

## Рекомендации по применению

### Защита устройств с интерфейсом USB 2.0



#### Защита портов USB

Интерфейс USB является, пожалуй, самым распространенным в мире компьютерным интерфейсом. Его применение в промышленных приложениях становится все более популярным. Давайте подробнее рассмотрим специальные условия, свойственные промышленным приложениям.

Практические проблемы, связанные с устойчивостью к электромагнитным помехам (ЭМП) и электростатическим разрядам (ЭСР), описаны в «Руководстве по проектированию высокоскоростных платформ USB» компании Intel. Intel рекомендует использовать для подавления ЭМП синфазные дроссели и некоторые другие компоненты для защиты от ЭСР.

Компания Würth Elektronik предлагает все эти изделия.

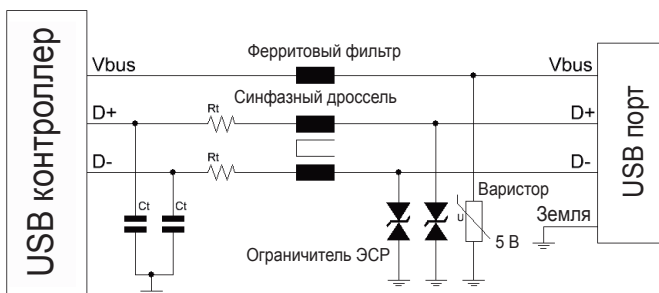
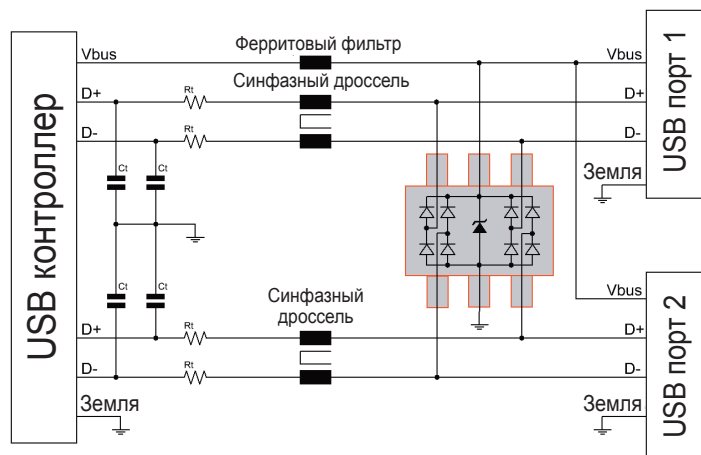
- Синфазный дроссель WE-CNSW предназначен для подавления ЭМП в высокоскоростных сигнальных линиях
- Матрицы TVS-диодов WE-TVS с очень малой емкостью (<2 пФ) или ограничители ЭСР WE-VE (с емкостью от 0,05 пФ) являются оптимальным выбором для защиты от ЭСР. (Transient Voltage Surge Suppressor)

Но для обеспечения полноценной защиты от ЭМП абсолютно необходимо защитить также и источник питания ( $V_{bus}$ ). Многие разработчики забывают об этом важном правиле и удивляются, когда их изделия не проходят испытания на устойчивость к ЭМП.

Ниже показаны две типовые схемы оптимизированной защиты одного или двух USB портов:

Одна матрица TVS-диодов WE-TVS может полностью защитить два порта USB. Надежно защищенными оказываются все четыре сигнальные линии и общий источник питания. Для дальнейшей оптимизации, т.е. для фильтрации входного синфазного шума, а также дифференциального шума линии USB, используется LC фильтр на основе синфазного дросселя WE-CNSW и конденсаторов.

Хорошего подавления шума в линиях питания можно добиться, применив ферритовые фильтры (чип-ферриты) серии WE-CBF Würth Elektronik.



Кроме того, между сигнальной линией и землей включаются компоненты для защиты одной линии, такие как ограничители ЭСР серии WE-VE. Для защиты линии питания нет смысла использовать ограничитель ЭСР малой емкости. Для этой цели лучше подойдет стандартный варистор для поверхностного монтажа, способный выдерживать значительные импульсные перенапряжения и мощные переходные процессы.

## Рекомендации по применению



### Защита устройств с интерфейсом USB 2.0

#### О TVS-диодах

Компания Würth Elektronik выпускает матрицы TVS-диодов серии WE-TVS. Эти диодные матрицы выполняют три основные функции:

- защита от электростатических разрядов согласно EN 61000-4-2
- защита от импульсного перенапряжения согласно EN 61000-4-5
- защита от импульсных переходных помех согласно EN 61000-4-4

Серия WE-TVS представляет собой обладающую высокими характеристиками матрицу из TVS-диодов, способных ограничивать импульсные перенапряжения. Эти матрицы рекомендуются для защиты от перенапряжения высокоскоростных линий передачи данных, таких как USB 2.0, DVI или LAN. Параметры серии WE-TVS превосходят требования стандарта EN 61000-4-2. Благодаря сверхмалой емкости (<2,0 пФ) эти диоды практически не оказывают влияния на характеристики сигнальной линии.

#### Об ограничителях ЭСР

Для защиты от ЭСР используются специальные варисторы с малой собственной емкостью. Компания Würth Elektronik выпускает три серии таких варисторов:

- Стандартная серия WE-VE: емкость от 1 до 120 пФ, номинальное напряжение от 5 до 24 В
- Серия WE-VE «ULC»: емкость 0,2 пФ, для сигнальных линий напряжением до 12 В
- Серия WE-VE «femtoF»: емкость 0,05 пФ, номинальные напряжения 6, 14 и 26 В

Первые две серии выпускаются также в виде матрицы из четырех элементов.

#### Зачем нужна защита от электростатического разряда?

С момента появления электронных устройств существует проблема защиты электронных компонентов от воздействия электростатических разрядов. Пиковое напряжение ЭСР достигает 30 кВ и поэтому очень опасно для всех типов интегральных схем. И хотя некоторые современные ИС имеют встроенную защиту от ЭСР, практический опыт показывает необходимость дополнительной защиты. С одной стороны, это обеспечивает защиту всех компонентов печатной платы от ЭСР, а с другой стороны, позволяет создавать более надежные изделия для удовлетворения потребностей ваших заказчиков.

#### Зачем нужна защита от электромагнитных помех?

С ростом числа электрических и электронных приборов и с широким распространением беспроводных интерфейсов все более важным становится требование к обеспечению устойчивости изделий к преднамеренному и непреднамеренному радиочастотному воздействию. Только точный учет влияния ЭМП на ваше изделие позволит спроектировать соответствующую защиту и ускорить его продвижение на рынок.

Кроме того, само изделие не должно генерировать избыточные уровни ЭМП, и эта его характеристика оценивается обычно в лабораториях по испытанию электромагнитной совместимости. Если изделие не пройдет испытания, то затраты на устранение этого недостатка могут значительно увеличить стоимость разработки.

## Рекомендации по применению

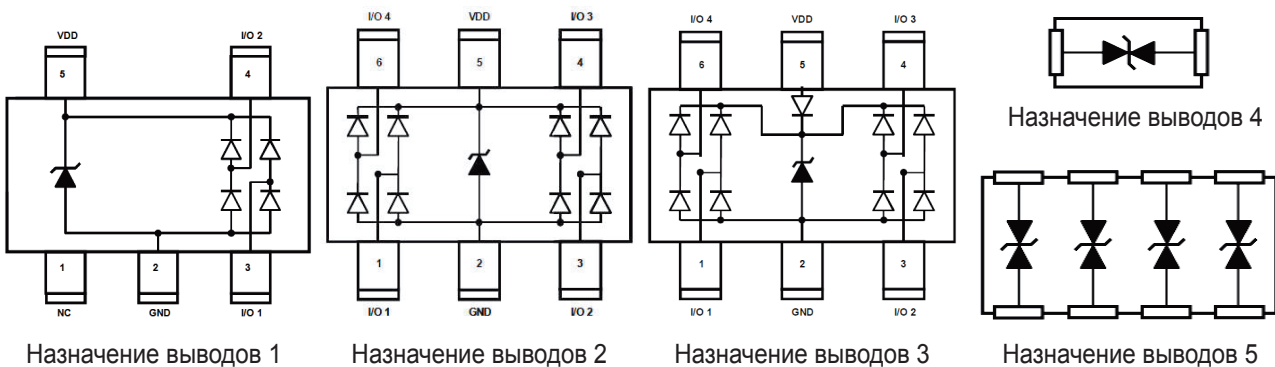
### Защита устройств с интерфейсом USB 2.0



### Устройства защиты для различных областей применения

Выпускается четыре типа матриц TVS-диодов и пять типов ограничителей ЭСР:

Код заказа	Корпус	Назначение выводов	Число защищаемых линий ввода-вывода / $V_{пит}$	$V_{обр макс}$	$C_{вх}$	$I_{pp}$	$V_{ЭСР}$	$V_{огр ЭСР}$	Возможность гальванич. развязки $V_{пит}$
824 011	SOT23-5L	1	2 / 1	5 В	2,0 пФ	12 А	20 кВ	13 В	Нет
824 015	SOT23-6L	2	4 / 1	5 В	2,0 пФ	12 А	20 кВ	13 В	Нет
824 001	SOT23-6L	2	4 / 1	5 В	1,0 пФ	5 А	15 кВ	14 В	Нет
824 014	SOT23-6L	3	4 / 1	5 В	0,5 пФ	4 А	16 кВ	12 В	Да
823 07 050 029	0402	4	1	5 В	0,2 пФ	-	8 кВ	17 В	-
823 06 050 029	0603	4	1	5 В	0,2 пФ	-	8 кВ	30 В	-
823 81 120 029	0612	5	4	12 В	0,2 пФ	-	8 кВ	30 В	-
823 17 06	0402	4	1	6 В	0,05 пФ	-	8 кВ	40 В	-
823 16 06	0603	4	1	6 В	0,05 пФ	-	8 кВ	40 В	-



### Как выбрать подходящий компонент?

- Вам известно напряжение питания и, следовательно, максимальный размах сигнала  
→ возьмите TVS-диод
- Вам неизвестно напряжение питания или его полярность  
→ возьмите TVS-диод, допускающий гальваническую развязку  $V_{пит}$ , или возьмите ограничитель ЭСР WE-VE
- Какую максимальную емкость можно подключить к линии передачи данных, чтобы не нарушить целостность данных?  
→ На линии USB 2.0 допускается подключать емкость до 5 пФ
- Какое максимальное напряжение может создавать электростатический разряд?
- Вы хотите защитить одну или две линии USB? Имейте в виду, что подключение одной линии данных USB к двум выводам «I/O» TVS-диода обеспечивает лучшие характеристики → выбирайте матрицу

Ответьте на все эти вопросы, и вы найдете наиболее подходящий вам компонент.

Для одного USB-порта мы рекомендуем использовать 824 011, а для двух USB-портов – 824 015.

Разработчики, предпочитающие устанавливать отдельный защитный элемент для каждой линии, могут выбрать компоненты с номерами 823 07 050 029 или 823 06 050 029.

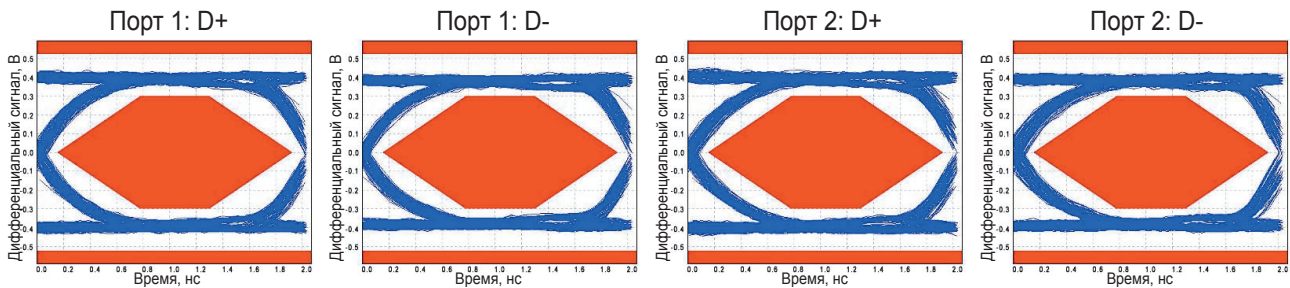
## Рекомендации по применению

### Защита устройств с интерфейсом USB 2.0

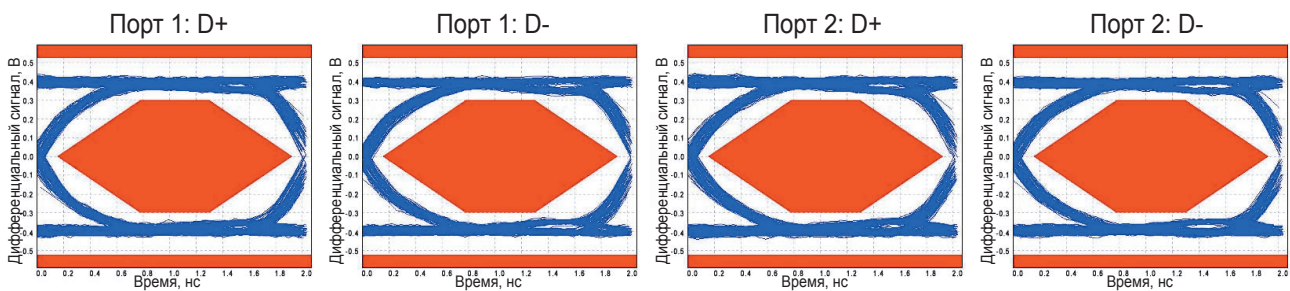


#### Тестирование по глазковой диаграмме

Выбирая защитный элемент, вы должны быть уверены, что ваш интерфейс будет отвечать требованиям спецификации USB. Поэтому лучше выбирать защитные устройства с малой емкостью, чтобы минимизировать влияние на характеристики сигнальных линий.



Глазковая диаграмма дифференциального сигнала USB 2.0 без защиты



Глазковая диаграмма дифференциального сигнала с подключенным к двум линиям TVS-диодом WE-TVDS, код 824 015

По глазковой диаграмме видно, что после подключения диода WE-TVDS целостность сигнала USB 2.0 не нарушилась. Аналогичный результат продемонстрируют все упомянутые здесь TVS-диоды и ограничители ЭСР.

Следующая таблица иллюстрирует выдающиеся достижения технологии компании Würth Elektronik, обеспечивающей сверхмалую емкость защитных элементов. Компоненты, изготовленные по этой новой технологии, обладают столь малой емкостью между каналами, что в нормальных условиях работы не оказывают никакого воздействия на сигнал.

Код заказа	Корпус	Число защищаемых линий ввода- вывода	$V_{обр макс}$	$C_{вх}$	$C_x$
824 015	SOT23-6L	4	5	2 пФ	0,1 пФ
Аналог производителя S	SOT23-6L	4	5	3 пФ	1,5 пФ
824 001	SOT23-6L	4	5	1 пФ	0,1 пФ
Аналог производителя P	SOT23-6L	4	5	3 пФ	1,5 пФ
$V_{обр макс}$	Максимальное обратное рабочее напряжение				
$C_{вх}$	Входная емкость между выводом I/O и землей ( $V_{вх} = 2,5 В$ , $V_{пит} = 5 В$ )				
$C_x$	Входная емкость между выводами I/O ( $V_{вх} = 2,5 В$ , $V_{пит} = 5 В$ )				

## Рекомендации по применению

### Защита устройств с интерфейсом USB 2.0



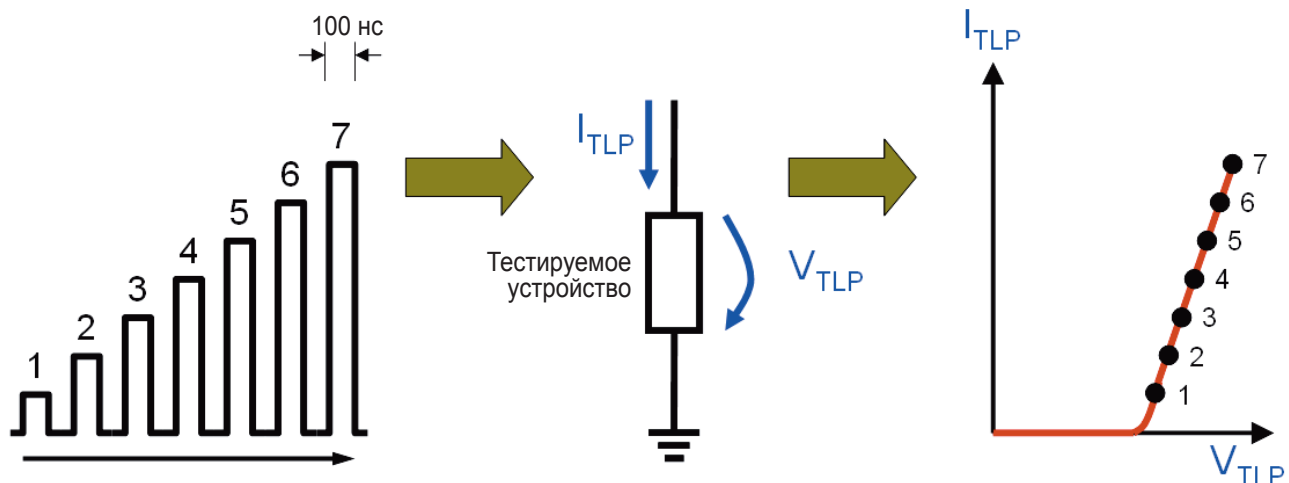
#### Тестирование уровня защиты ограничителей ЭСР

Простейший способ измерения уровня защиты заключается в подаче импульса ЭСР на электронную схему с защитным устройством и в измерении пикового напряжения этого импульса до и после защитного устройства. Но на результаты такого измерения оказывают влияние некоторые условия.

В связи с высокой частотой и широкой полосой импульса ЭСР (от нескольких МГц до нескольких ГГц), во время измерения могут возникать высокочастотные отражения. Абсолютное пиковое напряжение и напряжения выбросов во время отражения являются показателем лучшей и худшей защиты, но вы не можете указать точное значение напряжения ограничения. И к тому же, это измерение не обладает должной достоверностью и повторяемостью!

Инженеры, знакомые с полупроводниковыми приборами, знают о существовании метода измерения TLP. Метод TLP (метод импульсного измерения линии передачи) позволяет выполнять воспроизводимые и очень точные измерения, поскольку все измерения выполняются в согласованной системе сопротивлением 50 Ом.

На элемент защиты подается импульс тока определенной формы (слева) и измеряется результирующее напряжение на этом элементе (в центре). Эта процедура повторяется с нарастанием тока. В результате вы получаете характеристику TLP (справа).



Измерение по методу TLP и соответствующая характеристика TLP

Это измерение можно выполнять для вывода  $V_{пит}$  и выводов I/O. Чем меньше получится измеренное напряжение, тем лучше работает защитное устройство и, следовательно, выше надежность вашей электронной схемы.

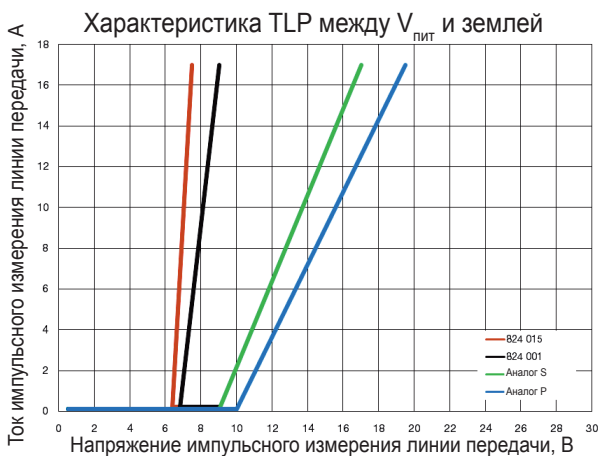
Благодаря встроенной технологии мгновенного сброса, TVS-диоды компании Würth Elektronik обладают минимальным напряжением ограничения ЭСР на современном рынке. WE-TVS демонстрирует явное превосходство по сравнению с изделиями конкурентов! Чтобы убедиться в этом, достаточно взглянуть на характеристики TLP.

## Рекомендации по применению

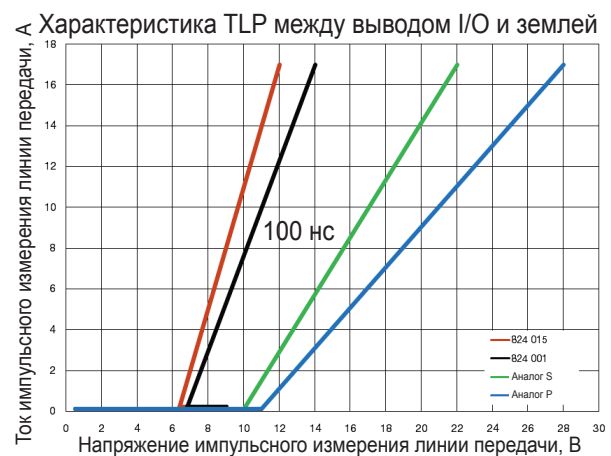
### Защита устройств с интерфейсом USB 2.0



Код заказа	Корпус	Число защищаемых линий ввода-вывода	$V_{обр\ макс}$	$V_{огр,IO}$	$V_{огр,VDD}$	$V_{ЭСР}$	$C_{вх}$	$I_{PP}$	
824 015	SOT23-6L	4	5	12	7,5	12 кВ	2 пФ	12 А	
Аналог производителя S	SOT23-6L	4	5	22	15,5	15 кВ	3 пФ	12 А	
824 001	SOT23-6L	4	5	14	9	8 кВ	1 пФ	5 А	
Аналог производителя P	SOT23-6L	4	5	28	19	8 кВ	3 пФ	6 А	
$V_{обр\ макс}$	Максимальное обратное рабочее напряжение								
$V_{огр,IO}$	Напряжение ограничения ЭСР на выводе I/O (IEC 61000-4-2, режим вывода 6 кВ)								
$V_{огр,VDD}$	Напряжение ограничения ЭСР на выводе питания (IEC 61000-4-2, режим вывода 6 кВ)								
$V_{ЭСР}$	Максимальный выдерживаемый импульс ЭСР (IEC 61000-4-2, режим вывода)								
$C_{вх}$	Входная емкость между выводом I/O и землей ( $V_{вх} = 2,5 В$ , $V_{пит} = 5 В$ )								
$I_{PP}$	Максимальный выдерживаемый бросок тока (8/20 мкс)								



Характеристика TLP разных компонентов для вывода  $V_{пит}$



Характеристика TLP разных компонентов для выводов I/O

### Рекомендуемая топология печатной платы для одного порта USB

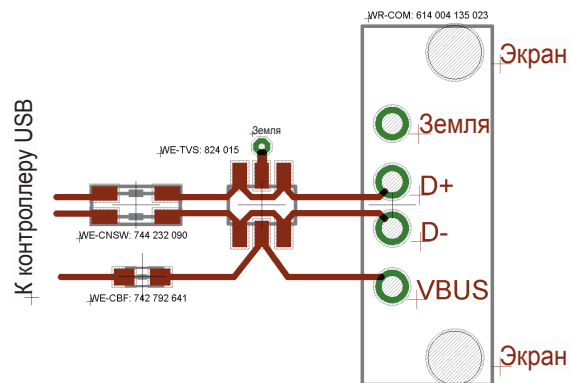
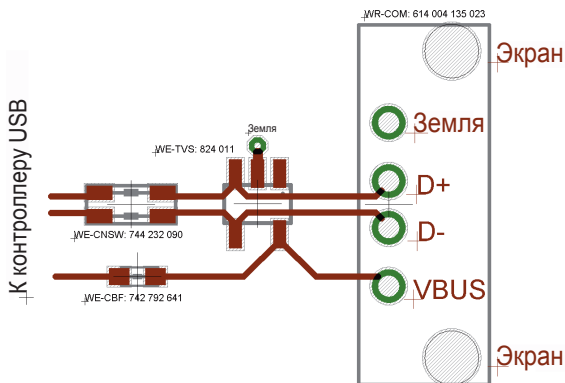
Две дифференциальные сигнальные линии (D+ и D-) с разъема идут на TVS-диод (код 824 011) и через синфазный дроссель (код 744 232 090) на USB контроллер, как показано далее на левом рисунке. Это обеспечивает превосходную защиту от ЭСР и подавление ЭМП в обеих линиях.

Линия VBUS разводится подобно сигнальной линии, но вместо синфазного дросселя используется ферритовый фильтр (код 742 792 641). После ферритового фильтра можно включить конденсатор и второй ферритовый фильтр для достижения максимального подавления ЭМП.

Для очень чувствительных ИС и/или для устройств, требующих высокой надежности, можно получить оптимальное подавление ЭСР, использовав двойное подключение матрицы из четырех TVS-диодов (код 824 015), как показано на рисунке справа.

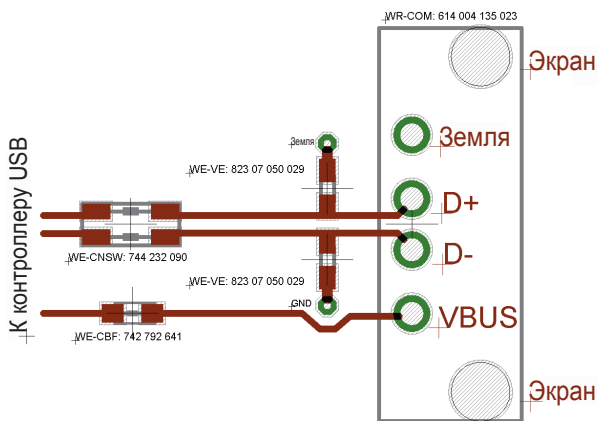
## Рекомендации по применению

### Защита устройств с интерфейсом USB 2.0



Защита одного USB порта

Двойная защита одного USB порта



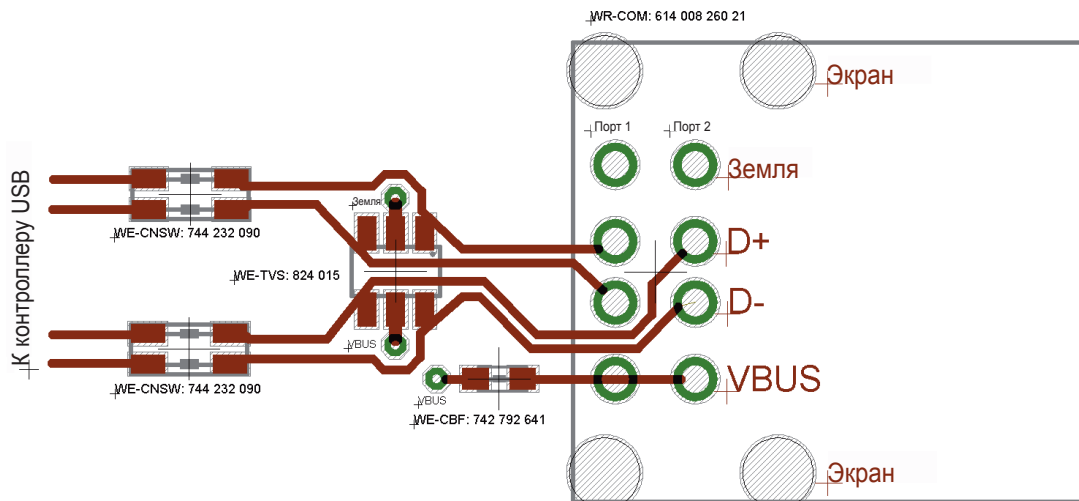
Разработчики, предпочитающие одноканальные компоненты, могут использовать ограничители ЭСП WE-VE. Их нужно подключать между линией D+/D- и землей.

Другие элементы подключаются так же, как и в предыдущих примерах.

Защита одного USB порта

### Рекомендуемая топология печатной платы для двойного порта USB

Топология данной схемы практически ничем не отличается от топологии для одного USB порта. Используйте те же детали, что и для защиты одного порта, и уровни защиты тоже будут такими же.



Защита двойного USB порта

## Рекомендации по применению



### Защита устройств с интерфейсом USB 2.0

#### Перечень элементов

В этих рекомендациях по применению использованы следующие элементы

#### TVS-диоды WE-TVS:

824 011:	Защита 2 линий I/O и линии $V_{пит}$ : типоразмер SOT23-5L   $C_{I/O}$ 2 пФ   $V_{обр макс}$ 5 В   $I_{pp}$ 5А
824 015:	Защита 4 линий I/O и линии $V_{пит}$ : типоразмер SOT23-6L   $C_{I/O}$ 2 пФ   $V_{обр макс}$ 5 В   $I_{pp}$ 5А
824 013:	Защита 4 линий I/O и линии $V_{пит}$ для USB и LAN с 3.3 В: типоразмер SOT23-6L   $C_{I/O}$ 3 пФ   $V_{обр макс}$ 3.3 В   $I_{pp}$ 5А
824 016 46:	Защита 4 линий I/O и линии $V_{пит}$ для USB 3.0: типоразмер MSOP-8L   $C_{I/O}$ 0.2 пФ   $V_{обр макс}$ 5 В   $I_{pp}$ 5А

#### Ограничители ЭСР WE-VE:

823 07 050 029:	Типоразмер 0402   $C_{тип}$ 0,2 пФ   $V_{обр макс}$ 5В   $V_{огр}$ 17 В
823 06 050 029:	Типоразмер 0603   $C_{тип}$ 0,2 пФ   $V_{обр макс}$ 5В   $V_{огр}$ 30 В

#### Синфазные дроссели WE-CNSW:

744 230 900:	Типоразмер 0603   $I_{пост}$ 550 мА   $R_{пост}$ 145 мОм   импеданс 90 Ом
744 232 091:	Типоразмер 0805   $I_{пост}$ 370 мА   $R_{пост}$ 300 мОм   импеданс 90 Ом
744 232 090:	Типоразмер 1206   $I_{пост}$ 370 мА   $R_{пост}$ 300 мОм   импеданс 90 Ом
744 235 900:	Типоразмер 1812   $I_{пост}$ 2000 мА   $R_{пост}$ 50 мОм   импеданс 90 Ом
744 233 670:	Типоразмер 0805   $I_{пост}$ 320 мА   $R_{пост}$ 240 мОм   импеданс 67 Ом   HF

#### Ферритовые фильтры WE-CBF:

742 792 641:	Типоразмер 0603   $I_{пост}$ 2000 мА   $R_{пост}$ 150 мОм   импеданс 300 Ом
742 792 66:	Типоразмер 0603   $I_{пост}$ 200 мА   $R_{пост}$ 600 мОм   импеданс 1000 Ом
742 792 79:	Типоразмер 0402   $I_{пост}$ 200 мА   $R_{пост}$ 1000 мОм   импеданс 600 Ом
742 792 651:	Типоразмер 0603   $I_{пост}$ 1000 мА   $R_{пост}$ 200 мОм   импеданс 600 Ом
742 792 040:	Типоразмер 0805   $I_{пост}$ 2000 мА   $R_{пост}$ 150 мОм   импеданс 600 Ом

#### USB разъемы WR-COM:

614 004 160 21:	USB разъем Тип А   THT   Горизонтальный
614 008 260 21:	USB разъем Тип А   THT   Двойной
614 004 135 023:	USB разъем Тип А   THT   Вертикальный
614 004 134 726:	USB разъем Тип А   THT   Upright
629 004 160 21:	USB разъем Тип А   SMT   Горизонтальный
614 004 161 21:	USB разъем Тип В   THT   Горизонтальный
651 005 136 521:	Mini USB разъем Тип В   THT   Горизонтальный
651 005 136 421:	Mini USB разъем Тип В   THT   Вертикальный
614 108 247 221:	USB разъем Тип А   THT   Двухсторонний (Reversible)
629 105 136 821:	USB разъем Тип А   THT   Вертикальный
692 121 030 100:	USB3.0 разъем Тип А   THT   Горизонтальный



# Рекомендации по применению

## Защита устройств с интерфейсом USB 2.0



### Комплект для проектирования интерфейсов

Для упрощения проектирования интерфейсов компания Würth Elektronik выпускает специальный «Комплект для проектирования интерфейсов». Этот комплект содержит руководство по проектированию интерфейсов USB 1.0 – USB 2.0, CAN, Ethernet, VGA, DVI, RS232 и RS485 и все необходимые компоненты, то есть, ограничители ЭСР, синфазные дроссели для поверхностного монтажа, ферритовые фильтры, LAN-трансформаторы и соответствующие разъемы.

Всего в комплект входит 35 разных пассивных компонентов с 235 деталями и 4 макетными платами.

Цветовая маркировка упрощает поиск подходящих компонентов для вашего приложения. Просто ориентируйтесь на цвет конкретного приложения и выбирайте нужные детали.

Для каждого приложения вы найдете простую схему, которая покажет, как располагать разные компоненты для получения наилучших результатов. **Попробуйте – это того стоит!**