

РАЗВОДКА РАЗВЯЗЫВАЮЩИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Как известно, быстродействие и плотность цифровых логических схем удваиваются каждые три года. Между 1974 (объявление о выпуске процессора 8080) и 1997 годами скорость выполнения операций типовых микропроцессоров возрасла с 200 кГц до 200 МГц. Это – общая тенденция индустрии электроники, и она непреклонна: потребители требуют все более высокого быстродействия.

Если быстродействие изменилось так сильно, то можно предположить, что роль развязывающего конденсатора также могла чрезвычайно возрасти. Однако, это не так. Этот неприятный компонент применяется таким же образом и для тех же задач, что и в семидесятых годах. Настало время перемен.

Почему перемены необходимы?

Из-за высокого быстродействия логических элементов спектр типичного цифрового сигнала находится в гигагерцовом диапазоне. Поэтому частотные характеристики компонентов развязки, используемых в качестве защиты элементов питания от флуктуаций, вызванных переключениями сигналов, должны перекрывать этот диапазон. Вчерашние правила проектирования электронных схем и печатных плат для относительно низкочастотных устройств совершенно неприемлемы сегодня при разработке высокоскоростных схем.

Основным симптомом применения несоответствующих устаревших развязывающих конденсаторов является повышенный шум источника питания, увеличенные перекрестные помехи и большое электромагнитное излучение. Высокочастотная развязка источников питания является значимым вопросом, заслуживающим серьезного отношения к себе.

Электрические характеристики развязывающих конденсаторов

Общие характеристики конденсаторов развязки зависят от их электрических и механических параметров. Основная электрическая проблема заключается в присутствии в реальном конденсаторе паразитной последовательной индуктивности. При увеличении частоты импеданс этой индуктивности возрастает и, в конце концов, начинает становиться доминирующей характеристикой компонента.

В наиболее критичном частотном диапазоне от 100 до 1000 МГц эффективность работы типового развязывающего конденсатора почти целиком определяется его последовательной индуктивностью. Эти частоты широко используются в логических схемах (см. Примечание). Для получения хороших электрических характеристик необходимо уменьшать последовательную индуктивность, которая в основном определяется контактными площадками конденсатора и связанными с ними отверстиями (в том числе, и переходными). Каждый раз при удвоении частоты следования фронтов импульсного сигнала удваивается наша зависимость от этих элементов печатной платы.

Увеличение паразитной последовательной индуктивности связано со следующими факторами:

1. большая длина проводников (> 0,25 мм) между выводами конденсатора и отверстиями,
2. вертикальный монтаж на печатной плате
3. применение типов, отличных от предназначенных для поверхностного монтажа
4. малый диаметр площадок переходных отверстий (< 0,9 мм)

С другой стороны, паразитная последовательная индуктивность может быть уменьшена при соблюдении следующих правил:

1. употребление типов конденсаторов, предназначенных для поверхностного монтажа, с использованием коротких и широких контактных площадок с переходными отверстиями, расположенными непосредственно на этих площадках без соединительных проводников
2. использование больших диаметров переходных отверстий
3. применение тонких печатных плат (толщина менее 0,75 мм) для более короткой подводки питания и земли к конденсатору.

Паразитная последовательная индуктивность вполне реальна и измерима. Печатную плату, содержащую только развязывающие конденсаторы, с помощью анализатора можно попытаться исследовать на предмет зависимости импеданса сигналов питание-земля от частоты. График зависимости будет иметь ярко выраженную область вблизи частоты 1 МГц с уменьшенным импедансом. В этой области развязывающие конденсаторы выполняют свою функцию наилучшим образом.

Далее, с повышением частоты происходит увеличение импеданса до максимального значения на участке около 100 МГц. В этой области доминирующее воздействие оказывает паразитная последовательная индуктивность, которая, как отмечалось ранее, зависит от разводки печатной платы.

На более высоких частотах (1000 МГц и выше) зависимость импеданса имеет несколько максимумов и минимумов. В этой частотной области определяющее значение оказывает естественная емкость между слоями питания и земли, если таковые, конечно, имеются. Такие межслойные воздействия для большинства практических применений можно считать проявлениями идеальной емкости.

Если печатная плата имеет слишком большой шум в частотном диапазоне от 100 до 1000 МГц, наиболее эффективным решением этой проблемы будет улучшение разводки развязывающих конденсаторов и переходных отверстий, сводящееся к уменьшению паразитных индуктивностей выводов и проводников. В случае невозможности улучшения разводки можно посоветовать следующее:

1. добавьте развязывающих конденсаторов на плату,
2. замените имеющиеся развязывающие конденсаторы на более высокочастотные (с диэлектриком, обладающим меньшим тангенсом угла диэлектрических потерь),
3. уменьшите импульсные токи путем уменьшения нагрузки каждого логического элемента или уменьшением количества одновременно переключающихся элементов.

В конце концов, можно попробовать использовать в качестве подложки печатной платы материал с большей диэлектрической постоянной, что увеличит емкость между слоями питания и земли, или, для многослойных печатных плат, сделать эти слои соседними, что является общепринятым правилом. Последние варианты позволяют снизить импеданс питание-земля на частотах выше 500 МГц.

Заключение

Правильная разводка цепей развязки играет решающую роль в решении проблемы шумов питания и земли, уменьшению перекрестных помех и электромагнитного излучения. При повышенном шуме в диапазоне от 100 до 1000 МГц проблема может заключаться в неправильной разводке развязывающих конденсаторов, создающей дополнительную паразитную последовательную индуктивность.

Примечание

Частотный диапазон импульсного сигнала, являющийся функцией от скорости его нарастания, а не частоты повторения, простирается от нуля до частоты, равной половине обратной величины времени фронта сигнала (от 10 до 90 %). Например, частотный диапазон импульсного сигнала с фронтом 1 нс превышает 500 МГц.