



РЕШЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ МНОГОКРИСТАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

SOLUTIONS FOR IMPLEMENTING MULTI-CHIP PROCESSOR FOR EMBEDDED SYSTEMS

УДК 004.318+004.382

ВОРОБЬЕВ АНТОН СЕРГЕЕВИЧ

Anton.S.Vorobiev@mcst.ru

БЫЧКОВ ИГНАТ НИКОЛАЕВИЧ

Ignat.N.Bychkov@mcst.ru

АО «МЦСТ»

117105, г. Москва, ул. Нагатинская, 1, стр. 23

VOROBIEV ANTON S.

Anton.S.Vorobiev@mcst.ru

BYCHKOV IGNAT N.

Ignat.N.Bychkov@mcst.ru

MCST JSC

bld. 23, 1 Nagatinskaya St., Moscow 117105, Russia

В работе рассматривается процесс реализации многокристального процессора с архитектурой «Эльбрус» для встраиваемых систем. Приведены проектные решения и успешно реализованы на различных уровнях проектирования — микропроцессор, материнская плата.

Ключевые слова: размещение выводов корпуса микропроцессора; размещение пассивных компонентов; крышка микропроцессора; отечественный микропроцессор; технология flip-chip.

The paper describes the process of implementing a multi-chip processor with the Elbrus architecture for embedded systems. Design solutions are presented and successfully implemented at various design levels — microprocessor, motherboard.

Keywords: microprocessor case topology; placement of passive components; IC cover; CPU made in Russia; flip-chip technology.

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе рассмотрены успешно примененные решения по реализации многокристального микропроцессора для встраиваемых систем в рамках совместного проектирования многоядерного микропроцессора по технологии flip-chip [1, 2] и материнской платы на его основе.

Целью работы являлось создание компактного микропроцессора с двумя кристаллами «Эльбрус-1С+» и контроллера периферийных интерфейсов «Печора» в одном корпусе микросхемы. Основные характеристики данного микропроцессора и контроллера периферийных интерфейсов представлены в табл. 1.

Создание такого микропроцессора дает множество преимуществ. Объединение двух кристаллов в одном корпусе и соединение их между собой сокращает количество слоев на материнской плате, необходимых для вывода всех интерфейсов микросхемы. За счет объединения двух кристаллов в одном корпусе мы имеем явное уменьшение цены микросхемы, так как будет создаваться один микропроцессор вместо двух. Также сокращается площадь микросхемы, относительно двух отдельных, что позволяет создавать на базе его более компактные системы. Применение данного многокристального микропроцессора планируется в тонких клиентах, дешевых ноутбуках и во встраиваемых системах.

Многокристальный микропроцессор будет изготовлен в органическом корпусе со слоями высокой плотности, при производстве которого будут использоваться технологические правила, накладываемые фабрикой-изготовителем.

Исходя из пожеланий видимых потребителей была сформирована периферия многокристального микропроцессора. Создать один универсальный микропроцессор под все нужды потребителей, конечно, сложно и практически невозможно, но мы

поместили в него максимальное количество необходимых интерфейсов.

Данный микропроцессор будет иметь:

- 1 канал памяти DRAM DDR3-1600 ECC;
- 1 выход VGA;
- 2 выхода HDMI;
- 1 выход LCD(LVDS);
- 3 контроллера сетевого интерфейса Ethernet 1 Гбит/с;
- 2 контроллера интерфейса шины PCI Express 2.0;
- 4 выхода дискового интерфейса SATA-3;
- SD host;
- 1 контроллер звукового интерфейса INTEL HDA;
- 4 выхода последовательного интерфейса USB 2.0;
- 2 контроллера последовательного интерфейса RS-232/485;
- 1 шина PCI 66 МГц;
- отладочные выводы GPIO;
- контроллер последовательных интерфейсов SPI и I2C.

Зная состав периферии кристалла, нужно определить следующие требования для микросхемы:

- снижение стоимости микросхемы;
- минимальная площадь микросхемы;
- минимальная высота микросхемы;
- уменьшение шага выводов микросхемы;
- компактное размещение выводов корпуса;
- размещение двух кристаллов на одной микросхеме;
- размещение необходимого количества пассивных компонентов;
- определение размера крышки микросхемы.

Очень часто площадь микросхемы зависит от площади кристалла и количества периферии в нем, но в многокристальном



Таблица 1. Характеристики микропроцессора Эльбрус-1С+ и Печора

	Эльбрус-1С+	Печора
Тактовая частота	1000 МГц	500 МГц
Топология	375 млн транзисторов 40 нм техпроцесс, 122 мм ² площадь кристалла (9,54×12,78 мм)	85 млн транзисторов 65 нм техпроцесс, 152 мм ² площадь кристалла (13,94×10,9 мм)
Корпус	34,6×34,6×3 мм 1156 контактов HFСВGA	34,6×34,6×3,05 мм 1156 контактов HFСВGA
Потребляемая мощность	10 Ватт	7 Ватт
Условия эксплуатации	-60...+90 °С	-60...+85 °С
Каналы ввода/вывода	<ul style="list-style-type: none"> - DDR3 (два канала памяти) - WLCC (PCIe 2.0) - встроенный ускоритель 3D-графики, поддерживающий OpenGL 2.1 и OpenCL 1.2 	<ul style="list-style-type: none"> - PCIe 2.1 (x16 и x4) - SATA III (два четырехпортовых контроллера) - USB 2.0 (два четырехпортовых контроллера) - PCI 32/66 - SPI - I2C (4 шины) - HDAudio link - IEEE1284 - RS-232 (2 канала) - GМII (3 канала) - IDE - WLCC (PCIe 2.1)

микропроцессоре все вышеуказанные требования тесно связаны друг с другом, в связи с чем возможно увеличение площади микросхемы.

Так как создание микропроцессора тесно связано с применением его на материнской плате, мы не можем при выборе некоторых параметров для микросхемы не учитывать особенности проектирования материнской платы [3]. Следует учитывать, как они скажутся на материнской плате и какие решения необходимо будет применять.

Проанализировав все требования для микросхемы и особенности проектирования материнской платы, были приняты оптимальные решения по проектированию отечественного многокристального микропроцессора, которые описываются в следующем разделе.

РЕШЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ МНОГОКРИСТАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА

Исходя из требований минимальной площади микросхемы, мы посчитали необходимое количество выводов подложки корпуса микросхемы и приняли решение зафиксировать на данный момент ее габариты 25×38 мм и использовать шаг выводов корпуса 0,8 мм. Примерное размещение выводов микросхемы представлено на рис. 1. [4]

Перейдя на шаг выводов корпуса 0,8 мм, мы столкнулись с трудностями проектирования материнской платы, в частности, с выходом сигнальных проводников из-под микропроцессора. При данном шаге и стандартных отверстиях 0,25 мм с ободком 0,125 мм провести два сигнальных проводника толщиной 0,1 мм между двумя отверстиями не имеется возможности. Снижение норм проектирования по ширине проводника до 0,75 мм не решает данную проблему, так как расстояние между двумя



Рис. 1. Размещение выводов корпуса на микросхеме размером 25×38 мм



отверстиями всего 0,3 мм. Снижать ширину трассы до 0,6 мм с зазорами между проводниками 0,6 мм считается не технологичным. Проанализировав рынок микросхем с шагом 0,8 мм и посмотрев их топологию проектирования, попробовали реализовать ее в нашем микропроцессоре (см. рис. 2).

Такое расположение выводов было позаимствовано у микропроцессора AMD ASB1 [5, 6]. На рисунке представлено подключение четырех дифференциальных пар с сопровождающей землей на материнской плате. Переходные отверстия выполнены 0,25 мм с ободком 0,125 мм. Расположение выводов группируется по столбцам. Один столбец сигнальный, следующий с опорной землей. Данная конфигурация позволяет объединить четыре земляных вывода и подключить через одно переходное отверстие, направленное в столбец с переходными отверстиями дифференциальных пар. Такое размещение переходных отверстий позволяет оставить свободную область без переходных отверстий для проведения сигнальных проводников, расположенных выше. Высокочастотные сигналы должны сопровождаться земляными выводами, расположенными в непосредственной близости от сигнальных выводов. Соответственно, объединение четырех выводов опорной земли и подключение их через одно переходное отверстие не обеспечивает необходимое количество опорной земли, что повлечет ухудшение качества сигнала дифференциальной пары. Поэтому было принято решение переходить на более жесткие нормы проектирования материнских плат и уменьшать переходные отверстия до 0,2 мм с ободком 0,1 мм. Тем самым мы получаем расстояние между двумя переходными отверстиями 0,4 мм и проводим два проводника шириной 0,8 мм с зазором между проводниками 0,8 мм.

При переходе на шаг 0,8 мм возникают трудности с установкой конденсаторов 0402 под BGA на выводы микросхемы. Решая данную проблему, было принято решение увеличить количество выводов земли/питания ядер в полтора-два раза. Увеличив количество

выводов, произведем попарное объединение выводов земли/питания, то есть два вывода микросхемы будут

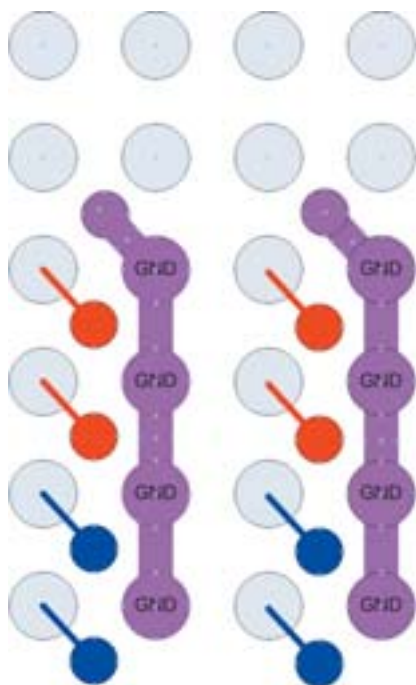


Рис. 2. Подключение сигнальных проводников и опорной земли с переходными отверстиями 0,5 мм

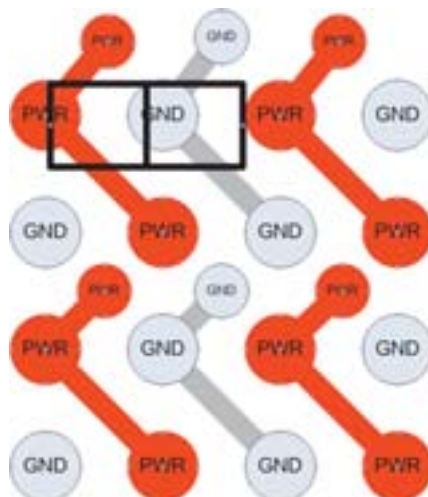


Рис. 3. Установка конденсаторов под BGA микросхемы на материнской плате



Рис. 4. Размещение пассивных компонентов на микросхеме размером 28×39 мм

подключаться к полигонам на материнской плате через одно переходное отверстие и тем самым освободится место под установку конденсаторов. Данное объединение представлено на рис. 3.

После принятия решений по реализации проектирования микропроцессора с шагом выводов 0,8 мм на материнской плате и после размещения всех периферийных и сигнальных выводов микросхемы, произвели расчет и установку необходимого количества конденсаторов и резисторов на подложку корпуса. Количество необходимых конденсаторов составило 132 штуки и 16 конденсаторных сборок с четырьмя отдельными конденсаторами внутри. Данные конденсаторные сборки нужны для установки их на дифференциальные пары канала ввода-вывода, соединяющие два кристалла. На данный момент мы не нашли конденсаторных сборок необходимого размера 0306, поэтому пока вынуждены поставить их размером 0508. У фирмы MURATA есть необходимые конденсаторные сборки, но они сняты с производства: вероятнее всего, спрос на данные компоненты был не велик. Расставив необходимое количество пассивных компонентов, мы поняли, что выбранные габариты корпуса не подходят. Чтобы удовлетворять всем требованиям к микросхеме, приходится жертвовать некоторыми требованиями и увеличивать габариты микросхемы до 28×39 мм (см на рис. 4).

Размещение компонентов было выполнено по минимальным нормам размещения компонентов фабрики Куосега [7]. Также была выделена минимальная зона для установки крышки микросхемы, после чего чертеж отправлен на согласование с фабрикой. Для повышения надежности и выхода годных микросхем фабрика попросила увеличить нормы по размещению компонентов и увеличить зону установки крышки микросхемы, что повлияло на размер микросхемы. Некоторые нормы мы смогли согласовать по минимальным требованиям, а с остальным пришлось согласиться. Тем самым габариты корпуса увеличились до 30×41 мм. Согласованный размер корпуса микросхемы с установленными пассивными компонентами и выделенной зоной под установку крышки микросхемы представлен на рис. 5.

С увеличением габаритов корпуса появилось множество свободных выводов корпуса. Данные выводы корпуса были задействованы под предполагаемо необходимые интерфейсы и под увеличение выводов земли/питания ядер. Также выделена область

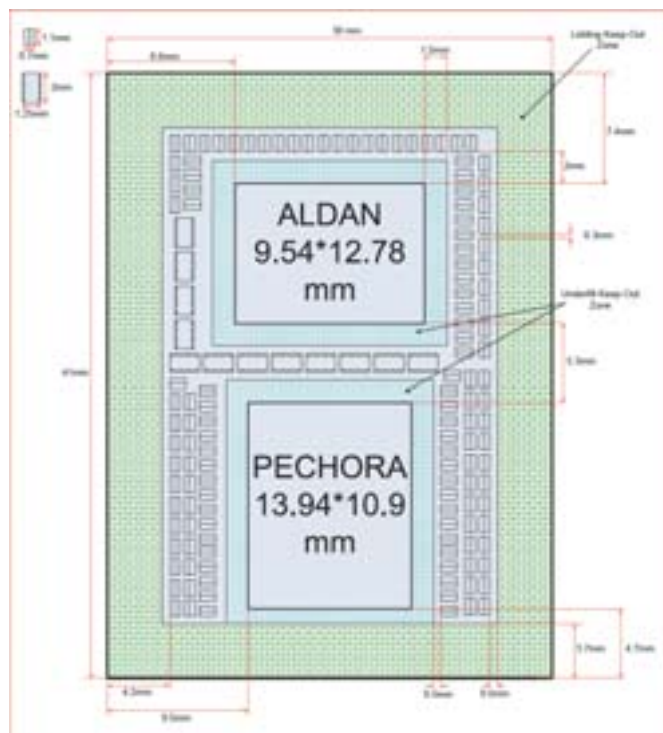


Рис. 5. Размещение пассивных компонентов на микросхеме размером 30×41 мм

для вывода сигналов синхронизации из центра микросхемы. Между двумя кристаллами оставили незадействованные выводы корпуса для качественного подключения конденсаторных сборок и для того, чтобы переходные отверстия выводов корпуса не мешали соединению канала ввода/вывода двух кристаллов. Размещение выводов корпуса многокристального отечественного микропроцессора представлено на рис. 6.

НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

- разработанный многокристальный отечественный микропроцессор является новизной в отечественной микроэлектронике и будет широко применен в тонких клиентах, дешевых ноутбуках и во встраиваемых системах;
- использование совместного проектирования материнской платы и корпуса микросхемы уменьшает сроки на проектирование и позволяет тщательно проработать все детали разработки;
- использование совместного согласования габаритов микросхемы с фабрикой и согласование зон под установку конденсаторов и зоны крышки микросхемы с параллельным размещением выводов корпуса снижают риски на ошибки;
- использование шага выводов корпуса 0,8 мм и увеличение количества выводов земли/питания позволяют установить необходимое количество конденсаторов на землю/питание под BGA микросхемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам данной работы были проанализированы многокристальные микросхемы от ведущих зарубежных производителей, таких как Intel, AMD, GS Nanotech и т.д. После просмотра различных решений зарубежных компаний были приняты решения на переход с шага 1 мм на шаг 0,8 мм между выводами корпуса



Рис. 6. Размещение выводов корпуса на микросхеме размером 30×41 мм

коммутационной платы. При создании многокристального микропроцессора на базе уже имеющихся кристаллов или однокристального микропроцессора на базе кристаллов из многокристального процессора, значительно уменьшается себестоимость нового продукта, так как не закладывается разработка и наладка новых кристаллов. К примеру, многокристальная компоновка серверных процессоров ЕРУС помогла снизить их себестоимость на 41% по сравнению с монолитными чипами, что дало возможность превзойти соотношение цены и быстродействия решений линейки Intel Xeon. Соответственно, цена нашего многокристального микропроцессора ориентировочно снизится на 30–40% относительно двух однокристалльных микропроцессоров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Johnson S.C. Flip-chip Packaging Market Flips Up // Electronic Business Journal, 10/1/2006.
2. Lapedus M. Flip-chip Market Sees Rapid Growth // EETimes, 07/12/2006.
3. Vorobiev A.S., Moroz Y.N., Krasnuykov E.A. // Planning Integrated Circuit Die Peripherals with Power Grid Simulation // Наноиндустрия. Спецвыпуск 2017.
4. Разработка таблицы выводов серверного процессора; И. Н. Бычков, А. С. Воробьев, Ю. С. Рябцев.
5. ASB1 Processor Motherboard Design Guide // AMD, April 2009.
6. ASB1 Processor Functional Data Sheet // AMD, November 2011.
7. ATD Assembly Design Guideline Rev. 6 // KYOCERA, February 2014.