

Опасность статического электричества при работе с электроникой и электронными компонентами

Все типы электронных систем используют активные и пассивные электронные компоненты, а также электромеханические детали, в частности реле, разъемы и кабели. Причины отказов различных типов компонентов отличаются друг от друга, поэтому во избежание неудач чрезвычайно полезно знать их общие причины.

Никита Яцков

nik@protehnology.ru

В число факторов, которые чаще всего становятся причинами выхода из строя электронного оборудования, входят EOS (электрические перегрузки), ESD (электростатический разряд), EMI (электромагнитные помехи) и тепловой удар. В данной статье речь пойдет исключительно об электростатическом разряде.

Все специалисты, ведущие работы с электронными компонентами, должны знать, что они уязвимы для статического электричества, которое в свою очередь с помощью ЭСР (электростатического разряда) поражает компоненты, вследствие чего они перестают выполнять свои функции и теряют ценность.

В связи с риском потери работоспособности компонентов разработчики микросхем и электронных систем стали уделять больше внимания борьбе с электростатическими разрядами и электромагнитными помехами. Стремительное развитие портативных электронных устройств, включающих импульсные источники питания и высокочастотные передатчики и приемники, обострило проблему борьбы с этими факторами. Миниатюризация современных электронных компонентов и их высокая стоимость дополнительно увеличила риск отказов оборудования.

Чувствительность устройств к электростатическим разрядам зависит от используемой технологии. Для MOSFET-устройств разрушающий потенциал лежит в диапазоне 10–100 В, для биполярных устройств это значение составляет 300–7000 В, а для КМОП-устройств 150–3000 В. Разумеется, выбор ис-

пользуемой технологии необходимо осуществлять, ориентируясь на условия эксплуатации конечного оборудования.

В таблице приведены потенциальные причины отказа некоторых компонентов вследствие влияния ЭСР.

Факторы окружающей среды, вызывающие электростатический разряд

Электростатические разряды (ЭСР) возникают вокруг нас сотни раз в день, но люди не способны заметить явления, связанные с электростатическим разрядом и находящиеся вне порога человеческой чувствительности 20 000 В.

ЭСР представляет собой быстрый поток электронов между двумя предметами, обладающими различным зарядом. Источником энергии для нарушения электронного равновесия обычно служит либо электронное возбуждение, либо индукция.

Явление переноса электронов в результате электронного возбуждения называется трибозарядкой.

Трибозарядка возникает, когда два объекта отделяются друг от друга, сюда относятся простые виды движения, такие как проход через сборочный участок, извлечение пленки из пакета, демонтаж интегральной схемы из корпуса или подбор кассеты для полупроводниковых пластин со стола. Объем статического электричества, вырабатываемого в ходе трибозарядки, зависит от атомной организации участвующих в процессе объектов. Объекты, изготовленные из материалов, которые отстоят далеко друг от друга в трибоэлектрическом ряду, будут осуществлять более мощную трибозарядку, нежели материалы, расположенные близко друг к другу в трибоэлектрическом ряду. К числу других факторов, влияющих на уровень трибозарядки, принадлежат относительная влажность, время контакта и сила контакта.

Индукция возникает, если объект поместить в сильное магнитное или электрическое поле. Экраны

Таблица. Потенциальные причины отказа компонентов в следствии влияния ЭСР

Тип устройства	Наблюдаемый отказ	Возможные причины отказа
Полупроводниковые устройства	Повреждение тонких оксидных слоев пленок	Пробой диэлектрика вследствие ЭСР
	Разрушение слоев металлизации	Электростатический разряд, коррозия, электрическая или тепловая перегрузка
Резисторы	Обрыв	Электрическая перегрузка
Конденсаторы	Разрыв оксидной пленки в электролитических конденсаторах	Приложение мощного электрического поля

компьютеров и крупное оборудование часто создают мощные электрические поля, которые могут формировать статические заряды.

Исходя из вышеперечисленного, можно составить список основных причин возникновения статического электричества:

- Контакт между двумя материалами и их отделение друг от друга (включая трение, намотку/размотку и пр.).
- Резкий температурный перепад (например, в момент помещения материала в духовой шкаф).
- Радиация с высокими значениями энергии, ультрафиолетовое излучение, рентгеновские X-лучи, сильные электрические поля (нерядовые для промышленных производств).
- Операции по резке (например, на раскройных станках или бумагорезальных машинах).
- Наведение — вызванное статическим зарядом возникновение электрического поля. Простые и безобидные на первый взгляд действия человека, например, касание руками синтетической обивки стула или одежды, перемещение его по полу с ковровым покрытием, могут привести к появлению высокого электрического потенциала на теле.

В условиях повышенной влажности из-за увеличения проводимости на поверхности объектов возникают дополнительные пути утечки заряда, и электростатический эффект несколько уменьшается. Таким образом, наличие сухого воздуха повышает риск повреждения компонентов электростатическими разрядами, а повышенная влажность, наоборот, его снижает.

Чувствительные компоненты должны быть защищены во время и после производства, в ходе транспортировки и сборки устройства, а также в готовом устройстве. Заземление особенно важно для эффективного управления ЭСР.

Основные способы защиты электронных компонентов от ЭСР

Некоторые меры защиты оборудования от электростатических разрядов разработчики закладывают уже на этапе проектирования электронных схем.

К ним следует отнести введение специальных защитных устройств в наиболее критические точки схемы; оптимизацию проекта печатной платы с целью уменьшения длин проводников и предотвращения возникновения паразитных петель, правильный выбор используемой компонентами технологии и экранировку схемы от внешних электрических полей.

Стандарты защиты устройств от электростатики

Эволюция потребительской электроники продолжается: появились ЖКД-телевизоры, смартфоны, планшеты, электронные книги, телевизионные приставки, игровые консоли, цифровые видеокамеры, аудиоплееры и другие устройства.

Но, несмотря на такое разнообразие, в этих устройствах часто используются одни и те же порты или межсоединения. Поскольку такие устройства сопрягаются с внешним оборудованием, эти межсоединения требуют защиты от электростатического разряда.

Почти во всех потребительских изделиях применяются следующие функции и блоки:

- вход/выход переменного тока;
- вход/выход постоянного тока;
- комплект батареек;
- клавиатура/кнопочные переключатели;
- видеосигналы (HDMI, S-Video, композитное видео, сигналы управления ЖКД-модуля);
- аудиовыход;
- низкоскоростные интерфейсы (USB1.1, IEEE 1394, RS-232C, RS-485);
- высокоскоростные интерфейсы (USB2.0, USB3.0, 10BaseT, 100BaseT, 1000BaseT);
- CATV/ПЧ-входы/выходы.

Некоторые из этих функций должны отвечать требованиям национальных стандартов по безопасности, что означает необходимость в реализации защиты от перегрузки по току и перенапряжения.

Другие функции нуждаются в защите от таких факторов окружающей среды, как электростатический разряд, сверхвысокое напряжение грозовых разрядов или кратковременных электрических бросков при включении и отключении расположенного поблизости оборудования с высокой индуктивной нагрузкой (например, пылесоса).

Изделия, которые напрямую подключены к сети переменного тока (120 или 250 В), могут подвергаться воздействию сильных бросков напряжения и тока (из-за грозовых разрядов, переключения нагрузки и т. д.) и коротким замыканиям/перегрузке, что делает обязательным применение элементов защиты от перегрузки по току (плавкие предохранители, самовосстанавливающиеся предохранители, или термисторы с положительным температурным коэффициентом) и от перенапряжения (металлооксидные варисторы, TVS-диоды).

Перечислим стандарты, которые требуют применения такого рода защиты:

- IEC 61000-4-4 (кратковременные броски электричества в пользовательской среде);
- IEC 61000-4-5 (броски электричества, наведенные грозовыми разрядами);
- IEC/EN 60950-1 (стандарт безопасности).

Необходимо учитывать, что портативные потребительские устройства, которые содержат адаптер питания, могут стать объектом воздействия электростатических и маломощных грозовых разрядов. Перечислим стандарты, которые требуют обеспечить защиту от такого рода воздействий:

- IEC 61000-4-2 (электростатические разряды в пользовательской среде);
- IEC 61000-4-5 (броски электричества, наведенные грозовыми разрядами).

Клавиатуры или другие интерфейсы с использованием кнопок с ручным нажатием могут быть точкой входа разрушительной энергии электростатического разряда. Аудиоканалы могут также подвергаться воз-

действию электростатического разряда, что обусловлено подключением их к громкоговорителям по проводам и ручным управлением аппаратуры.

Разъемы для подключения каналов S-Video, композитных видеосигналов и HDMI-разъемы также чувствительны к электростатическому разряду, поскольку они часто подвергаются ручному манипулированию.

Системы с батарейным питанием тоже испытывают воздействие электростатического разряда и находятся под угрозой перегрузки по току (в этом случае применяются стандарты IEC 61960 и IEC 62133).

Низкоскоростные и высокоскоростные каналы передачи данных подвержены эффектам электростатического разряда; в зависимости от реального расположения на них могут, кроме того, наводиться броски напряжения, индуцированные грозовыми разрядами.

Международные стандарты, которые применяются к такого рода приложениям, включают:

- IEC 61000-4-2 (электростатические разряды в пользовательской среде);
- IEC 61000-4-5 (броски электричества, наведенные грозовыми разрядами).

Риск выхода из строя потребительских устройств из-за перенапряжения, обусловленного электростатическим разрядом, постоянно увеличивается. В связи с тенденцией размещать на кристалле ИС все большее число функций устойчивым микросхем к электростатическим разрядам снижается, что вызывает необходимость использовать внешние компоненты защиты.

Производители оборудования тестируют свою продукцию на соответствие международному стандарту IEC 61000-4-2.

Для того чтобы обеспечить расчетный срок службы изделий, рекомендуется использовать диодные матрицы TVS. Они не только отвечают требованиям к минимальным размерам ИС, но и обеспечивают очень низкие напряжения фиксации по сравнению с конкурирующими технологиями, то есть защиту современных ИС.

Опасность воздействия кратковременных переходных процессов, ближних грозовых разрядов или потенциальных отказов питания, в свою очередь, делают обязательной установку локальных устройств защиты от перегрузки по току и перенапряжения.

Принципы защиты от ЭСР

Различают четыре принципа защиты электронных устройств от ЭСР:

- предотвращение накопления зарядов;
- рассеяние или нейтрализация зарядов;
- применение элементов с максимально возможной статической и динамической помехоустойчивостью;
- использование специальных средств защиты электронных устройств.

Снизить риск возникновения статического электричества поможет соблюдение некоторых методов.



а



б

Рис. 1. Ионизаторы воздуха EMIT: а) настольные; б) подвесные

Улучшение антистатических характеристик материалов за счет создания объемной проводимости

К конструкционным и отделочным материалам в помещениях, где работают с компьютерной и электронной техникой, предъявляются взаимоисключающие требования.

Это хорошие изоляционные свойства для предотвращения поражения электрическим током.

Для удаления электростатических зарядов с их носителей необходима некоторая электропроводность у них.

Для создания улучшенной проводимости в отделочных и конструкционных материалах, применяются антистатические присадки. Например, в качестве антистатической присадки используют сажу, для электропроводящей резины.

Если обычный вулканизированный каучук имеет проводимость порядка 1013 Ом·м, то после добавки углерода в виде сажи она падает до 105 Ом·м.

Влажность

Немаловажную роль при электростатических явлениях играет относительная влажность воздуха. При относительной влажности воздуха более 50–60% возникает риск ЭСР. Несмотря на то что влажный воздух имеет более низкую проводимость, опасность кроется не в его проводимости, а в тонкой пленке



Рис. 2. Антистатический халат

влаги, адсорбирующейся на поверхностях диэлектриков. За счет содержания ионов в этой влаге создается повышенная проводимость.

Для повышения проводимости поверхности ее обрабатывают поверхностно активными веществами, которые улучшают абсорбирование влаги на поверхности. Причем для разных материалов оптимальна разная влажность. При



Рис. 3. Антистатический браслет Vermason

влажности 60% и выше электростатические разряды не образуются, однако могут возникнуть технологические и гигиенические проблемы в помещениях с таким уровнем влажности.

Нейтрализаторы электрического заряда

К нейтрализаторам относятся устройства, создающие поток или облако положительных либо отрицательных ионов, которые, оседая на электризованную поверхность, нейтрализуют заряды на их поверхности.

Кроме того, ионы создают повышенную проводимость воздуха. Для этого могут использовать ионизаторы воздуха (рис. 1).

Со статическим электричеством необходимо бороться не только на стадии производства



Рис. 4. Антистатические контейнеры Vermason



Рис. 5. Антистатические пакеты и наклейки Vermason

электронных средств, но и во время их транспортировки, хранения и, конечно, во время эксплуатации. Вот почему современное производство и сервисы обслуживания оснащены средствами защиты. Это современное оборудование, технологии, материалы, комплектующие.

Основными составляющими комплексной антистатической защиты уже давно считаются антистатические браслеты, покрытия, пакеты, контейнеры, наклейки, измерители статического напряжения, ионизаторы (рис. 2–5).

Отдачу от принятых мер можно ощутить, когда разработана программа защиты, предусматривающая строгое соблюдение правил. Для

этого нужно, в частности, хранить и перевозить компоненты электронной техники в закрытых проводящих контейнерах. У персонала должна быть верхняя одежда, рассеивающая статическое электричество. Полы в помещении должны быть заземлены. Столы должны иметь покрытие, заземленное и рассеивающее статическое электричество. ■

Литература

1. www.russianelectronics.ru/developer-r/review/doc/68126/
2. www.catalog.gaw.ru/index.php?id=1108&page=document