

II-я ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ТЕХНОЛОГИИ, ИЗМЕРЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ


Техно
ЭМС
2015



МОСКВА

1 – 2 апреля 2015 г.

 **TK30**
«Электромагнитная
совместимость»

 **ДИПОЛЬ**

 **МИЭМ**

 **ТЕSEQ**

 **САМТЭС**

Организаторы конференции:

Федеральное агентство
по техническому регулированию и метрологии

TK 30 «Электромагнитная совместимость»

Компания «Диполь»

Московский институт электроники и математики
НИУ «Высшая школа экономики»

Метрологическая ассоциация промышленников
и предпринимателей

ЗАО «НИЦ «САМТЭС»

TESEQ

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Метрологическая ассоциация промышленников и предпринимателей
Технический комитет по стандартизации
ТК 30 «Электромагнитная совместимость»
Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ
Компания «ДИПОЛЬ»
ЗАО Научно-испытательный центр «САМТЭС»
TESEQ

II Всероссийская
научно-техническая конференция

**ТЕХНОЛОГИИ, ИЗМЕРЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ**

ТехноЭМС 2015

ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ

г. Москва
1–2 апреля 2015 г.

УДК 621.396.61

ББК 32.811.7

Т 38

Т 384

Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости. Труды II Всероссийской НТК «Техно-ЭМС 2015», Москва 1–2 апреля 2015 /Под ред. А.С. Кривова, Л.Н. Кечиева – М.: Грифон, 2015. – 121 с.

ISBN 978-5-98862-231-4

В сборнике приведены материалы II Всероссийской конференции «Техно-ЭМС 2015», посвященной технологии, измерениям и испытаниям в области электромагнитной совместимости.

Сборник предназначен для специалистов в области проектирования технических средств, электромагнитной совместимости, а также занимающихся испытаниями и измерениями в этой области.

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. Кривов А.С.

д.т.н. Смирнов А.П.

д.т.н., проф. Кечиев Л.Н.

Информационная поддержка:

Журнал «Технологии ЭМС»

Журнал «Приборы»

УДК 621.396.61

ББК 32.811.7

© А.С. Кривов, Л.Н. Кечиев
составление, редактирование

ISBN 978-5-98862-231-4

Статьи рецензируются. Статьи опубликованы в авторской редакции. Мнение членов редакционной коллегии может не совпадать с точкой зрения авторов публикаций. Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции. Рукописи не возвращаются.

Кечнев Л.Н., Шатов Д.С.
НИУ «Высшая школа экономики», МПЭМ, г. Москва;
Тел.: +7(917) 572-2727; e-mail: kln1940@gmail.com, D.S.Shatov@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДУЛЕЙ

Одним из основных направлений, по которым развивается электроника, на сегодняшний день, является направление увеличения быстродействия новейших цифровых микросхем при одновременной миниатюризации последних. Вместе с этим наблюдается неуклонная тенденция по снижению уровня питающих напряжений. В современных микросхемах уже достигнуты уровни питающих напряжений на уровне 0,9 В (Altera Stratix IV). Вместе с тем, снижение уровня питающих напряжений накладывает все большие требования по ограничению допустимого значения уровня пульсаций напряжения в системе питания и повышению помехоустойчивости цифровых узлов. Обеспечить столь малые значения допустимых изменений напряжения в широком диапазоне частот представляет сложную задачу. Эффективность ее решения определяется результатом совместной работы конструкторов и схемотехников, а варианты решения могут быть как конструкторскими, так схемотехническими [1, 2].

Одним из наиболее эффективных способов решения поставленной задачи является снижение полного сопротивления распределенной системы питания на всем рабочем частотном диапазоне, что достигается использованием в ее составе развязывающих конденсаторов и помехозащитных фильтров. Распределенная система питания включает в себя средства как низкочастотной, так и высокочастотной развязки: стабилизатор питания, низкочастотные (удерживающие), среднечастотные и высокочастотные развязывающие конденсаторы, а также средства снижения полного сопротивления, реализуемые возможностями конструкции самой печатной платы (планарный конденсатор).

Ввиду того, что одновременно со снижением уровней питающих напряжений в современных устройствах возрастают значения токов потребления и снижаются допустимые пульсации, значения полных сопротивлений распределенной системы питания (РСП) современных узлов имеют очень малые значения. Они зависят от уровня питающего напряжения, допустимого значения уровня пульсации и тока потребления. При использовании оптимально подобранной системы распределенного питания цифрового узла, достигается низкий уровень полного сопротивления на всем рабочем частотном интервале. Методика выбора и определения необходимого числа развязывающих конденсаторов для цифровых узлов, а также наиболее полные рекомендации по установке и расположению элементов РСП наиболее подробно рассматриваются в [1, 2]. Для принятия окончательного решения целесообразно провести моделирование РСП, которое проводилось в программе QUCS.

Моделирование продемонстрировало, что одними из основных методов снижения полного сопротивления, является параллельное подключение конденсаторов одного и разных номиналов. Снижение значения полного сопротивления на всем частотном диапазоне достигается параллельным подключением развязывающих конденсаторов с различными значениями емкостей и индуктивности (ESL). Значения емкостей развязывающих конденсаторов при этом не должны резко отличаться, ввиду того, что возможны образования резких антирезонансных пиков (появления участков, на которых наблюдается резкое увеличение полного сопротивления). При этом в окрестности самых резонансных частот развязывающих конденсаторов, антирезонансные пики не так сильно выражены, о чем свидетельствует график на рис. 1.

Снижение значения полного сопротивления в пределах антирезонансного пика достигается подключением развязывающего или нескольких развязывающих конденсаторов с подобранной резонансной частотой или частотами, которые располагаются в области тех частот, где наблюдается наиболее резкие изменения полного сопротивления. Подключение конденсаторов с емкостями, которые отличаются значением емкостей не более, чем на порядок, позволяет избежать резких изменений полного сопротивления в пределах рабочей частотной области. В том случае, если в области некоторой частоты уровень полного сопротивления превышает требуемый уровень, необ-

ходимо прибегнуть к параллельному подключению развязывающих конденсаторов. Ниже, приведен график (рис. 2), иллюстрирующий данное заключение.

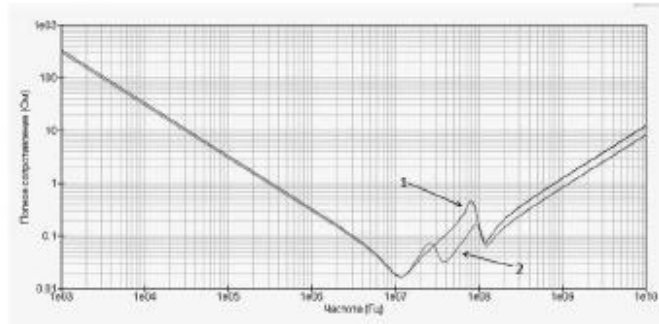


Рис. 1. Сравнительная характеристика полного сопротивления от частоты для набора из двух (кривая – 1) и трех высокочастотных конденсаторов (кривая – 2)

В том случае, если в области некоторой частоты снижено полное сопротивление, но требуемый уровень полного сопротивления не

достигнут, необходимо прибегнуть к параллельному подключению развязывающих конденсаторов одного номинала, желательно одного типа, с резонансной частотой, наиболее близкой к значению частоты рабочего интервала, на котором необходимо добиться дополнительного снижения полного сопротивления. Однако необходимо учитывать, что конденсаторы сильно различаются между собой. Стандартный двухвыводной конденсатор в корпусе 0402 со значением емкости 0,047 мкФ и низкоиндуктивный конденсатор в том же корпусе с таким же значением емкости, могут иметь резонансные частоты, которые не только не совпадают, но и могут отличаться на десятки мегагерц (ввиду более низкой индуктивности у последнего). Даже при использовании одного типа конденсатора с одним значением емкости, только в результате различного рода допусков, которые, как правило, оговаривает разработчик, значение емкости может отличаться на 20%.

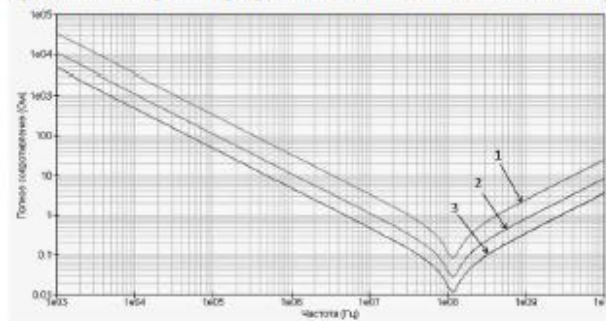


Рис. 2. Зависимость полного сопротивления от частоты: 1 – одного конденсатора, 2 – трех конденсаторов, 3 – семи развязывающих конденсаторов

Каждый из компонентов РСП эффективен только в пределах некоторого частотного интервала и выполняет функцию снижения полного сопротивления только на некотором отрезке частотного диапазона.

Так стабилизатор обеспечивает снижение полного сопротивления, в среднем, до 100 кГц, удерживающие конденсаторы – до 1 МГц, среднечастотные и высокочастотные конденсаторы, наиболее эффективны, до нескольких сот мегагерц. Планарный конденсатор, который формируется слоями питания и опорного напряжения печатной платы, обеспечивает требуемый уровень полного сопротивления в интервале от нескольких сотен мегагерц до единиц гигагерц. Необходимо так подобрать элементы РСП, чтобы значение полного сопротивления всей системы, находилось в пределах требуемого уровня полного сопротивления во всем частотном диапазоне.

Ниже приведен график (рис. 3) зависимости полного сопротивления от частоты для РСП, которая состоит из стабилизатора напряжения, работающего в режиме переключения, 5 удерживающих конденсаторов емкостью 470 мкФ, 4 высокочастотных развязывающих конденсаторов с номиналами 0,0047, 0,047, 0,47, 4,7 мкФ в корпусе 0402 и планарного конденсатора.

При моделировании необходимо учитывать тот факт, что каждый из указанных выше компонентов обладает характерным для него значением индуктивности, который и ограничивает использование каждого из указанных элементов в более высокочастотной области. Наиболее низкочастотным компонентам соответствуют самые высокие значения индуктивности, а компоненты, которые предназначены для развязки цепей в высокочастотном диапазоне обладают наиболее низ-

кими значениями индуктивности (десятки-сотни пикофарад для планарного конденсатора). При моделировании должны быть учтены не только индуктивность всех компонентов распределенной системы питания, но и индуктивность монтажа.

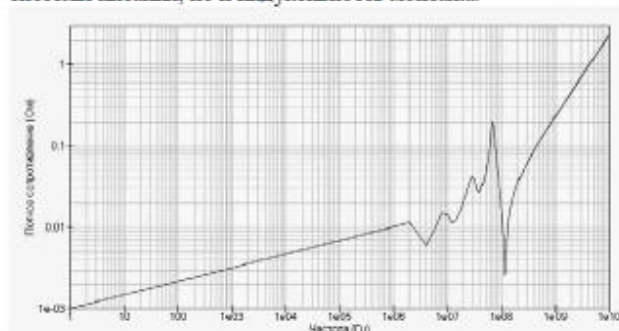


Рис. 3. Зависимость полного сопротивления от частоты РСП

Особое внимание, при конструировании МПП, следует обратить на реализацию конструкции низкоиндуктивного планарного конденсатора, сформированного слоями питания и заземления многослойной печатной платы (МПП). При моделировании планарного конденсатора необходимо учитывать не только емкость планарной структуры, но и связанную с ней индуктивность.

Учет индуктивности планарного конденсатора показывает, что наличие индуктивности, всего в десятки-сотни пикогенри, может значительно затруднить развязку в высокочастотной области, если не принять дополнительные меры по снижению индуктивности. Индуктивность планарного конденсатора зависит от геометрических размеров слоев МПП и от материала, который будет использован в качестве диэлектрика конденсатора. Существуют ряд технологических ограничений, связанных с минимизацией индуктивности планарного конденсатора. Минимальная толщина подложки ограничена минимальной толщиной диэлектрика, а также значением диэлектрической постоянной данного диэлектрика.

Эффективность построения РСП определяется большим набором факторов: необходимо определить не только значения номиналов развязывающих конденсаторов, но и определить их необходимое число, определить место оптимального размещения каждого из поверхностно-монтажируемых компонентов на поверхности печатной платы, а также осуществить качественный монтаж, приняв меры по сокращению индуктивности монтажа.

Литература

1. Шатов Д.С. Разработка рекомендаций по применению развязывающих конденсаторов в системе питания быстродействующих цифровых узлов. Выпускная квалификационная работа. –2014. – 188 с.
2. Кечнев Л.Н., Шатов Д.С.. Моделирование в среде QUCS развязывающих конденсаторов в составе распределенной системы питания цифровых модулей. – Технологии ЭМС. – 2014. – №3 (50). –с. 36–44.