

Министерство образования Республики
Беларусь Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК _____

Ходьков
Алексей Сергеевич

Исследование влияния радиопомех на
работоспособность цифровых интегральных
микросхем

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-398020 Радиотехника, в том числе системы и
устройства радиолокации, радионавигации и телевидения

Научный руководитель
Титович Николай Алексеевич
Кандидат технических наук

Минск 2018

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные структуры в компьютерной системе (например, внешние провода, кабели, дорожки печатной платы, корпус изделия, контакты питания, заземления и линии передачи данных), могут выступать в качестве антенны для радиопомех, которые излучается от мощных радиопередатчиков, беспроводных сетевых устройств, мобильных телефонов и карманных компьютеров, или намеренно созданных. Эти элементы могут служить для распространения радиочастотных помех в основные цепи. Помехи, который распространятся по системе, могут вызвать нежелательные токи, которые вызывают различные нарушения. Кроме того, высокопроизводительный интегральные схемы, такие как микропроцессоры, имеют очень небольшие размеры и синхронизируются на частотах в диапазоне ГГц при работе на пониженном уровне напряжения. Это повысило их производительность современных систем, но также увеличило их восприимчивость к помехам. Электрический заряд, требующийся для переключения транзистора, уменьшается, соответственно, энергия, необходимая для работы устройства, уменьшается, что делает его более восприимчивым для помех с низкими уровнями сигнала. По мере того как скорость переключения ИС увеличивается и снижается напряжение питания, запас помехоустойчивости, также становится меньше. Это позволяет внешним помехам легче нарушать целостность сигналов. С развитием технологий проектирования схем, используются дополнительные методики проектирования, такие как смещение напряжения переключения, использование триггеров Шмитта, для тактирования устройств, шина удержания схемы, увеличение отношения сигнала к шуму и добавление входных и выходных буферов в цепи. Эти методы могут быть применены для улучшения устойчивости к шумам, но они обычно не используются в простых системах цифровых схем.

К тому же высокочастотным шумам присуще нелинейное поведение в электронных устройствах, что в цифровых схемах также может привести к искажению и усилению радиочастотного сигнала. Это называется первичным

расстройством механизма работы интегральных схем под воздействием радиочастотных помех. Кроме того, интермодуляционная, кросс-модуляции и другие искажения являются непосредственными эффектами интерференции. Эти нежелательные помехи могут восприниматься как системные сигналы и могут вызвать ложные изменения состояния на логических устройствах и пробой на системном уровне.

Основными факторами, обуславливающими повышенный интерес к данной проблеме являются:

- повышение степени интеграции современных ИМС. При этом снижаются уровни используемых напряжений и токов. Энергия полезных сигналов микросистемных устройств сравнима, а порой и меньше энергии ЭМП. Кроме того, в связи с ростом быстродействия современных цифровых систем, уменьшением длительностей рабочих сигналов до единиц и даже долей наносекунд сами вычислительные устройства могут создавать уровни ВЧ помех, достаточные для наступления сбоев;

- постоянное усложнение радиоэлектронных систем. Перед разработчиком нередко стоит задача насыщения небольшого по объему объекта радиоэлектронной аппаратурой различного функционального назначения. Неизбежная близость размещения обуславливает взаимные помехи друг другу (близкая компоновка элементов обуславливает взаимные помехи), обостряет проблему ЭМС;

- развитие средств радиоэлектронной борьбы. Наличие источников сверхмощных СВЧ сигналов, построенных на клистродах, магнетронах, лазерах, генераторах плазменных пучков, делает вполне реальным целенаправленное воздействие на радиоаппаратуру на расстоянии с целью выведения ее из строя путем поражения чувствительной элементной базы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В сложной помеховой обстановке традиционные меры защиты (экранирование, фильтрация и другие) оказываются нередко малоэффективными и связаны с увеличением габаритов и веса. Радиопомехи проникают в аппаратуру через отверстия для вентиляции и индикации, по сигнальным проводам, шинам питания и заземления, диффундируют через экраны. Поэтому важно еще на стадии проектирования оценивать уровни воздействующих ЭМП и степень восприимчивости ПП и ИМС к их действию. Выбирая менее восприимчивую элементную базу и рационально применяя известные методы снижения влияния радиопомех в наиболее уязвимых цепях радиоэлектронных устройств можно значительно повысить их помехоустойчивость, обеспечив заданные габаритно-весовые показатели. Такой подход позволяет намного уменьшить затраты по обеспечению нормальной работы на этапе эксплуатации.

Рассмотрение отдельных вопросов влияния помех на работоспособность цифровых микросхем, путей повышения устойчивости цифровых систем к отказам и сбоям является задачей данной исследовательской работы, конечная цель которой – разработка методов обеспечения надежности функционирования интегральных схем и устройств на их основе в условиях воздействия ЭМП.

Цель работы: Разработка методики проведения испытаний влияния высокочастотных помех на работоспособность интегральных микросхем.

Задачи исследования: 1. Анализ предполагаемой помеховой обстановки, классификация помех. 2. Анализ процессов, происходящих в интегральных микросхемах при воздействии помех. 3. Обзор схем и оборудования для имитации воздействия помех. 4. Разработка методики проведения испытаний влияния высокочастотных помех на параметры интегральных микросхем, выбор критериев оценки восприимчивости микросхем. 6. Моделирование воздействия радиопомех помех на микросхемы.

Объект исследования: Интегральные микросхемы.

Предмет исследования: Воздействие высокочастотных помех на работоспособность интегральных микросхем.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Актуальность темы исследований влияния ЭМП на элементную базу. Постановка задачи.

1. Анализ помеховой обстановки в зоне работы специальной, промышленной и бытовой аппаратуры. Классификация воздействующих на аппаратуру помех. Расчет предполагаемых уровней наводок помеховых сигналов в цепях радиоэлектронных устройств.

2. Статистика отказов и сбоев, возникающих в работе РЭА при воздействии ВЧ и СВЧ помех. Анализ типов отказов, происходящих в ПП и ИМС под воздействием ВЧ и СВЧ помех. Анализ процессов происходящих под действием помех различных уровней.

3. Обзор схем проведения имитационных испытаний воздействия ВЧ и СВЧ помех на работоспособность интегральных микросхем. Оценка мощностей имитаторов ВЧ и СВЧ воздействий, используемых в различных испытательных стендах. Сравнительная оценка затрат на построение различных испытательных стендов.

4. Разработка методики проведения испытаний влияния ВЧ и СВЧ помех на параметры интегральных микросхем. Методика испытаний устойчивости ИМС к воздействию ЭМИ методом облучения. Методика испытаний с применением кондуктивного способа подачи помехового воздействия. Выбор и обоснование критериев оценки влияния ЭМП на работоспособность микросхем.

5. Анализ экспериментальных результатов воздействия радиопомех ВЧ и СВЧ помех на интегральные микросхемы.

6. Моделирование воздействия ЭМП на работу ИМС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении данной работы затронут вопрос о восприимчивости интегральных микросхем к воздействию помех. Для оценки влияния непрерывных маломощных радиопомех на работоспособность логических элементов применен критерий «вероятного сбоя». Результаты исследований показывают, что такой подход позволяет значительно повысить точность определения порога восприимчивости и получить намного больше информации об изменении параметров интегральных микросхем под действием помех. Экспериментальные данные достаточно хорошо совпадают с результатами машинного анализа восприимчивости интегральных микросхем.

Результаты исследований представляют интерес для разработчиков РЭС и элементной базы, устойчивых к воздействию помех. В то же время они позволяют определить задачи дальнейших исследований, основными из которых являются:

1. Исследования влияния ЭМП на работоспособность микросхем.

При проведении испытаний следует переходить от простейших логических элементов к интегральным микросхемам, выполняющим более сложные функции. При этом необходимо уточнить и доработать существующие методики и с учетом этого доработать существующие измерительное и регистрирующее оборудование. Так оценка восприимчивости интегральных микросхем при одновременном контроле всех входных и выходных сигналов позволит значительно повысить достоверность результатов исследований.

2. Исследования зависимости восприимчивости интегральным микросхемам от конструкции корпуса, топологии и расположения выводов.

Подобные испытания требуют больших затрат, так как связаны с применением метода излучения и мощных имитаторов помех. Однако

для получения полной и достоверной информации без них часто нельзя обойтись. Одним из выходов является анализ зависимости помехоустойчивости ИС и конструктивных особенностей с использованием систем автоматизированного проектирования ИС. Такой подход позволит учесть также и особенности технологии изготовления микросхем при решении вопросов защиты от помех.

3. Разработка схемных мер повышения помехоустойчивости интегральным микросхемам.

Здесь наиболее перспективным видится анализ влияния помех на характеристики и параметры микросхем с помощью программ схемотехнического моделирования. Это позволит значительно уменьшить затраты на проведение испытаний, выявить наиболее критичные к действию помех элементы и параметры.

4. Исследование влияния помех на работоспособность радиоэлектронных устройств, например, синтезаторов частоты, микропроцессоров, генераторов и т.п.

5. Анализ уровней внутрисистемных помех в цифровых устройствах, обусловленных излучениями элементов схем и т.п.

Решение этих и ряда других вопросов позволит вооружить разработчиков современной РЭС и элементной базы конкретными рекомендациями по обеспечению высокой помехоустойчивости.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Титович Н.А., Теслюк В.Н., Ходьков А.С. Моделирование воздействия высокочастотных электромагнитных помех на цифровые микросхемы. Материалы XXI Международной научно-технической конференции «Современные средства связи», г. Минск, 20 - 21.10.2016, с. 84-86.

2. Ходьков А.С. Повышение эффективности проектирования помехоустойчивых радиоэлектронных систем // 53-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2017 г. – с.103 – 104.