

Воробушков В.В.^{1,2,3}, д.т.н. Рябцев Ю.С.^{1,3}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²ЗАО «МЦСТ»

³Институт электронных управляющих машин ОАО «ИНЭУМ»

Использование развязывающих конденсаторов на подложке микропроцессора «Эльбрус-S».

Каждый производитель вычислительной техники стремится получить максимальную производительность вычислительной системы при достаточном уровне отказоустойчивости. Одним из важнейших факторов, влияющих на отказоустойчивость вычислительной системы, а как следствие, и на ее производительность, является качественно реализованная система обеспечения питания. Чем стабильнее питание, тем больший существует «запас прочности» по номиналам питания, по температуре, по временным диаграммам. Как только уровень помех по питанию превышает допустимый уровень, приходится либо снижать частоту работы системы, что снижает производительность, либо повышать напряжение питания, что снижает надежность работы системы. Основными источниками помех в системе питания вычислительной системы являются мощные высокочастотные микросхемы, такие например, как микропроцессоры, память, системная логика.

Систему фильтрации питания в вычислительной системе можно разделить на три больших части. Первое, это фильтрация питания, приходящего на печатную плату от внешнего источника питания. Фильтрацию помех на этом уровне обеспечивает индуктивность проводов подключения источника питания и электролитические конденсаторы высокой емкости на входе в систему. Второй этап фильтрации – это фильтрация на уровне печатной платы. Здесь для обеспечения качественной системы питания необходимо спроектировать качественную топологию подвода номиналов питания, заложить необходимый набор высокочастотных керамических и низкочастотных электролитических конденсаторов, установить фильтры в местах, где это необходимо. Третий этап фильтрации приходится на сами микросхемы. Даже при создании идеальной системы питания на печатной плате, что в большинстве случаев невыполнимо по техническим или экономическим соображениям, невозможно избавиться от помех по питанию внутри микросхем. Это вызвано падением напряжения на индуктивностях выводов

микросхемы. Внутри микросхемы с помехами по питанию можно бороться несколькими способами: уменьшая индуктивность выводов микросхемы и оптимизируя взаимное расположение сигнальных выводов и выводов земли и питания микросхемы, и, добавляя развязывающие емкости на землю и питание. В этом докладе мы рассмотрим второй путь.

Вопрос о стабильности напряжения питания особо остро встал во время отладки, испытаний и отбраковки микропроцессоров «Эльбрус». Был установлен факт, что на номинальном напряжении питания микропроцессор не обеспечивает достаточного «запаса прочности». То, что виной тому стабильность напряжения питания внутри процессора было подтверждено ухудшением стабильности работы микропроцессора при увеличении индуктивности выводов микропроцессора. Частично эту проблему удалось решить, изменив распиновку процессора, однако полностью от этого эффекта избавиться не удалось.

В настоящий момент готовится к выпуску микропроцессор «Эльбрус-S». По сравнению с микропроцессором «Эльбрус» тактовая частота выросла с 300 МГц до 500 МГц, а общая потребляемая мощность оценочно должна вырасти на 50%. Таким образом, вопрос о стабильности номиналов питания в новом процессоре встал особенно остро. Основываясь на опыте отладки микропроцессора «Эльбрус» становится ясно, что оптимизация распиновки не гарантирует достаточный уровень стабильности напряжения питания и необходимо добавлять развязывающие емкости. Емкостей, которые можно реализовать на кристалле или образующихся в структуре слоев земли и питания – десятки, сотни пикофарад, по предварительным оценкам явно недостаточно. Таким образом, остается единственный вариант – установка развязывающих конденсаторов на подложку процессора.

Из-за технологических ограничений производства подложки невозможно установить конденсаторы в непосредственную область возникновения помех. Таким образом, требовалось определиться с конфигурацией подложки, обеспечивающей наилучшую помехозащищенность питания, и убедиться в целесообразности установки конденсаторов вообще. На этапе разработки подложки единственный способ провести такую проверку – провести моделирование. В качестве ПО для моделирования была выбрана система AWR Design Environment 2008. Исходные параметры для моделирования, такие как величина помехи, крутизна фронта, индуктивность выводов были взяты из экспериментальных данных, полученных при наладке микропроцессора «Эльбрус». Данные по структуре подложки, материалам и параметрам конденсаторов брались из соответствующей документации. При моделировании учитывалась полная структура системы: кристалл – подложка – плата.

В результате моделирования различных вариантов исполнения конденсаторов на подложке были найдены решения, при которых амплитуда помехи уменьшается в 2.5 – 3

раза. Таким образом, был выбран метод подключения конденсаторов и доказана целесообразность их использования.

Для дальнейшего исследования проблем помехозащищенности питания на уровне корпусирования были введены в распиновку микропроцессора специальные выводы, которые подключаются внутри подложки непосредственно к слоям питания и земли ядра. Если данное решение после проверки окажется успешным, то его можно будет применить к другим микросхемам, выпуск которых запланирован в компании ЗАО «МЦСТ».

В настоящий момент заканчивается разработка корпуса и кристалла микропроцессора «Эльбрус-S» с учетом сформулированных рекомендаций и подготавливаются к производству.

Литература

1. *JongHoon Kim et al.*, Separated Role of On-chip and On-PCB Decoupling Capacitors for Reduction of Radiated Emission on Printed Circuit Boards – EMC, 2001
2. *Larry Smith et al.*, Power Distribution System Design Methodology and Capacitor Selection for Modern CMOS Technology – IEEE Transactions on Advanced Packaging, Vol. 22, No. 3, August 1999