1 пФ, вне зависимости от приложенного напряжения;
- исполнение корпуса для поверхностного монтажа.

Обратите внимание, что и предохранитель и газоразрядник должны соответствовать требованиям, указанным в стандартах для PoE++.

Дополнительно совместно с перечисленными компонентами необходимо установить TVS диодную сборку для защиты чип-

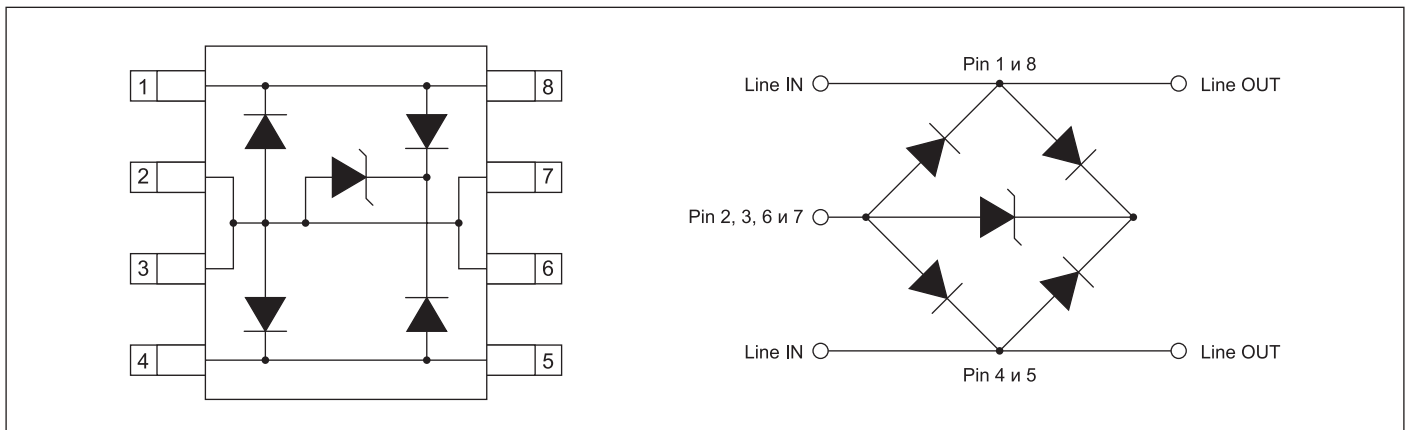


Рис. 5. Схема корпуса и внутренняя конфигурация 2-канальной TVS диодной сборки повышенной мощности

сета физического уровня PoE. При этом диодная сборка для уличного исполнения должна быть более высокой мощности, чем та, что применяется внутри помещений. Пример такой 2-канальной TVS диодной сборки повышенной мощности показан на рис. 5.

Компоненты, применяемые в данном случае, должны быть способны поглотить до 3000 Вт в импульсе и ток до 150 А. Встроенный диод Зенера ограничивает переходные процессы на сборке, в то время как сами TVS-диоды обеспечивают защиту каждого канала.

### **Получение высокой надежности на этапе проектирования**

Наличие защиты от перегрузки по току в системе передачи данных способно предотвратить отказы при разрушительном воздействии окружающей среды. Выгодой такого решения будет сокращение затрат и времени на сервисное обслуживание, а также репутация ка-

чественного производителя оборудования, что легко компенсирует незначительное удорожание схемы защиты.

Если вы закладываете компоненты защиты на самом раннем этапе, то потратите меньше времени на проектирование. При этом вы существенно сократите общее время разработки, применив защиту проверенного производителя, имеющего существенный опыт в данной области. Производитель компонентов защиты способен предложить как варианты, оптимальные по соотношению цена/качество, так и минимальные по стоимости. При этом репутация разработчика надежного и качественного оборудования в конечном счете положительно скажется и на прибыльности компании, и на вашей репутации. ■

### **Литература**

1. [www.allaboutcircuits.com/industry-articles/protecting-power-over-ethernet-poe-poe-communications/](http://www.allaboutcircuits.com/industry-articles/protecting-power-over-ethernet-poe-poe-communications/)