

Защита высокоскоростных коммуникационных портов

Тим Ардлей (США)

Перевод Игоря Волобуева

В статье приведены некоторые общие сведения о стандартах IEEE 1394 и USB в высокоскоростных и низкоскоростных применениях.

Рассмотрены вопросы защиты портов, а также линий питания и данных при перегрузках по току и напряжению. Рассмотрен также стандарт IEC 61000-4-2 и уровни защиты от электростатических импульсов.

Порты USB

Стандарт USB (Universal Serial Bus) предоставляет возможность одному USB-порту управлять 127 периферийными USB-устройствами с одного хоста (ПК, узел сети). Также USB позволяет широкому кругу устройств с малым потреблением, таких как USB-фонарики, зарядные устройства мобильных телефонов, переносные жёсткие диски для ноутбуков, получать питание от хоста и не использовать собственные источники питания. Протокол USB 1.1 обеспечивает скорость передачи данных до 12 Мбит/с. Протокол USB 2.0 (последняя версия) обеспечивает скорость передачи данных до 480 Мбит/с. Протокол USB 2.0 использует стандартные разъёмы А для подключения к хосту и стандартные разъёмы В для подключения к периферии. Поскольку они слишком ве-

лики для переносных устройств, часто используются разъёмы мини-А и мини-В.

Самый последний стандарт USB OTG (On The Go) разрешает периферийному оборудованию (PDA, цифровые фотоаппараты и мобильные телефоны) соединяться друг с другом (рис. 1). Например, USB OTG разрешает цифровому фотоаппарату посылать файлы напрямую на принтер без использования компьютера. Оборудование стандарта USB OTG может являться или хостом, или периферией, и имеет возможность переключаться в процессе работы. У оборудования с поддержкой USB OTG интерфейсные разъёмы меньше по размеру. К ним можно подключать разъёмы или мини-А, или мини-В. Такие разъёмы называют мини-АВ.

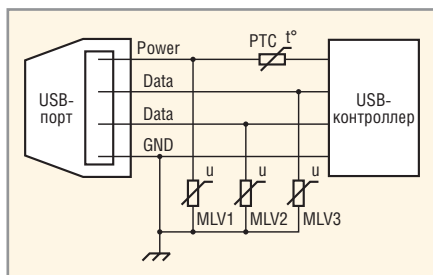


Рис. 1. Принципиальная схема защиты по току и напряжению USB-порта

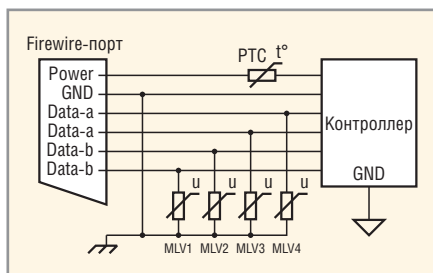


Рис. 2. Принципиальная схема защиты по току и напряжению IEEE1394 портов

тов данных. Перехлест линий от драйвера к приёмнику происходит в кабеле.

Существует возможность питания от хоста устройств мощностью до 45 Вт (рис. 2). Источник питания может поддерживать максимум до 1,5 А при абсолютном максимуме напряжения в 40 В. В то время как такая возможность позволяет цифровым фотоаппаратам и PDA получать питание от порта, высокая плотность тока требует наличия защиты от перегрузки по току.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ПИТАНИЯ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ ПО ТОКУ

Сопротивление термистора с положительным температурным коэффициентом (Positive Temperature Coefficient — PTC) значительно увеличивается с ростом его температуры за счёт теплового действия тока (I^2R). Рабочий ток — это максимальный ток, который PTC-термистор будет проводить при максимальном напряжении без отключения. Этот параметр обычно указывается при комнатной температуре. Повышение температуры среды приводит к уменьшению тока отключения, что необходимо учитывать на этапе разработки.

Порты IEEE 1394 (FIREWIRE™, i.LINK™)

Институт ИЭР опубликовал стандарты последовательного подключения, получившие названия IEEE 1394A (поддерживает передачу данных со скоростью 400 Мбит/с) и IEEE 1394B (поддерживает — 800 Мбит/с). Эти стандарты важны, когда требуется передача видео реального времени или больших объёмов данных. Стандарт IEEE 1394 предусматривает возможность подключения до 63 внешних устройств к одному порту.

Разводка по стандарту IEEE 1394 отличается от разводки USB использованием для связи двух витых пар вместо одной. Каждая пара отдельно экранирована внутри кабеля — одна используется для передачи данных, другая — для приёма. Экранирование кабеля критично для уменьшения внешней интерференции, приводящей к порче би-

При любом токе между I_{HOLD} и I_{TRIP} PTC-термистор может перейти в состояние высокого сопротивления. Это сильно зависит от сопротивления PTC-термистора. Он будет оставаться в отключенном состоянии (с небольшим током), пока ток не упадёт ниже значения I_{HOLD} . Из-за повышенной температуры корпуса рабочий ток будет крайне низким, поэтому может потребоваться сброс вручную. Как только PTC-термистор остынет, его сопротивление вернётся к номинальному значению. Поскольку отключение PTC-термистора зависит от тока, существует взаимосвязь между временем отключения и током. Небольшое превышение по току, близкое к рабочему значению, может выразиться в большом времени повторного включения, что также требуется учитывать на этапе разработки.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ПИТАНИЯ USB ОТ ПЕРЕГРУЗОК ПО ТОКУ

Нагрузка на порты USB 2.0 хоста (настольного ПК или ноутбука) может быть до 500 мА. Внешние хабы ограничены током 100 мА на порт и максимум четырьмя портами на хаб. Защита от перегрузок по току требуется на портах, имеющих номинальное питание 5 В. Периферийные устройства USB OTG предназначены для работы с ограниченным хостом и должны иметь возможность отдавать и принимать напряжение питания. Если номинал тока на порт больше 100 мА, то требуется стабилизация напряжения в интервале 4,75...5,25 В. Это обеспечивает обратную совместимость со стандартом питания в USB 2.0. Для требуемой защиты от перегрузки по току для протокола USB 2.0 подходят полимерные термисторы с положительным температурным коэффициентом (polymer positive temperature coefficient – PPTC), например, термисторы Bourns® Multifuse® MF-NSMF150/33 обладает рабочим током в 1,5 А для ограничения воздействия на источник питания при коротком замыкании в цепи. Обычное время срабатывания MF-NSMF150/33 составляет 120 с при токе в 2 А и 7 с при токе 5 А, что делает его устойчивым к высоким пусковым токам. Из-за небольших габаритов его удобно использовать в портативных устройствах (табл. 2).

Например, термистору MF-NSMF050 потребуется примерно 3 с для переключения при токе нагрузки в 1 А и 0,15 с при токе 2 А. Термистору MF-NSMF075 с меньшим сопротивлением потребуется примерно 1 с для переключения под нагрузкой в 2 А.

Добавление PTC-термистора вызовет нестабильность выходного напряжения источника питания USB (рис. 3), находящемуся под нагрузкой. При максимальной нагрузке на источник питания его напряжение не должно падать ниже 4,75 В. Максимальное сопротивление кабеля USB длиной 5 м равно 190 мОм. Сопротивление кабеля в 2 мОм/см должно быть согласовано с сопротивлением PTC-термистора, но обычно им можно пренебречь. Возможно, для обеспечения достаточной стабилизации напряжения придётся уменьшить сопротивление PTC-термистора, но в случае отказа это приведёт к большей нагрузке на источник питания (табл. 1).

ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ПИТАНИЯ IEEE 1394

Большинство современных периферийных устройств, использующих протокол IEEE 1394, не используют опцию питания от хоста, и некоторые поставщики предоставляют кабели без линий питания. Спецификацией IEEE 1394 предусматривается большая плотность тока по сравнению с USB 2.0, поэтому выбор PTC-термисторов немного отличается. Максимальное рабочее напряжение PTC-термистора должно быть не менее 33 В, а ток отключения должен быть не более 1,5 А. При температуре окружающей среды термистор Bourns® Multifuse® MF-SMDF150/33 обладает рабочим током в 1,5 А для ограничения воздействия на источник питания при коротком замыкании в цепи. Обычное время срабатывания MF-SMDF150/33 составляет 120 с при токе в 2 А и 7 с при токе 5 А, что делает его устойчивым к высоким пусковым токам. Из-за небольших габаритов его удобно использовать в портативных устройствах (табл. 2).

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ

При выборе защиты оборудования от импульсов напряжения необходимо понимать причину возникновения импульсов. Интегральные схемы (ИС) обычно проектируются с защитой от прикосновений напряжений 1...2 кВ. Это делается для защиты от

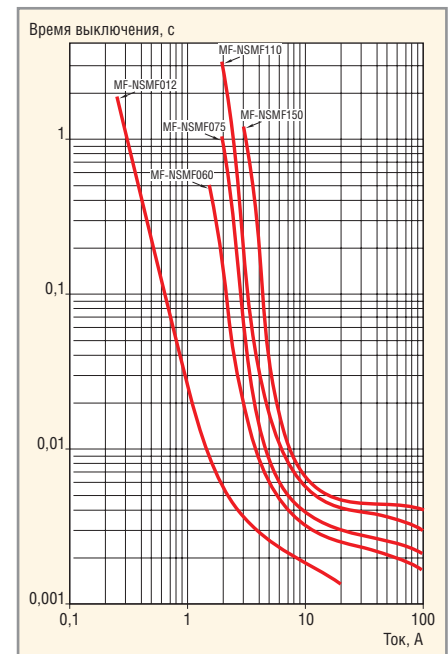


Рис. 3. Временная характеристика PTC

возможных происшествий при производстве платы. Для портативного оборудования стандарт IEC 61000-4.2 определяет модели человеческого тела, создающего электростатические импульсы до 8 кВ. Следовательно, важно удостовериться, что защищённые ИС или цепь выдержат такой скачок напряжения. Обсуждается ужесточение стандарта на контактные и воздушные заряды, так как модели человеческого тела при благоприятных условиях достигают заряда до 25 кВ.

Наиболее общий метод защиты от электростатических разрядов заклю-

Центр технической поддержки BOURNS:
тел: (495) 981-0961, www.bourns.ru

Надёжные решения в электронике

- диоды
- PTC-предохранители
- газовые разрядники
- электронные модули
- подстроечные резисторы
- потенциометры
- гибридные сборки
- DC/DC конвертеры
- тиристоры
- энкодеры
- переключатели
- варисторы
- трансформаторы
- дроссели
- чип-резисторы и сборки

Дистрибуторы в России:
Ардуссофт (495) 221-0130
Авелт Тим (495) 937-2167
Тиллан (495) 737-5099
Спрингс Электроникс (495) 926-5897

Bourns AG, European headquarters, Zugerstrasse 74, CH-6340 Baar, TEL +41-41-768 55 55, www.bourns.com

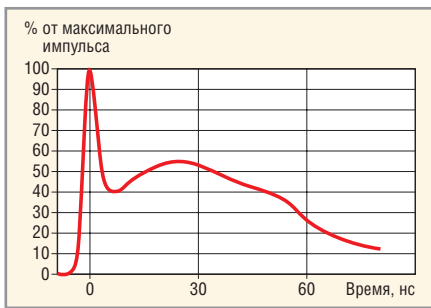


Рис. 4. Осциллограмма электростатического импульса

чается в использовании в качестве первого уровня защиты маленьких кремниевых стабилитронов или многослойных варисторов (multilayer varistors – MLV). Следовательно, для надёжного решения необходимо знать плотность рассеиваемой мощности, которую должно выдерживать защитное устройство. У многослойных варисторов существует пороговое напряжение, до которого их сопротивление остаётся высоким, например, 120 МОм для семейства CG0603MLC. При повышении напряжения сопротивление уменьшается, что приводит к экспоненциальному росту тока через варистор. После прохождения импульса сопротивление варистора MLV вернётся в своё начальное высокоомное состояние.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ДАННЫХ ОТ СКАЧКОВ НАПЯЖЕНИЯ

При разработке защиты высокоскоростной линии данных решающее значение получает ёмкость за-

щитного устройства. Последовательное сопротивление и ёмкость нагрузки создают фильтр первого рода, который делает нарастающий и спадающий фронты импульса более пологими. Уменьшению последовательного сопротивления способствуют более толстые и широкие дорожки, но уменьшение эффективного сопротивления даёт лучший эффект. Многослойный тиристор Bourns® ChipGuard® CG0603MLC-xxE был разработан для обеспечения сверхнизкой ёмкости в 0,5 пФ, и при этом он имеет пренебрежимо малый ток утечки. Использование тиристора CG0603MLC почти не отразится на скорости передачи данных при 480 Мбит/с. Он может быть использован даже при передаче данных со скоростью 1 Гбит/с и более быстрых интерфейсах. Для использования в коммуникационных устройствах со скоростью примерно до 480 Мбит/с вполне подойдёт более дешёвое семейство CG0603MLD-xxE с максимальной ёмкостью 5 пФ.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ПИТАНИЯ ОТ СКАЧКОВ НАПЯЖЕНИЯ

Источники питания защищены от электростатических импульсов, в основном, путём использования пассивных компонентов, таких как конденсаторы и катушки индуктивности. Ферритовые шайбы обычно применяются для увеличения индуктивности линий, чтобы ограничить амплитуды импульсов при быстрых перехо-

дах. Обычно это является достаточным решением. Для уменьшения нагрузки на компоненты возможно использование устройств защиты от импульсов напряжения. Корпус 0603 обеспечивает большую плотность энергии по сравнению с корпусом 0402 и может быть рекомендован для устройств защиты силовых линий от электростатических импульсов. Компонент CG0603MLA-14KE обладает максимальным рабочим напряжением в 14 В, что делает его применение уместным для защиты линий питания USB. Чтобы использовать один компонент для защиты и линий данных, и линий питания, можно выбрать компоненты CG0603MLD-12E или CG0603MLC-12E.

Устройства с IEEE 1394 требуют большего предельного напряжения питания до отключения, чтобы при обычных операциях рабочее напряжение не ограничивалось. На данный момент продукты Bourns® ChipGuard® не поддерживают напряжения более 18 В, и поэтому в таких устройствах для подавления выбросов напряжения (TVS) стоит применять стабилитрон на 400 Вг – CD214A-Txx.

СОГЛАШЕНИЕ О РАЗМЕЩЕНИИ КОМПОНЕНТОВ

Для того чтобы повлиять на входное/выходное питание USB-контроллера, варистор между линией питания и землёй необходимо размещать как можно ближе к внешнему разъёму. У большей части портативного оборудования есть только системная земля, на которую схема защиты от перенапряжения будет рассеивать избыток энергии. Контурный ток оказывает влияние на всю плату и может из-за остаточной индуктивности в её дорожках привести к колебаниям уровня потенциала земли. Индуктивное сопротивление определяется формулой $X_L = 2\pi FL$, из которой видно, что высокочастотные сигналы (электростатическая модель человеческого тела определяет время нарастания фронта в 1 нс) увеличивают сопротивление дорожек. Можно использовать индуктивное реактивное сопротивление для уменьшения воздействий электростатических импульсов, достигающих важных компонентов. При электростатическом разряде CG0603MLC-12E может пропустить импульсы с амплитудой до 200 В. Импульс можно значительно

Таблица 1. Основные характеристики самовосстанавливающихся предохранителей Bourns серии MF-NSMF*

Модель	Максимальное рабочее напряжение, В	Максимальный рабочий ток, А	Максимальный рабочий ток при 60°С, А	Ток срабатывания, А	Минимальное сопротивление, Ом	Максимальное сопротивление, Ом
MF-NSMF050	13,2	0,5	0,35	1	0,15	0,7
MF-NSMF075	6	0,75	0,52	1,5	0,1	0,29
MF-NSMF110	6	1,1	0,8	1,8	0,06	0,2
MF-NSMF150	6	1,5	1,1	3	0,03	0,13

* Поставляются компанией «Аргуссофт» (Прим. перев.)

Таблица 2. Основные характеристики самовосстанавливающихся предохранителей Bourns серии MF-SMxx*

Модель	Максимальное рабочее напряжение, В	Максимальный рабочий ток, А	Максимальный рабочий ток при 60°С, А	Ток срабатывания, А	Минимальное сопротивление, Ом	Максимальное сопротивление, Ом
MF-SMDF1 50/33	33	1,5	1	3	0,07	0,175
MF-SM 150/33	33	1,5	0,99	3	0,06	0,23
MF-SM1S5/33	33	1,8	1,28	3,6	0,04	0,15

* Поставляются компанией «Аргуссофт» (Прим. перев.)

уменьшить, если расположить схему защиты как можно дальше от ИС. Это даст дополнительное реактивное индуктивное сопротивление между компонентами. Типичное напряжение фиксации для CG0603MLC-05E, разработанного для более мягких условий, составляет 20 В (время задержки измерения 30 нс). Высокое напряжение (6 кВ и более), приходящее на плату, может привести к пробоем между соседними дорожками. Поэтому схема защиты должна быть расположена как можно ближе к разъёму. Многослойный варистор Bourns® ChipGuard® также следует располагать как можно ближе к коммуникационной линии. В идеале контактные площадки схемы защиты должны быть внедрены в коммуникационную линию. Соединение коммуникационной линии и схемы защиты создаёт дополнительную индуктивность. Индуктивность дорожки становится помехой, поскольку в соединении с варистором это приводит к увеличению изначального выброса. Производителей ИС не радуют длинные дорожки от разъёма до ИС, поскольку они могут понизить производительность. Поэтому решением становится выбор качественного компонента для защиты от электростатических импульсов, обладающего низкими пропускаемым напряжением и уровнем фиксации.

Таблица 3. Уровни защиты от статики

Уровень по IEC 61000-4-2	Напряжение пробоя, кВ	Ток пробоя, А
Уровень 1	2	7,5
Уровень 2	4	15
Уровень 3	6	22,5
Уровень 4	8	30

ПРИЛОЖЕНИЕ

Электростатический заряд – это заряд, которым обмениваются тела с неравными потенциалами. Чаще всего требуется защита от заряда между людьми и металлическими предметами. Двигаясь, люди вызывают движение электронов и при наличии диэлектрического изолятора становятся подобны конденсатору. Искусственные материалы, такие как подошва обуви, создают диэлектрическую изоляцию, когда человек идёт по ковру; это приводит к накоплению энергии. Международная электротехническая комиссия (International Electro-technical Commission – IEC) разработала электростатическую модель человека, позволяющую разработчикам выбирать подходящую защиту для разрабатываемых устройств. Комиссия (МЭК) определила допустимый электростатический импульс с временем нарастания менее 1 нс и временем спада 60 нс (рис. 4). Новый стандарт называется IEC 61000-4-2 и определяет четыре уровня защиты.

Производители ИС, чувствительных к электростатическим импульсам, для повышения надёжности интегрируют некоторую степень защиты непосредственно в ИС (табл. 3). Однако защитные цепи увеличивают стоимость ИС, поскольку занимают место на кремниевой пластине. Производители ИС считают обязательным наличие защиты первого уровня согласно IEC 61000-4-2 при производственном процессе, когда контактные разряды могут достигать 2 кВ. Напряжения электростатических импульсов человека определяет природа. Они могут быть более 15 кВ и своим разрядом повредить ИС. Четвёртый уровень IEC 61000-4-2 рассматривает воздушные разряды до 15 кВ. Для большей надёжности оборудования принято, чтобы все порты, с которыми непосредственно соприкасается человек, были защищены по четвёртому уровню. Таким образом, внешняя защита от электростатических импульсов становится первым уровнем защиты ИС, а в них самих находится второй уровень. ☺

Новости мира News of the World Новости мира

«Липучка» из нанотрубок заменит термопасту

Высокая теплопроводность нанотрубок может быть использована при создании новых типов термоинтерфейсов, обеспечивающих быструю передачу тепла от микросхем к охлаждающему радиатору.

Доктору Тимоти Фишеру и его коллегам из университета Пердью удалось покрыть «ковром» из нанотрубок поверхность рассеивающего радиатора, увеличив скорость передачи тепла между ним и охлаждающей поверхностью. Наноквёр из углеродных нанотрубок имеет сходство с обычной застёжкой-липучкой, поэтому исследователи назвали его Thermal Velcro.

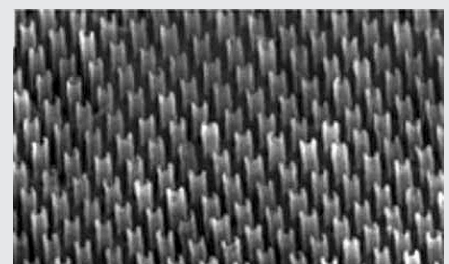
Цель исследователей состояла в разработке новых типов тепловых интерфейсов, обеспечивающих быструю передачу тепла от микросхем к охлаждающему радиатору. Роль теплового интерфейса в компьютерных чипах выполняет специальная термопаста, которая наносится между микропро-

цессором и кулером. Однако её теплопроводные характеристики не очень высоки.

Ковёр-застёжка из нанотрубок может передавать тепло быстрее, чем все существующие на сегодняшний момент термопасты. Нанотрубки характеризуются высокой теплопроводностью, поэтому материал на их основе может быстро передавать тепло, а это и требуется для создания эффективного интерфейса между радиатором и нагретым чипом.

Такой термоинтерфейс не обеспечивает механической адгезии двух поверхностей, но из-за контактирования нанотрубок между собой он является хорошим передатчиком тепла. Исследования показали, что нанотрубки могут провести в несколько раз больше энергии, чем обычные теплопроводные материалы при тех же температурах.

Чипы нагреваются не только изнутри, но и в местах контакта с термопастой, которая не успевает полностью передать тепло радиатору. Например, при использовании



традиционных термоинтерфейсов чип на поверхности дополнительно нагревается на 15°C, а липучка из нанотрубок вызывает дополнительный нагрев микропроцессора всего на 5°C. Поскольку в будущем размеры чипов уменьшатся и их нагрев увеличится, то несколько градусов будут важны для работоспособности устройства.

Технология термоинтерфейса уже подготовлена к коммерческому распространению, и ряд компаний намерен вскоре показать на основе Thermal Velcro серийную продукцию. Это будут военные применения и охлаждение силовой электроники.

www.cnews.ru/news/top/