Скальпирование процессора

В последнее время гонка производительности настольных персональных компьютеров поднялась на новый уровень. Растут тактовые частоты, вычислительные мощности, переход на многоядерную архитектуру и внедрение архитектуры x64 призвано поднять производительность персональных компьютеров на новый уровень, но существует обратная сторона медали. При увеличении тактовых частот соответствующим образом увеличивается тепловыделение электронных компонентов. Так как у электронных схем работоспособность обеспечивается при температуре, не выше, чем максимально допустимая, то увеличение тепловыделения не может происходить бесконечно. Для решения этой проблемы можно пойти несколькими путями: во-первых, внедрение новых процессорных архитектур, технологических процессов позволяет снизить тепловыделение. Существует второй путь – усовершенствовать системы охлаждения процессоров. Именно в этом направлении сейчас идет большинство производителей процессоров. Со временем термоинтерфейс между кристаллом и теплораспределительной крышкой, если это термопаста, а не припой, может высохнуть, что негативно влияет на охлаждение процессора.

Процессоры можно разделить на два типа:

- десктопные процессоры;
- мобильные процессоры.

Десктопные процессоры представляют из себя маленькую печатную плату с множеством контактов. Устройство процессора изображено на рисунке 1.

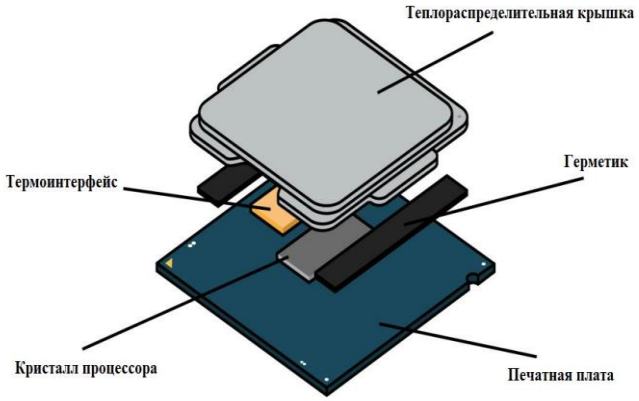

Рисунок 1 – Устройство процессора

Такие процессоры устанавливаются в специальный разъем, называемый сокет. Отвод тепла от таких процессоров проводят с помощью кулера или системы жидкостного охлаждения. В десктопных процессорах между кристаллом и кулером находится теплораспределительная крышка. Она защищает кристалл от перекосов и чрезмерного прижима кулера к процессору.

Мобильные процессоры устанавливаются в ноутбуки и моноблоки. В большинстве случаев они впаяны на материнскую плату. В отличие от своих десктопных аналогов, они не имеют теплораспределительную крышку, ввиду малых габаритов ноутбуков и моноблоков. Пример установленного в ноутбук процессора, изображен на рисунке 2. В них система охлаждения устроена так, что к процессору прикрепляется не сам радиатор, а всего лишь медная теплотрубка, которая соединена с радиатором. В такой системе охлаждения, чтобы защитить кристалл от скола, используют не термопасту, а термопрокладку. Использование

термопрокладки позволяет не так сильно прижимать теплотрубку к процессору, а так же увеличивает рабочий зазор.

Рисунок 2 – Установленный в ноутбук процессор

Как и любой другой компонент аппаратного обеспечения персонального компьютера, процессор выделяет тепло во время работы и должен надлежащим образом охлаждаться для достижения максимальной производительности. Марк Галлина (Mark Gallina), архитектор систем охлаждения и механических систем корпорации Intel, объясняет: «При нормальной работе транзисторы внутри процессора преобразуют электрическую энергию в тепловую (тепло). Это тепло повышает температуру процессора. Если для этого тепла не существует эффективного пути, температура процессора превысит безопасную рабочую температуру». Существует множество способов охлаждения процессора, но в большинстве настольных персональных компьютеров и ноутбуков используется воздушное или жидкостное охлаждение.

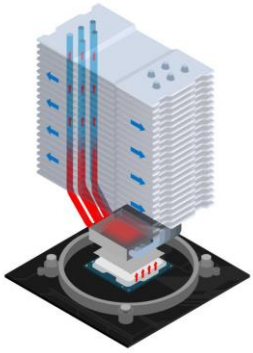

Рисунок 3 – Схематичное изображение отвода тепла от процессора с помощью кулера

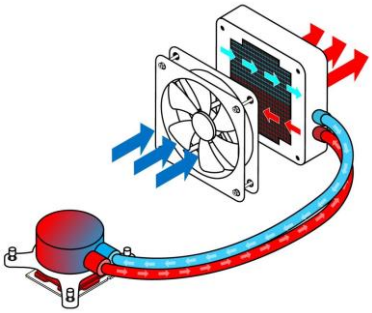

Рисунок 4 – Схематичное изображение отвода тепла от процессора с помощью системы жидкостного охлаждения

Термоинтерфейс – слой теплопроводящего состава (обычно многокомпонентного) между охлаждаемой поверхностью и отводящим тепло устройством. Наиболее распространенным типом термоинтерфейса являются теплопроводящие пасты (термопасты) и компаунды. В быту наиболее известны термоинтерфейсы для тепловыделяющих компонентов персональных компьютеров (процессоры, видеокарты, быстрая память и т. п.). Также применяется в электронике для теплоотвода от компонентов силовых цепей и уменьшения градиента температур внутри блоков.

В настоящее время термоинтерфейс делится на три вида:

- термопрокладки;
- теплопроводная паста;
- припой и жидкий металл.

Скальпирование центрального процессора (ЦП) - процесс снятия интегрированной теплораспределительной пластины (ИТП, в английском варианте IHS) процессора. ИТП поглощает и отводит тепло от процессора к системе охлаждения, чтобы ЦП оставался в допустимых пределах по температуре.

Скальпирование ЦП служит для замены термоинтерфейса между ИТП и кристаллом ЦП, а также для уменьшения расстояния между ними для более лучшего охлаждения. При выборе процессора для процедуры скальпирования, необходимо понять, в каких условиях работает процессор. Если рассматривать современные процессоры, то на данный момент существует всего два производителя десктопных процессоров – AMD и Intel.

Первой группой претендентов служит современная линейка процессоров Ryzen от компании AMD, то необходимость в скальпировании попросту пропадает. Благодаря техпроцессу в 7 нм, TDP (Тепловой пакет) остается допустимых пределах. Так например у самого популярного, относительного бюджетного, процессора AMD Ryzen 3600, TDP составляет всего 65 Вт. С таким тепловыделением может справится практически любой процессорный кулер. Так же не маловажный параметр процессоров AMD заключается в том, что их практически невозможно «разогнать», т.е. увеличить тактовую частоту.

Во второй группе претендентов представлены современные процессоры Intel Core 9-го поколения. И в данном случае процедура скальпирования уже имеет смысл. Третьей группой являются процессоры Intel XEON. По своей сути, процессоры линейки XEON и CORE практически идентичны, ведь их делают с одного кристалла. В настоящее время на крупных серверах идет замена старых процессоров на более новые. Соответственно на Б/У рынке стали массово появляться серверные процессоры. С каждым годом цена на них снижается в среднем на 50%. Так например процессор Intel XEON x3440 сейчас продается по цене 700 рублей.

Учитывая тот факт, что современные процессоры стоят в среднем от 15000 рублей, в этом есть как минимум экономический смысл.

Данные процессоры в основном представлены тремя поколениями:

1. Процессоры на архитектуре «Lynnfield», на сокете 1156.
2. Процессоры на архитектуре «Sandy Bridge EP», на сокете 2011
3. Процессоры на архитектуре «Haswell-E», на сокете 2011-v3

Процессоры на архитектуре «Lynnfield» актуальны только для тех, у кого уже есть в наличии материнская плата с сокетом 1156, так как данные материнские платы уже практически невозможно купить, ввиду их отсутствия даже на вторичном

рынке. Так как это самая старая архитектура, представленная в данном списке, у данных процессоров самый большой техпроцесс, а именно 45 нм. Соответственно TDP них тоже высокий, а именно 95 Вт. Также ввиду того, что первые процессоры этой архитектуры были выпущены в 2009 году, термоинтерфейс под теплораспределительной крышкой уже высох, и его необходимо менять. Архитектуры Sandy Bridge EP и Haswell-E, очнь схожи между собой. Архитектура Haswell-E имеет те же процессоры, что и на архитектуре Sandy Bridge EP, но с приставкой «v3».

У процессоров с архитектурой Haswell-E, по сравнению с архитектурой Sandy Bridge EP, уменьшен техпроцесс (22 нм, вместо 32 нм), и увеличена тактовая частота в среднем на 100-200 MHz. Так же произведен перевод с DDR3 памяти на DDR4. Процессоры данных архитектур делятся на две основные серии: E5-26xx и E5-16xx. И для скальпирования подходит именно E5-16xx, так как у них разблокирован множитель, в отличие от E5-26xx.

Для подбора процессора стоит смотреть на самые основные характеристики:

- производитель процессора;
- термоинтерфейс под теплораспределительной крышкой;
- количество ядер и наличие технологии Hyper-threading (для процессоров Intel);
- возможность «разгона» процессора.

Процедура скальпирования сводится к одному – использовать весть потенциал мощных процессоров.

В таблице 1 приведены самые популярные процессоры для скальпирования.

Таблица 1 – Самые популярные процессоры для скальпирования

Название процессора	Intel Xeon X3470	Intel Core i7-2700K	Intel Xeon E5-1650 v3	Intel Core i7-7700K	Intel Core i9-9900K
Архитектура	Lynnfield	Sandy Bridge	Haswell	Kaby Lake	Coffee Lake
Сокет	LGA1156	LGA	LGA	LGA	LGA
Техпроцесс	45 нм	32 нм	22 нм	14 нм	14 нм
Расчетная тепловая мощность	95 Вт	95 Вт	140 Вт	91 Вт	95 Вт
Количество ядер/потоков	4/8	4/8	6/12	4/8	8/16
Базовая частота процессора	2.93 ГГц	3.50 ГГц	3.50 ГГц	4.20 ГГц	3.60 ГГц
Максимальная тактовая частота с технологией Turbo Boost (одно ядро	3.60 ГГц	3.90 ГГц	3.80 ГГц	4.50 ГГц	5.00 ГГц
Средняя частота в «разгоне» (по всем ядрам)	4.20 ГГц	4.70 ГГц	4.40 ГГц	4.80 ГГц	4.90 ГГц
Тип памяти	DDR3	DDR3	DDR4	DDR4	DDR4

По данным таблицы 1 можно сделать вывод, что наиболее подходящим процессором для скальпирования является Intel Core i9-9900K, так как из всех

приведенных процессоров он является самым производительным. Его производительность достигается благодаря 8 ядрам и 16 потокам, а так же высокой тактовой частоте для всех ядер. При выборе термоинтерфейса в основном учитывают один параметр – теплопроводность. Чем выше теплопроводность, тем эффективнее охлаждается процессор. В таблице 2 приведены различные термоинтерфесы для персонального компьютера.

Таблица 2 – Термоинтерфейсы для персонального компьютера

Название термоинтерфейса	Arctic Cooling MX-4	Thermalright TF8	Thermal Grizzly Kryonaut	Thermal Grizzly Conductonaut	Coollaboratory Liquid PRO
Тип термоинтерфейса	Термопаста	Термопаста	Термопаста	Жидкий металл	Жидкий металл
Теплопроводность	8.5 Вт/м*К	13.8 Вт/м*К	12.5 Вт/м*К	73 Вт/м*К	79 Вт/м*К
Вязкость	85 Па*с	120 Па*с	150 Па*с	0.0021 Па*с	0.0018 Па*с
Диапазон рабочих температур	От -50°С до +160°С	От -220°С до +380°С	От -250°С до +350°С	От +10°С до +140°С	От +8°С до +350°С
Химическая нейтральность	Химически нейтральна	Химически нейтральна	Химически нейтральна	Образует амальгамы с алюминием	Образует амальгамы с алюминием
Электропроводность	Диэлектрик	Диэлектрик	Диэлектрик	Проводник	Проводник

Мною в качестве термоинтерфейса был выбран жидкий металл Coollaboratory Liquid PRO. Данный жидкий металл имеет теплопроводность в 79 Вт/(м·К). Также он имеет большой диапазон рабочих температур – от +8°С до +350°С. Сам термоинтерфейс поставляется в шприце со стальной иголкой. Комплектация, в которой поставляется Coollaboratory Liquid PRO, представлена на рисунке 5.

Рисунок 5 – Жидкий металл Coollaboratory Liquid PRO

Мною для скальпирования был выбран процессор Intel Core i9-9900K. Для начала необходимо снять систему жидкостного охлаждения, представленную на рисунке 6. Для того, чтобы её снять, необходимо открутить четыре винта. Также необходимо очистить процессор и водоблок жидкостной системы охлаждения от старого термоинтерфейса.

Рисунок 6 – Установленная система жидкостного охлаждения

После снятия охлаждения, необходимо поднять крышку сокета, представленную на рисунке 7 и рисунке 8, а после вынуть процессор из сокета.

Рисунок 7 – Прижатый крышкой сокета процессор

Рисунок 8 – Поднятая крышка сокета

После того, как процессор извлечен, необходимо лезвием по периметру надрезать герметик. Процесс надреза изображен на рисунке 9.

Рисунок 9 – Надрез герметика

После того, как крышка процессора стала держаться только на припое, ее необходимо отсоединить с помощью приспособления для скальпирования - скальпатора. Процессор в скальпаторе изображен на рисунке 10.

Рисунок 10 – Процессор в приспособлении для скальпирования

После того, как крышка отсоединилась от кристалла, её можно снять руками. Процессор без крышки представлен на рисунке 11.

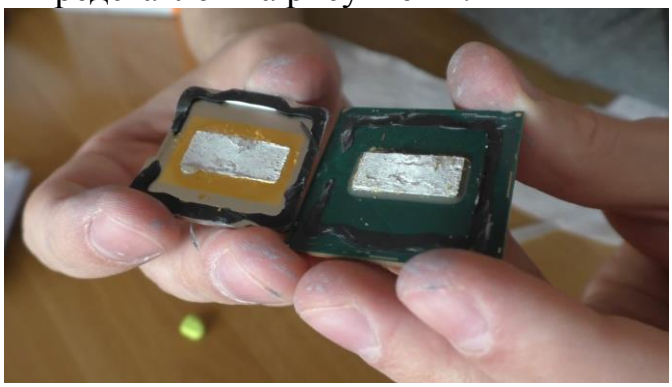

Рисунок 11 – Снятие крышки с процессора

После разъединения крышки и процессора, их необходимо очистить от герметика и припоя. Процессы снятия припоя с кристалла и крышки представлены на рисунках 12 и 13.

Рисунок 12 – Снятие припоя с кристалла

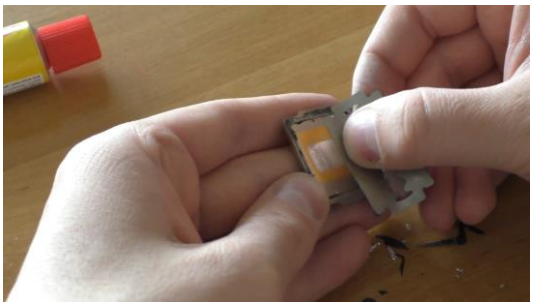

Рисунок 13 – Снятие припоя с крышки

После снятия припоя, крышку и кристалл необходимо очистить до блеска. Очищенная крышка процессора и чистый кристалл представлены на рисунках 14 и 15.

Рисунок 14 – Очищенная крышка процессора

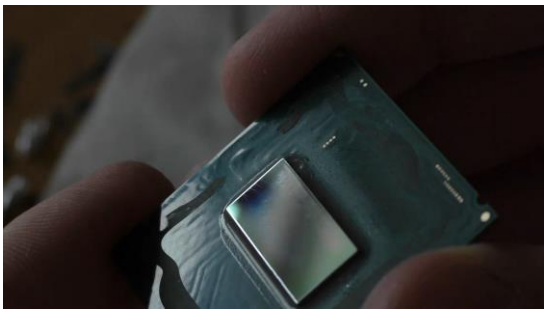

Рисунок 15 – Очищенный кристалл

Следующим этапом является – нанесение лака на открытые контакты. Лак наносится для защиты контактов от случайного попадания жидкого металла. Нанесение лака изображено на рисунке 16.

Рисунок 16 – Нанесение лака на открытые контакты

После того, как на открытые контакты был нанесен лак, необходимо нанести термоинтерфейс на крышку процессора и кристалл, мною был использован жидкий металл Coollaboratory Liquid PRO. Нанесенный жидкий металл на крышке процессора и кристалле изображен на рисунках 17 и 18.

Рисунок 17 – Нанесенный жидкий металл на крышке процессора

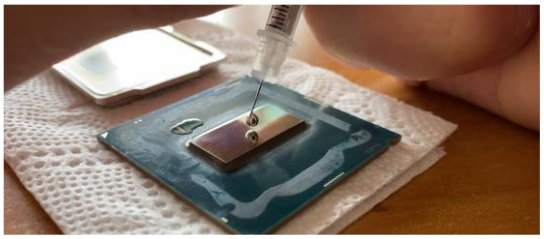

Рисунок 18 – Нанесенный жидкий металл на кристалле

После нанесения жидкого металла, его необходимо равномерно распределить по крышке процессора и кристаллу. Распределенный жидкий металл на крышке процессора и кристалле изображен на рисунках 19 и 20.

Рисунок 19 – Распределенный жидкий металл на крышке процессора

Рисунок 20 – Распределенный жидкий металл на кристалле

Для того, чтобы соединить крышку процессора и процессор, необходимо по периметру крышки нанести новый слой термостойкого герметика. Процесс нанесения герметика изображен на рисунке 21.

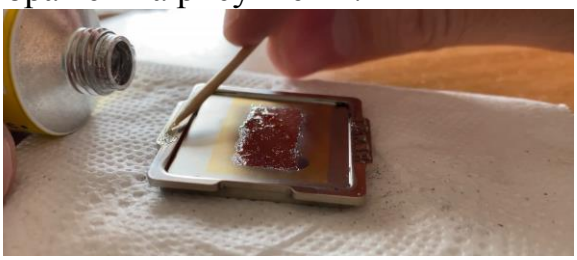

Рисунок 21 - Процесс нанесения герметика на крышку

После того, как герметик нанесен, крышку необходимо положить на процессор. Собранный процессор изображен на рисунке 22.

Рисунок 22 – Собранный процессор

Для того, чтобы крышка процессора приклеилась к текстолиту процессора, её необходимо прижать крышкой сокета. Для этого необходимо установить процессор в сокет и закрыть крышку сокета. Установленный процессор изображен на рисунке 23.

Рисунок 23 – Установленный процессор в сокет

Последним этапом является нанесение жидкого металла на процессор. Процесс нанесения жидкого металла изображен на рисунке 24.

Рисунок 24 – Нанесенный жидкий металл на процессор

После того, как компьютер собран, его необходимо включить, чтобы удостовериться, что процессор не был поврежден. После успешной процедуры скальпирования в таблице 3 приведено сравнение параметров процессора Intel Core i9-9900K до и после процедуры скальпирования. Сравнение параметров проводились путём 100% нагрузки на процессор с помощью программы AIDA64 Extreme. Данные в таблице 3 представлены на 1 минуте 52 секунде, так как именно на этом времени процессор до скальпирования начал перегреваться и снижать частоты.

Таблица 3 – Сравнение параметров процессора Intel Core i9 9900K до и после процедуры скальпирования

Параметры	До процедуры скальпирования	После процедуры скальпирования
Частота всех ядер	4.6 ГГц	4.7 ГГЦ
Температура на поверхности кристалла	86°C	76°C
Фактическая температура кристалла	102°C	92°C
Снижение частот	На 5%	На 0%

В результате выполненной работы можно сделать следующий вывод – температура процессора не достигает критической отметки в 100°С, соответственно процессор не снижает частоты. Также благодаря снижению температуры появилась возможность повышения тактовой частоты до 4.9-5.0 ГГц.

Современный процессор обладает большой вычислительной мощностью. С каждым новым поколением процессоров, их производительность увеличивается в среднем на 40%. Так же повышаются требования к системе охлаждения процессора. Во время работы аппаратного обеспечения постоянно выделяется тепло, однако слишком большое его количество может замедлить работу системы. Тщательное планирование системы охлаждения персонального компьютера — не просто положительная практика, но еще и залог максимальной производительности персонального компьютера, и продление срока службы компонентов.

Правильно организованная система охлаждения, в соответствии с конкретной конфигурацией аппаратного обеспечения, позволяет поддерживать оптимальную температуру всех компонентов. Проведенная процедура скальпирования процессора позволяет повысить эффективность, снизить температуру процессора на 10°С и повысить тактовую частоту до 4.9-5.0 ГГц.

Список используемых источников

1. Системы охлаждения [Электронный ресурс]-форма доступа- http://hosthome.ru/articles/_upgrd/Osnovnye_harakteristiki_kulera_7. shtml -режим доступа свободный.

2. Типовые радиаторы [Электронный ресурс]-форма доступа- http://www.electrosad.ru/Ohlajd/CoolA. htm

3. Жидкостное охлаждение [Электронный ресурс]-форма доступа- https://ru.wikipedia.org/wiki/жидкостное охлаждение

4. Термоинтерфейс [Электронный ресурс]-форма доступа - http://www.electrosad.ru/Ohlajd/Ti.htm

5. Система охлаждения процессора [Электронный ресурс]-форма доступа - https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/gaming/resources/cpu-cooler-liquid-coolingvs-air-cooling.html

6. Электронный курс: «Техническое обслуживание и ремонт компьютерных систем и комплексов» - https://el.istu.edu/course/view.php?id=3998

7. Петров В.П. Техническое обслуживание и ремонт компьютерных систем и комплексов: учебник для студ.учреждений сред. проф. образования / В. П.

8. Петров. - М: Издательский центр «Академия», 2019. – 304 с.