



Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

CHLAZENÍ POČÍTAČŮ

Marek Šnapka, Vítězslav Imrýšek

Mendelovo gymnázium
Komenského 5, Opava

Prohlašujeme, že jsme tuto práci vypracovali samostatně za použití podkladů uvedených v příloženém seznamu.

V Opavě dne 16. března 2010

Marek Šnapka

Vítězslav Imrýšek

.....

.....

Anotace

Práce podrobně rozebírá metody chlazení počítačových systémů, používané technologie, jejich aplikace a praktické použití. Tuto práci je možno využít při studiu tohoto oboru, či přímo jako odbornou příručku při stavbě chladících systémů. Její přínos spočívá v celkovém shrnutí problematiky chlazení do jediného dokumentu a následném vysvětlení teorie na praktickém příkladu.

Klíčová slova: chlazení, chladič, tepelná výměna, shrnutí

Abstract

This writing closely describes methods of cooling computer systems, technologies in use, their applications and operative usage. This work can also be used for studying or professional guide book aimed at building the cooling systems. This writing generally summaries the basic knowledge of cooling systems and explains it on the practical example.

Keywords: cooling, cooler, thermal exchange, summary

ČÁST PRVNÍ – TEORIE CHLAZENÍ

I. Chlazení v minulosti.....	5
• Co se chladilo.....	5
• Jak se chladilo.....	6
• Náklady.....	6
II. Chlazení v současnosti.....	7
• Vzduchové chlazení.....	9
◦ Pasivní chlazení.....	9
▪ Typy uchycení.....	11
▪ Materiály.....	12
▪ Tvary.....	12
▪ Výrobní postupy.....	13
▪ Heatpipe.....	14
◦ Aktivní chlazení (ventilátory).....	15
▪ Ložiska.....	15
▪ Rozměry a výkon.....	16
▪ Účel.....	17
▪ Regulace.....	18
▪ Redukce.....	18
▪ Tipy pro praxi.....	19
◦ Shrnutí.....	20
• Vodní chlazení.....	21
◦ Princip.....	21
◦ Čerpadlo.....	22
◦ Expanzní nádoba.....	22
◦ Chladicí blok.....	23
◦ Radiátor.....	23
◦ Hadice a úchyty.....	23
◦ Shrnutí.....	24
• Teplovodivé pasty.....	24
◦ Teorie.....	24
◦ Jednotlivé typy.....	25
• Kompresorové chlazení.....	25
• Peltiérový články.....	27
• Olejové chlazení.....	28
• Chlazení kapalným dusíkem.....	29

- **Chlazení ostatních komponent PC.....30**

III. Chlazení v budoucnosti	31
• Iontový vítr.....	32
• Piezoelektrické vějíře.....	33

ČÁST DRUHÁ – POČÍTAČOVÉ SKŘÍNĚ.....35

• Standardy.....	36
• Standardy velikostí.....	37
• Materiály.....	38
• Řešení chlazení – průtok vzduchu.....	39
• Prachové filtry.....	39
• Windtunnel.....	40
• Tipy pro praxi.....	40

ČÁST TŘETÍ – PRAKTICKÉ ZPRACOVÁNÍ VLASTNÍHO SYSTÉMU...41

• Použité komponenty.....	42
• Popis systému.....	43
• Návrhy na vylepšení.....	45
• Cenový rozbor.....	45
• Shrnutí.....	46
• Plány do budoucna.....	46

Zdroje

obrázků.....4

Úvod

Chlazení elektronických součástí, v praxi však častěji jejich celků, se v dnešní době stalo nezbytnou nutností ve světě spotřební elektroniky. Touto vědní disciplínou se zabývá nesmírná spousta kvalifikovaných lidí, nezdědkakdy také vědců. Chlazení je disciplína, která zažila svůj největší rozmach v minulých deseti letech. Výkon elektronických obvodů stoupal (a stále stoupá), což s sebou přineslo dva základní úkoly pro inženýry zabývající se návrhy systémových celků. První z těchto úkolů je miniaturizace výrobních procesů (za posledních 10 let jsme byli svědky přechodu ze 150nm technologie až k 32nm, což platí pro spotřební CPU), což sice představuje vysoké náklady na modernizaci výroby, na druhou stranu však také vysoké úspory po stránce energetické, tudíž i ekonomické – není nutné nakupovat obrovské výkonné chladiče, není nutno platit za spousty promrhané energie.

Druhým úkolem však i nadále zůstává vývoj nových, lepších, výkonnějších a v neposlední řadě také levnějších způsobů chlazení. Jednotlivé typy budu rozebírat v následujících kapitolách. Má práce je rozčleněna do tří hlavních částí. První se zabývá čistě teorií chlazení, kde podrobně rozebírám jednotlivé cesty k dosažení nízkých teplot. Druhá část je zaměřena na teorii proudění vzduchu v počítačových skříních, což s sebou přináší také objasnění jejich standardů, atd. Třetí část popisuje kompletní aplikaci předchozích dvou kapitol na mém vlastním PC. Podrobný úvod k jednotlivým kapitolám budu zkoumat na příslušných místech práce.

Základem pro úspěšné pochopení všech následujících kapitol je znát problematiku šíření tepla. Proto zde na úvod předkládám ve zkratce „výcuc“ z kapitol z učebnic středoškolské fyziky.

Pro nás budou při zkoumání účinnosti chlazení podstatné tyto veličiny:

- **Teplota**
- **Teplota**
- **Tepelná vodivost**

Pro úplnost zde nabízím definice posledních dvou, jelikož předpokládám, že pojem teplota je nám všem obecně znám z běžného života.

Teplota je část vnitřní energie, kterou systém vymění (tj. přijme nebo odevzdá) při styku s jiným systémem, aniž by přitom docházelo ke konání práce. Mluvíme o tepelné výměně. Teplota je fyzikální veličinou popisující změnu termodynamického stavu systému, nikoli stav samotný.

Ve fyzice označuje tepelná vodivost schopnost daného kusu látky, či konstrukce vést teplo. Představuje rychlost, s jakou se teplo šíří z jedné zahřáté části látky do jiných, chladnějších částí. Tepelná vodivost dané látky je charakterizována součinitelem tepelné vodivosti. Součinitel tepelné vodivosti bývá často chybně označován přímo jako tepelná vodivost, součinitel je však měrná tepelná vodivost.

Tepelná výměna

Tento děj může probíhat třemi základními způsoby.

- 1. Vedením** – tím máme na mysli přímý fyzický kontakt mezi tělesy, mezi které se teplo rozvádí
- 2. Prouděním** – tím je myšlen přenos tepla mezi dvěma tělesy prostřednictvím třetího média v případě pevných látek, v případě kapalin a plynů také kromě vedení promícháváním těchto
- 3. Zářením** – to znamená prostřednictvím elektromagnetického vlnění, v našem případě vln v infračerveném spektru

U veškeré výpočetní techniky existuje jeden problém. Všechna energie, která se nepřemění na energii magnetickou (cívky, disky, atp.), či světelnou (monitory, kontrolky) se přemění v energii tepelnou.

ČÁST PRVNÍ

TEORIE CHLAZENÍ

I. Chlazení výpočetní techniky v minulosti

Na úvod prakticky zaměřených kapitol si dovolím malým okénkem nahlédnout do minulosti. Inženýři si v počátcích vývoje výpočetní techniky užili poměrně zábavné chvíle při projektování. No uznejte...plánujete dnes stavbu tělocvičny za domem, když si chcete pořídit počítač?

Co se chladilo?

Jak je již obecně známo, první počítače nacházely své uplatnění již za druhé světové války. Jelikož však byl první tranzistor vyroben až 16. prosince roku 1947, byli tehdejší konstruktéři omezeni na použití elektronických součástek, které měly několikanásobně vyšší spotřebu a nižší rychlost spínání, než první integrované obvody. Mám tím na mysli elektronky a mechanická relé. Počítače nulté generace (obsahující relé) ještě problémem nadměrného zahřívání zatíženy nebyly. Byly totiž obrovské a stačily se chladit přirozeným prouděním okolního vzduchu (pokud vůbec zaznamenaly nějaké výraznější tepelné ztráty).

Toto se však změnilo s nástupem počítačů první generace. Ty se vyznačují výsostným použitím vakuových elektronek, které jsou značně neefektivní, mají vysoký příkon a pro svou funkci potřebují dokonce žhavení. Když zvážíme fakt, že dnes chladíme pouze určitá výpočetní jádra kompletních strukturovaných strojů a uvědomíme si přitom, že výpočetní jádra tehdejší, tisíce elektronek, měly spotřebu nezřídka přesahující několik (desítek) kilowatt, dojdeme dle výše uvedeného pravidla o spotřebované elektrické energii k názoru, že se tyto spotřebované kilowatty elektrické energie musí někam odvést, což je při velikosti elektronek výhoda a nevýhoda zároveň. Výhodu u těchto sálových počítačů představuje fakt, že elektronky byly za prvé stavěny na odolnost vůči vysokým teplotám, za druhé fakt, že jednotlivé elektronky se stíhají chladit pasivně, přirozenou cirkulací vzduchu. Nevýhodou je, že vzduch v celé tělocvičně (ano, takto byl umístěn např. počítač na ředitelství Policie ČR v Ostravě) se při takto vysoké spotřebě elektronek dokázal ohřát za několik desítek minut. Pak vznikalo nebezpečí poruchy elektronkové soustavy. A ta zrovna mezi nejspolehlivější nepatřila.



1) Elektronkový sálový počítač IBM

Jak se chladilo?

Z toho důvodu byly do prostor, kam byl počítač umístěn, montovány výkonné klimatizační jednotky. To s sebou přinášelo různá úskalí, jako např. rozbourání stěny bývalé tělocvičny, to vše jenom proto, aby bylo možno vyvést na její střechu moduly radiátorů s ventilátory. Pro ochlazování vzduchu se používala metoda kompresorového chlazení, které bude podrobněji rozebráno níže. Princip je však zjednodušeně naprosto shodný s principem fungování kompresorových ledniček. V tomto případě se však chladil pouze okolní vzduch, nikoliv elektronky samotné.

Teplota v hale byla udržována na konstantní úrovni, aby se zamezilo poškození elektronek v důsledku jejich tepelné roztažnosti. Také se muselo omezit jejich opakované spouštění. Ve zkratce, elektronky na tranzistory opravdu nemají, neměly a nikdy mít nebudou. Alespoň co se oblasti výpočetní techniky týče.

Náklady

Náklady na vybudování takového počítače byly nesmírně vysoké. Kromě samotného návrhu a výstavby se muselo počítat s nechutně nákladnou údržbou celého systému, jelikož omezenou životnost neměla pouze použitá elektronika, ale také samotný chladicí systém, který měl mimochodem spotřebu srovnatelnou se spotřebou samotného počítače...

Za dob minulého režimu se cena výstavby takového díla pohybovala v řádech statisíců československých korun, což pro běžného smrtelníka rozhodně přijatelná částka nebyla (za podmínky, že běžný občan vydělal měsíčně cca 1500,-Kčs).

Kromě údržby kompresorů a vedení se muselo počítat také s náklady na filtraci vzduchu. Spousta prachu na rozžhavené elektronce rozhodně nebyla košer, jelikož hrozilo riziko vzniku požáru.

Problémy s elektronikami však naštěstí v průběhu let postupně odpadaly. Hlavní podíl na tomto úspěchu měl nástup éry tranzistorů, která trvá dodnes a je stále ve vývoji. Přejdeme proto k metodám chlazení používaným v době současné.

II. Chlazení výpočetní techniky v době současné

Úvod

Můj rozbor se bude týkat primárně hlavních procesorových jednotek standardních osobních počítačů standardu splňujících standardy x86, či x64. Dá se na nich totiž perfektně demonstrovat mnoho metod chlazení, které jsou neustále vyvíjeny a zdokonalovány. Jednotky CPU se nacházejí v každém z těchto počítačů, kterých je na trhu valná většina. Tato problematika se dá také jednoduše aplikovat na serverové technologie. Proto jsem vyloučil použití grafických jader jakožto demonstračních příkladů.

Co se chladí?

Doba pokročila a ocitli jsme se v době miniaturizace. Vlášdu nad světem výpočetní techniky definitivně převzaly tranzistory. Tyto miniaturní součástky se dnes vyrábí pokročilými metodami, které nám v současnosti umožňují místo tlusté vakuové trubice o rozměrech 3×6 cm použít součástku o velikost 32 nm. Výrobci procesorů se předhánějí ve vývoji, kdo dřív uvede na trh výrobky s menší výrobní technologií. Zároveň se však neustále zvyšuje výkon procesorových jednotek, kterého je možno dosáhnout buď přebudováním architektury nebo zvýšením počtu tranzistorů v jádrech. Nejvýkonnější procesor současnosti (prosinec 2009), Core i7 960, jich v sobě obsahuje celých 731 milionů. Jako maximální snadno uchladitelný tepelný výkon procesoru se dnes považuje hodnota 130 W, které se např. Intel u svých high-endových výrobků drží, lidově řečeno, „zuby-nehty“. Jelikož dnešní procesor je, na rozdíl od elektronek, součástka velmi malá (plocha Core i7 960 je 263mm²) a na teplotu velmi citlivá, je nutno použít mnohem modernější technologie k jeho ochlazení. Každý procesor má výrobcem udanou svou maximální provozní teplotu při daném napětí. Obecně platí pravidlo, že čím menší výrobní technologii výrobce použil, tím citlivější je procesor na svou provozní teplotu. Většinou se tyto teploty pohybují v rozmezí 65-85°C. Abychom si tedy ujasnili základní úkol veškerých chladících technologií:

ZÁKLADNÍM ÚKOLEM CHLADIČE JE ODVÉST TEPLU OD CHLAZENÉ KOMPONENTY,

a to konkrétně do místa, kde s ním může být dle aktuální potřeby naloženo v závislosti na použité metodě chlazení.

V této části práce se setkáte s dvěma hlavními druhy chlazení používanými ve spotřební elektronice. Jedná se konkrétně o chlazení vzduchové a vodní. Kromě nich jsem však zahrnul do rozboru také další druhy chlazení, které nejsou k vidění zrovna často, avšak nabízí rozhodně zajímavé alternativy k těmto dvěma hlavním druhům. Dělit jej budu dle způsobu tepelné výměny, tzn. jakým způsobem se teplo přeneso od chlazené komponenty do okolního prostředí. Tato věta je sice sporná, jelikož v praxi nakonec všechno teplo skončí ve vzduchu, ale myslím, že po pročtení následujících stran vám bude vše jasné.

Chlazení vzduchem

Co se tímto pojmem rozumí?

tuto kapitolu bych pomyslně rozdělil na dvě části:

vzduchové chlazení:

1. pasivní
2. aktivní

V praxi je mezi těmito dvěma druhy pouze jediný rozdíl. Oba využívají stejných technologií k odvedení tepla, rozdíl nastává při tepelné výměně se vzduchem. Pasivní chlazení využívá přirozené cirkulace vzduchu, tzn. že ohřátý vzduch má menší hustotu a stoupá nahoru, na rozdíl od studeného vzduchu, který je tímto vzniklým podtlakem nasáván k pasivnímu chladiči. Aktivní však vytváří cirkulaci nucenou, umělou. Ta je vytvořena rotujícím ventilátorem, který žene vzduch vůči pasivnímu bloku a často tak vytváří nejvhodnější možné podmínky pro tepelnou výměnu mezi vzduchem a pasivní částí chladiče.

Bude zde tudíž platit závislost, která nám praví, že pasivní chlazení je podmnožinou chlazení aktivního. Proto píši, že kapitolu chci dělit pouze pomyslně. Ve skutečnosti bych se totiž u části o chlazení aktivním pouze opakoval.

Pasivní bloky

- ***typy uchycení***
- ***materiál***
- ***tvary***
- ***výrobní postupy***
- ***Zázrak zvaný heatpipe***

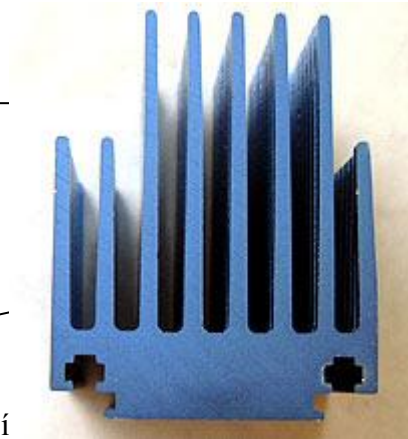
Co je to pasivní blok?

Pasivním blokem v problematice chlazení rozumíme kus kovu s hladkou základnou přiléhající na chlazenou komponentu a žebrování o největší možné (potřebné) ploše zajišťující co nejefektivnější tepelnou výměnu mezi tímto kovem a vzduchem. Skládá se ze dvou hlavních částí – základny a žebrování. Pasivní bloky se nasazují do praxe pro chlazení komponent s TDP (tepelný výkon) cca do 30 W. Při vyšších tepelných výkonech vyvstává potřeba použít rozměrný chladič a teplo po pasivu rozvést, třeba za pomoci heatpipe trubiček.



žebrování

základna



2)

Pasivní chladiče se v praxi liší v následujících bodech:

3)

- určení chladiče dle patice procesoru (typ uchycení)
- materiál
- tvar
- výrobní postup

Tyto body rozlišnosti ovlivňují koncové vlastnosti produktu:

- celkový výkon
- hlučnost (u aktivní dopomoci)
- cenu

Níže se tedy budeme postupně zabývat jednotlivými body a podrobně si je vysvětlíme.

Typy uchycení

Každý chladič se k procesoru uchycuje jiným specifickým mechanismem. Jeho princip fungování závisí na tom, jaký mechanismus si nechal výrobce dané série procesorů standardizovat. Procesory můžeme řadit do skupin podle tzv. socketů. To je patice, do které se procesor vkládá a pomocí které je zajištěna komunikace mezi PCB (deska plošných spojů) samotného procesoru a základní deskou. Každá patice je standardem. Má své specifické rozměry a způsob, kterým se na ní zajišťují chladiče. Diametrální rozlišnost můžeme spatřit například mezi řešením firmy Intel u socketu LGA 775 a AMD u socketu AM2+. Zatímco LGA 775 používá řešení, při kterém se do předvrtaných děr základní desky nastrčí zajišťovací kolíky chladiče, AM2+ využívá starého osvědčeného systému nožiček u patice ve spolupráci se zajišťovacími sponami na chladičích. Na některých lepších verzích základních desek již najdeme na rámečku nožičky 3, jelikož je všeobecně známo, že je na

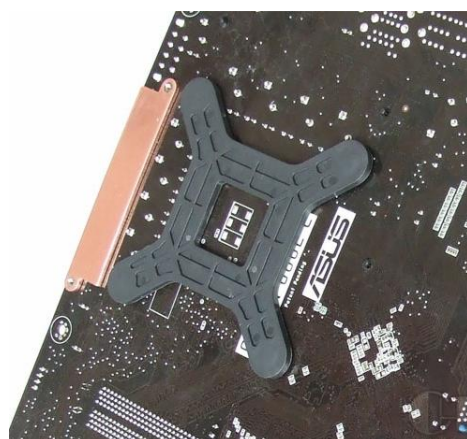


4) Montážní díry pro chladič - LGA 775

5) Nožičky pro uchycení chladiče na rámečku socketu AM2/AM2+

ně vyvíjena obrovská tahová síla a rády praskají.

Pokud je chladič vybaven velmi silným přitlačným mechanismem, dodávají výrobci většinou deskovou sponu, která se našroubuje na zadní stranu základní desky a zabrání tak jejímu prohýbání, a tudíž i poškození. Najdou se však i výjimky. Jako typický příklad nevyhovujícího chladiče lze považovat mezi „řádoby-odbornou“ veřejností velmi oblíbený Arctic Cooling Freezer 64, který sice pasuje na všechny desky se socketem AM2+, avšak nejsou na ně původně vůbec určeny. Nikdo se tak neobtěžoval dodávat jakékoliv deskové spony, protože na starších socketech byla tahová síla vůči patici mnohem menší. Kdokoliv tento chladič nainstaloval na tuto patici, musel si zákonitě povšimnout obrovského prohnutí základní desky. Nikdo také nevzal v potaz fakt, že patice AM2+ není konstruována na podobné tahové síly, a tak se stalo, že po roce, či dvou, tato extrémně namáhaná patice praskla. Pokud nepraskla patice, praskla základní deska. Pro jistotu uznali tito nespokojení uživatelé za vhodné rozšířit po internetu fámu, že tyto konkrétní základní desky jsou značně nespolehlivé...



Materiál

Základní materiály využívané pro výrobu chladících aparátů jsou dva: měď a hliník. Každý má své výhody a nevýhody, ale hlavně je každý materiál určen k použití v jiných aplikacích. Od použitého materiálu se také odvíjí výše uvedené koncové vlastnosti produktu.

Měď

Tento kov hnědo-oranžové barvy má pro výrobu chladičů nejvhodnější vlastnosti. Jeho tepelná vodivost činí $386 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Je dobře tepelně opracovatelný, avšak za mnohem vyšších teplot, než hliník. Co je však jeho problém, je jeho hustota, která činí $8960 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Tato vlastnost znemožňuje použití v rozměrnějších (a hlavně objemnějších) chladičích bez použití speciálního zajištění. Existuje zde totiž reálné nebezpečí poškození základní desky vlivem hmotnosti takového chladiče, jehož hmotnost leckdy přesahuje i 1 kg. Měděné chladiče jsou dražší.

Hliník

Kov stříbrné barvy. K jeho nasazení v oblasti chlazení výpočetní techniky došlo hlavně z ekonomických důvodů. Kdo by si také koupil na kancelářský počítač 750g měděný chladič v ceně poloviny svého PC?

S tepelnou vodivostí $237 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ nemůže s mědí ve své tepelné vodivosti nikterak soupeřit. Se svou hustotou, která dosahuje hodnoty $2700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ je na tom však podstatně lépe. Mnohem lépe se tedy hodí k použití v objemných chladičích, zvláště u věžovitých konstrukcí. Kov je skoro pohádkově tvarovatelný, což snižuje výrobní náklady na minimální možnou hladinu. Ve výsledku je však dostatečně pevný. Výrobci procesorů standardně dodávají s BOX verzemi svých produktů tzv. referenční chladiče. Tyto chladiče jsou však konstruovány tak, aby se ušetřilo co nejvíce finančních prostředků a daný procesor uchládily nejlépe na hraniční teploty. Právě tyto chladiče bývají skoro vždy celohliníkové a z mědi na nich můžeme nalézt maximálně cívkou na ventilátorech. Svůj účel však plní.

Pro dosažení co nejlepších vlastností chladičů se však oba materiály často kombinují. Můžeme se tak setkat s chladiči, které obsahují měděné jádro, ale žebra mají hliníkové, či s kombinací měděné základny, heatpipe (o které bude řeč dále) a opět hliníkových žeber.

Jak již bylo řečeno výše, pokud se výrobce rozhodne, že uvolní do prodeje celoměděný chladič o hmotnosti cca 1 kg, musí uživatel přemýšlet za výrobce (pokud to ten za uživatele již neudělal, nedodal materiál a dokonalý návod k instalaci) a provést menší úpravu skříně. Většinou se takovéto „monstra“ zavěšují na ocelové lanko, které je pevně zajištěno šrouby umístěnými ve dvou navrtaných dírách v horní stěně PC skříně. Ti, kteří tuto úpravu zanedbali by se měli smířit s tím, že je pouze otázkou času, kdy pod vahou chladiče povolí patice a padající chladič s sebou do věčných lovišť přibere pro jistotu ještě grafickou kartu za několik tisíc korun...

Tvary

Tvar je další veličinou, která rozhoduje o celkové účinnosti chladiče. Tvary však můžeme ještě dále členit.

Ten nejdůležitější je asi hladkost základny. Pro dosažení nejvyšší účinnosti odvodu tepla od chlazené komponenty musí být zajištěna největší možná styčná plocha mezi odvodovou plochou chladiče a samotnou součástkou. Tento požadavek je však prakticky neproveditelný. Při výrobě chladiče se totiž musí styčná plocha perfektně vybrousit, a to do co nejhladší podoby. Toto však prodražuje výrobní proces a tak se můžeme leckdy setkat s levnými chladiči, na jejichž základnách

jsou dosud patrné hrubé stopy po broušení. Nejúčinnější chladič poznáme tak, že při pohledu na základnu nám tato poslouží jako zrcadlo. Kvalita odrazu se snižuje s klesající kvalitou výbrusu.

Vzdálenost a počet žebér určuje, jaká bude v součtu účinná plocha, ze které je možno odvádět teplo do chladicího média (vzduchu). Pro pasivní chlazení se používají bloky s větším rozstupem a tudíž nižším počtem žebér, což snižuje aerodynamický odpor při proudění vzduchu. Pro aktivní chlazení se však naopak používají i menší rozstupy mezi žebry, což s sebou sice nese problém s aerodynamickým odporem, avšak tento problém je odstraněn vytvořením umělého proudění – tlakováním ventilátorem.

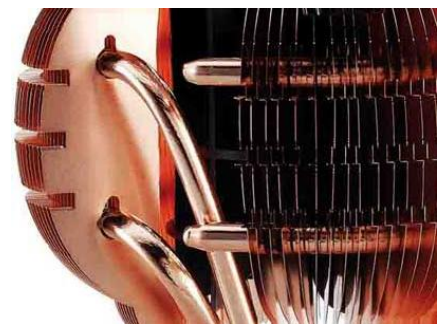
Můžeme se však setkat také s jiným druhem pasivního chladiče. Tzv. heatspreader totiž vůbec nemá žebra. Slouží pouze jako rozvaděč tepla např. z jádra procesoru do širší oblasti, či na pamětech RAM mezi zatíženými a nezatíženými čipy. Vypadá úplně prostě – je to hladký kus plechu.

Návrháři chladicích zařízení využívají složitých výpočetních modelů k navržení co nejefektivnějších tvarů chladičů. Této technologii se říká fyzikální modelling. Tito inženýři mají velmi složitý úkol. Kromě maximalizace účinnosti jsou limitováni maximálními použitelnými rozměry musí také navrhovat výrobky, které jsou prodejné. A tak můžeme být svědky vývoje chladičů, které mají tvary od klasických kvádrů, přes nejrůznější vějíře, válce až po věžovité konstrukce.

Výrobní postupy

při výrobě pasivních bloků se využívá pěti základních technik

- *frézování*
- *extruze*
- *sešroubení plechů*
- *ohyb plechů*
- *lisování*



7) Žebra slisovaná s heatpipe

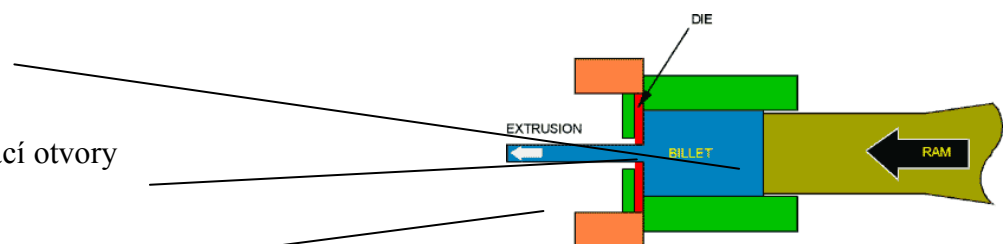
V případě posledních tří jmenovaných technik se tyto metody velmi často kombinují, tzn. plechy se před sešroubením poohýbají, vylisuje se do nich logo výrobce (specialita firmy Zalman), nalisují se na společnou heatpipe a v případě kvalitnějších výrobků ještě přepájí pro zajištění dokonalého spoje.

Frézování není jedna z nejčastěji používaných metod. Má totiž dvě podstatné nevýhody: za prvé je při tomto postupu produkováno mnoho odpadního materiálu, který musí být znova přetaven a za druhé je to čas potřebný k výrobě. Na rozdíl od extruze, kdy se z jedné formy během několika sekund vytlačí do lázně kapalného dusíku roztavený hliník a vytvoří tak žebra chladiče, je tato metoda velmi drahá a časově náročná.

Roztavený hliník

je tlačěn přes formovací otvory

do kapalného dusíku.



8) Princip extruze

Zázrak zvaný heatpipe

Heatpipe je hermeticky uzavřená měděná trubička, jejímž úkolem je odvádět teplo z kriticky tepelně zatížených částí chladiče do vzdálenějších žebor. Proč ji nazývám zázrakem? Když totiž přišla na scénu spotřební elektroniky, zvláště pak výpočetní techniky, způsobila zde doslova revoluci v technologiích chlazení. Opět se ptáte proč? Zkusím to vyjádřit čísly. Čistá měď, o které byla řeč výše, má tepelnou vodivost $386 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Heatpipe mají tepelnou vodivost 100-1000 krát vyšší.

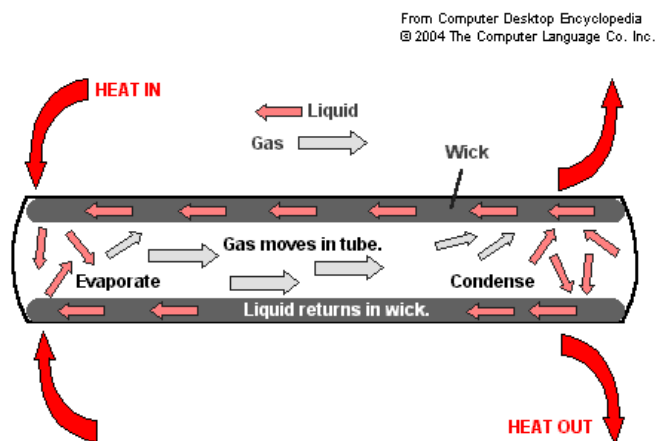
Princip fungování této trubičky je však naprosto jednoduchý. Trubičky jsou duté, z vnitřní strany jsou vystlány houbovitou, či síťovitou strukturou, která dovoluje vést kapaliny. Uvnitř této trubičky je buď deionizovaná voda nebo jiný druh kapaliny. V trubičce je snížený tlak na takovou hodnotu, aby se při provozních teplotách voda, která steče houbovitou strukturou k základně chladiče, na tomto místě vypařila, odebrala tak svému okolí teplo a při kondenzaci v chlazené části trubičky toto teplo předala žebrování pasivního bloku. Velmi často tyto trubičky výrobci používají přímo jako základnu, tzn. že mají přímý kontakt s chlazenou komponentou.

Trubičky lze vyrobit také jako duální vodiče, tzn. že v základně chladiče je prostřední část heatpipe a vyvařená kapalina je odváděna do obou polovin této jedné trubičky, čehož lze využít při rozvodu tepla do nezávislých částí chladiče.

Trubičky se po výrobě již NESMÍ jakýmkoliv způsobem ohýbat.



9) Různé heatpipe trubičky



10) Schéma heatpipe

Aktivní chlazení

Zde rozeberu problematiku spojenou s aktivním chlazením, a to primárně ventilátory. Ty jsou u aktivních chladičů vždy pevně spojeny s pasivními bloky, které bývají tvarované dle plánovaných otáček ventilátoru. To si však rozebereme níže.

- *Typy ložisek*
- *Rozměry a výkon*
- *Regulace*
- *Redukce*

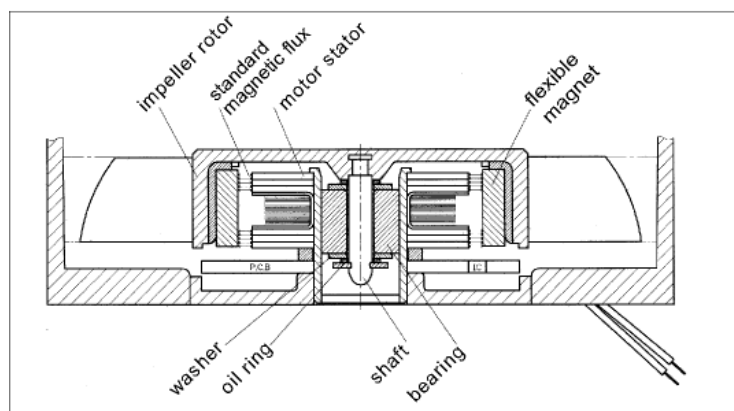
Typy ložisek

1. *Kluzné*
2. *Kuličkové*
3. *Keramické*
4. *Magnetické*
5. *Nanoxia*

1. Ložisko kluzné

Tento typ ložiska je nejčastěji využívaným ve spotřební elektronice. Jeho princip je jednoduchý. Uprostřed ventilátoru je osa, na které drží rotor. Tato osa drží v pouzdře naplněném olejem a je na konci zajištěna proti vypadnutí.

Dle mého názoru má toto ložisko více nevýhod než výhod. Toto ložisko je sice od výroby tiché, má však velmi krátkou životnost. Používají se natolik hojně kvůli své ceně, která je v tomto případě rozhodující element. Ventilátory obsahující tento typ ložiska patří mezi ty nejlevnější, naleznete je všude. Jsou to větráky na jedno použití. Jakmile se zanesou, jsou na vyhození. Od výroby jsou však také někdy nevyvážené, prostě se to nevyplatí dělat, právě kvůli oné životnosti. V případě ultralevných ventilátorů může také nastat problém ve formě pískajících cívek. Nevím, komu by bylo příjemné trávit večer u počítače vyluzujícího zvuky podobné komářimu bzučení. Proto vám odborníci při požadavku na ztišení počítače vždy nainstalují větráky se sofistikovanější technologií.



11) Schéma kluzného ložiska

2. Ložisko kuličkové

Kuličková ložiska jsou známá svou odolností. Proto naleznou své uplatnění v serverové technice, na kterou je kladen požadavek dlouhého bezchybného provozu. Tato ložiska jsou však mnohem hlučnější než kluzná, na rozdíl od nich však svou hlučností po dobu své životnosti mění výrazně pomaleji.

Princip fungování: Ložisko tvoří ocelové kuličky umístěné mezi dvě vodící drážky vytvořené v ocelových krouzcích. Jeden z nich je součástí statoru, druhý rotoru.



12) Kuličková ložiska

3. Ložisko keramické

Pro tento typ ložiska platí všechna pravidla uvedená v bodu č.2 s tím rozdílem, že místo kovových kuliček jsou použity odolnější keramické. Ložisko má být tišší a mít několikanásobně delší životnost. Ventilátory s těmito ložisky jsou specialitou firmy Arctic Cooling. Osobně mám s nimi vynikající zkušenosti.



13) Keramické ložisko

4. Ložisko magnetické

Kdo někdy slyšel o vlaku MagLev, jistě rychle pochopí princip magnetického ložiska. Tato ložiska totiž mezi státorem a rotorem vůbec nemají fyzický kontakt. Rotor je udržován v konstantní pozici a roztáčen magnetickými silami, které ovládá prostřednictvím soustavy cívek integrovaná řídicí jednotka. V praxi je zde však ještě proti vypadnutí rotoru při převrácení instalována osa, stejně jako u ložisek kluzných. Ložisko je v provozu velmi hlučné, nalézá uplatnění v serverové technice. Podstatnou výhodou je fakt, že díky absenci fyzického spojení statoru a rotoru je neopotřebitelné.

5. Ložisko firmy Nanoxia

Jelikož jsem spokojeným majitelem ventilátoru od této firmy, nemohu tuto technologii ponechat bez povšimnutí. Výrobce se sice nechlubí veřejně podrobnostmi o své technologii, avšak avizuje, že do ložiska nemohou proniknout předměty větší než několik mikrometrů. Zajímavostí je také fakt, že větrák nemá sebemenší problémy s fungováním ponořený kompletně do vody. Jediná věc, která se po ponoření změní jsou otáčky rotoru.



14) Ventilátor Nanoxia ponořený do vody

Rozměry a výkon

Ventilátory se vyrábí v nejrůznějších velikostech, od 25 mm, až po ohromné bočnicové vrtule o průměru 220 mm. Tyto velikosti udávají délku hrany ventilátoru, které jsou zákonnitě čtvercového tvaru. Obecně platí pravidlo, že čím delší je hrana ventilátoru, tím většího průtoku vzduchu je možno dosáhnout při stejných otáčkách. Ve skutečnosti však také záleží na hloubce ventilátoru. Od té se totiž odvíjí účinná plocha listů rotoru, které pak mohou tlačit větší objem vzduchu najednou. Velký vliv na průtok vzduchu však také hraje tvarování lopatek, které svědčí o tom, zdali nad tímto problémem výrobce přemýšlel, či, v případě, že jsou lopatky jen klasické rovné plochy pod úhlem 45°, máte tohoto výrobce při výběru přeskočit rovnou.

Mezi ventilátory bych také zavedl rozlišení na fany průtokové a tlakovací. Pokud srovnáme dva ventilátory o stejné délce hrany, avšak s jinou hloubkou, dosáhneme výsledku, že ten hlubší dokáže,

po namíření do vzduchotěsné nádoby, v této nádobě vytvořit mnohem větší tlak vzduchu. Proto jej nazýváme jako ventilátor tlakovací.

Co se dále tvarů ventilátorů týče, můžeme je dále rozlišovat také podle způsobu uchycení rotoru. Tohoto uchycení jsou v zásadě dva typy: pevné – používané ve valné většině případů – a volné – to je specialitou firmy Arctic Cooling. Hlavní výhoda volného uchycení spočívá v tom, že veškeré vibrace rotoru, který visí na gumových trnech s pojistkami, jsou v těchto silentblocích utlumeny a nemohou se dále přenášet na další konstrukci, která by mohla rezonovat. Ceny obou typů výrobků jsou srovnatelné. Jedinou nevýhodou volně uchycených ventilátorů zůstává fakt, že je není možno použít jako sací přívaděče vzduchu do skříně – není je jak efektivně připevnit k sání.



15) Uchycení pevné

Pro blé m, který je většino u výrobců často opomíjen, je vyv



16) Uchycení volné

1

ážení rotoru ventilátoru. Podobný problém musíme řešit u kol aut, která by v případě, že by nebyla vyvážená, mohla ve vyšších rychlostech nebezpečně kmitat. V případě ventilátorů to sice není nebezpečné, ale i tak se mohou větráky opotřebovat zvýšenou rychlostí, či působit nevídaný nadměrný hluk. Vyvážení se provádí umístěním vyvažovacích plíšků do připravených otvorů na rotoru.

Účel

Určitě vám z předchozích pasáží vyplynulo, že každý ventilátor nalezne své využití někde jinde. Určitě bude výsostný rozdíl mezi ventilátorem, který má sloužit v tichém domácím PC a ventilátorem, který má několik let bezpečně sloužit v nějakém serveru. Pro tichá PC na doma se tudíž využívají fany o větší délce hrany, které dokáží s ledovým klidem uchládit těch několik wattů tepelného výkonu, které jsou vyprodukovány elektronickým „psacím strojem“. Nejčastěji zde naleznete ložiska kluzná. V případě, že se „psací stroj“ začne po určité době vypínat, přijde ve valné většině případů na řadu servisní zásah, při kterém se vymění ventilátor za 120,- Kč, vysaje pasivní blok a nakonec se sestava vrátí svému šťastnému majiteli.

V serverech je situace trochu jiná. Kdyby se technici měli neustále zabývat jen hardwarovou údržbou systémů, brzo by zkolabovali buď oni, nebo právě tyto servery. Z tohoto důvodu se v serverech používají zásadně fany s kuličkovými, resp. keramickými ložisky, které mají, jak zde již zaznělo, mnohem delší životnost. Na hluku v serverovně nikomu nezáleží, tyto místnosti nejsou určeny k obývání a sledování filmů. Podstatná je zde co nejnižší teplota, bezprašnost, kterou

zajišťují čističky vzduchu a hlavně velikost. V serverových skříních umístovaných do racků se používají vysokootáčkové ventilátory s malou délkou hrany. Údržba se zde provádí jen jednou za pár let, pokud vůbec, vzhledem k životnosti elektroniky.

Regulace

Co je to regulace? V zásadě se jedná o mechanismus, kterým můžeme nastavit otáčky ventilátorů, tudíž i s nimi spojené veličiny, jako průtok vzduchu, hlučnost a výsledné teploty.

Regulace existují celkem tři typy. Manuální – kdy otáčky řídíme pomocí potenciometru; automatická – kdy řídí otáčky regulační automatika v závislosti na programu, přičemž v tomto programu je implementována statická tabulka závislosti otáček ventilátoru na naměřené teplotě; a nakonec semi-automatická, což znamená, že otáčky sice řídí automatika, avšak řídicí tabulku programu si stanovuje uživatel. Nejčastěji se dnes můžeme setkat s plně automatickým řízením, které zajišťuje základní deska. Ta získává teplotní data z procesorové diody a otáčky ze žlutého drátu vedoucího z ventilátoru. Tato metoda je vhodná pro běžné uživatele, kteří o problematice chlazení nemají vůbec ponětí. Já však, jakožto věčný experimentátor, používám nejraději regulaci manuální s mnou umístovanými teplotními čidly. Tato však vyžaduje hlubší znalosti chladicích technologií.

Ještě bychom mohli regulaci rozdělit dle typu řízení otáček. Ty máme dva: napěťové řízení, kdy je do ventilátoru dodáváno stále napětí, jehož hodnota se mění a dále PWM regulaci, kdy je do ventilátoru dodáváno napětí o maximální hodnotě, avšak otáčky se regulují jeho přerušováním. Tzn. pokud chceme dosáhnout nižších otáček, za periodu zde pustíme napětí pouze po dobu čtvrt-periody, tím dosáhneme čtvrtinových otáček, atp.



17) Manuální regulační panel od firmy Scythe

Redukce

Redukce velikosti ventilátoru jsou v podstatě kousky plastových trubek, které zajišťují, že můžeme na chladič, který je připraven na montáž ventilátoru o velikosti např. 80 mm, použít ventilátor pomaloběžný, se stejným průtokem vzduchu, avšak nižší hlučností, o velikosti 120 mm. Toto řešení má však ve výsledku více nevýhod, než výhod. Vírovité točení vzduchu uvnitř redukce způsobuje, že vzduch, který je stlačován na onu malou plochu bude kavitovat a vytvářet tak nechtěný hluk, kterého jsme se chtěli původně zbavit. Druhá nevýhoda spočívá v tom, že stěny redukce způsobují velké tření vzduchu, který tudíž klade ventilátoru velký odpor, který je nutno překonat. Proto jsou z provozu vyloučeny průtokové ventilátory, které by zde byly naprosto neúčinné. Tyto nevýhody již mnoha uživatelům došly, a tak se v dnešní době od těchto řešení upouští.



Tipy pro praxi

Na závěr bych si dovolil připojit několik dobrých rad, které se mi již několikrát osvědčily.

1. Ventilátor bez otřepů je méně hlučný

Otřepy na hranách lopatek, které nebyly při výrobě zbrušeny jsou často příčinou vysoké hladiny hluku. Při vysokých otáčkách zde dochází právě k onomu zmiňovanému kavitačnímu hluku.

2. Základem je pevné uchycení

Pokud totiž ventilátor nedorží na svém místě tak, jak by správně měl, může dojít k situaci, kdy zvláště nevyvážené fany začnou silně rezonovat. Proto se při montáži několikrát důkladně ujistěte, že jsou všechny šrouby pevně dotaženy

3. Šrouby utahovat do kříže a postupně

V případě nedodržení tohoto postupu se snadno zkroutí rámeček ventilátoru a může dojít k poškození ložisek, či rotoru.

4. Nepoužívat větrák se zlomenými lopatkami

Takovýto ventilátor může poškodit v lepším případě chladič, v horším samotnou chlazenou komponentu.

5. Ochranné mřížky

V případě, že máte ve skříni změť kabelů hrozí, že se některý z nich zamotá do ventilátoru a znemožní tak chlazení komponenty (v případě starších AMD procesorů bez tepelné ochrany by hrozila exploze jádra a zničení desky, ne-li skříň, chladiče a zranění osob)

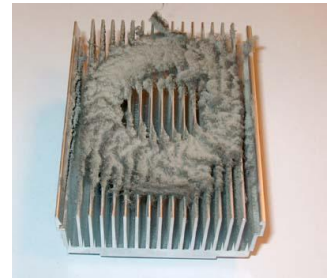
6. Kondenzátory

Při výběru a instalaci chladiče dávejte velký pozor na komponenty okolo instalovaného chladiče. Například u základních desek pro Pentia 4 byl problém s vysokými kondenzátory, které mohly znemožnit instalaci širších chladičů.

Závěrečné shrnutí

Vzduchové chlazení je nejjednodušší metoda, jak uchládit spotřební elektroniku. Má spoustu výhod mezi které patří například:

- rychlá montáž
- téměř nulová údržba (občas je nutno vysát prach z ventilátoru)
- malá spotřeba
- velmi nízká cena



19) Prach pod ventilátorem dokáže někdy pořádně pozlobit

Je však nutno zmínit také zápory:

- hlučnost
- silně omezená životnost ventilátorů

Pokud nepatříte mezi nadšence a šílence, kteří používají metody zmíněné níže, držte se pouze této kapitoly. Všechny úpravy provádíte na vlastní nebezpečí a já, autor této práce, se zbavuji jakékoliv odpovědnosti za zničený, či poškozený hardware.

Vodní chlazení

Co je to vodní chlazení?

Vzpomínáte na heatpipe? Ano, zde také odváděla teplo kapalina. Na rozdíl od tohoto případu se však v heatpipe vypařovala (vařila) za sníženého tlaku. Vodní chlazení funguje na principu trochu odlišném. Voda je zde také pouze transportním médiem. Systém je také uzavřený. Funguje však za normálního atmosférického tlaku a je mnohem více modifikovatelný. Historie tohoto typu chlazení sahá někam do devadesátých let, kdy se nějaký domácí kutil (dodnes se vedou spory o jeho národnost) rozhodl, že si postaví chladicí okruh na bázi cirkulující kapaliny.

Celá soustava se skládá z pěti hlavních částí:

1. čerpadlo
2. chladicí blok
3. expanzní nádoba
4. radiátor (tepelný výměník)
5. spojovací hadice s uchycením



20)

Princip...

...je naprosto jednoduchý. Čerpadlo nasaje vodu z expanzní nádoby, která slouží pro kontrolu hladiny vody v okruhu (jejímu dolévání, atp.), odvzdušnění (proto se umísťuje do nejvyššího bodu soustavy), atd., vytlačí jej hadičkami k chladicímu bloku, který odebírá teplo chlazené komponentě, odtud voda dále proudí do radiátoru, což je tepelný výměník mezi vodou a vzduchem, kde se voda ochlazuje a vrací se zpět do expanzní nádoby.

Tento typ chlazení se používá tam, kde je potřeba odvést z chlazené komponenty větší množství tepla, než je schopen zpracovat běžný vzduchový chladič. Systémy jsou vysoce efektivní, tiché, mají po spuštění okamžitý náběh (pokud však není příliš zahřátá voda, to pak představuje problém), ve skříních s průhlednou bočnicí tyto systémy vypadají velmi efektně, navíc zde máte možnost odvést teplo daleko mimo počítač, záleží pouze na vašem uvážení, kam vyvedete hadice a umístíte radiátor. Často nalézá uplatnění při pokusech o extrémní přetaktování.

Abychom však vodu příliš nepřechválili, je nutno zmínit se také o nutnosti pravidelné údržby, mezi kterou patří např. časté kontroly stavu vody, stavu těsnosti jednotlivých spojů, pravidelná výměna kapaliny v okruhu, atd. V případě nedodržení doporučených postupů se uživatel vystavuje riziku poškození počítače. Pokud totiž vyklouzne nějaká hadice za plného provozu obou systémů

(chlazení i elektronika) z uchycení, je vysoce pravděpodobné, že dojde k masivnímu poškození elektronických obvodů zkratem způsobeným vodou na plošných spojích. Pokud okruh staví člověk, který neví, co je to galvanický můstek, nastává další problém (viz. níže). Chlazení pomocí těchto fluidních systémů také není, v porovnání se vzduchovými, jedno z nejlevnějších.

Čerpadlo

Zcela logicky se jedná o základní jednotku celého systému. Zajišťuje permanentní koloběh vody v okruhu. Musí být umístěno v nejchladnějším bodě okruhu. Obvykle je totiž velmi náchylné k poškození vlivem teplot nad 50°C, někdy i méně. Při navrhování systému se musí vybírat pečlivě, v úvahu přichází veličiny jako typ napájení (k dostání jsou slabší 12V verze, pro náročnější použití však častěji poslouží 220V rychločerpadla, která však mohou vodu také ohřívat), síla potřebná k překonání odporových třecích sil vznikajících v chladicím bloku, či maximální převýšení v okruhu, což klade požadavek na optimální výtlak čerpadla.

Průtok vody za hodinu je také jedním z důležitých parametrů. Určuje totiž rychlost proudění vody v okruhu. Příliš pomalé čerpadlo může způsobit, že voda v chladicím bloku již nestačí přijímat další teplo a zbytečně tak způsobí nadměrné zahřívání samotné komponenty. Naopak příliš rychlé čerpadlo může hnát vodu takovou rychlostí, že voda teplo z bloku vůbec nestihne odebrat. Každý vodní blok má jiný doporučený průtok. Významným výrobcem čerpadel je např. společnost Eheim.



21) Přehled čerpadel firmy Eheim

Vodní blok

Vodní blok je kovové těleso, které je v přímém kontaktu s chlazenou komponentou a zajišťuje tepelnou výměnu mezi ní a vodou (chladicím médiem). Na kvalitu vodního bloku je potřeba klást značný důraz, jelikož nekvalitní blok může znehodnotit celý chladicí systém. Vyrábí se bloky v mnoha tvarech, pro chlazení komponenty do 130W TDP postačí vnitřní tvarování typu vlnky, přímky, či spirály. Vnitřní tvary řídí tok vody po ploše základny (z vnitřní strany), tvarování typu spirály tak může výrazně prodloužit délku trajektorie, kterou voda urazí. Zároveň se tím však zvýší hydrodynamický odpor, což se promítne do nároků na sílu čerpadla.



22) Vodní blok Swiftech

Vyrábí se hlavně z mědi, lze však narazit i na bloky hliníkové, či slitinové. Poté však musíme dbát na to, aby nám v okruhu nevzniknul galvanický článok. Všechny komponenty ve styku s vodou tudíž musí být vyrobeny ze stejného kovu. V případě vzniku galvanického článku nám začnou oba použité kovy vzájemně reagovat za vzniku elektrického napětí.

Expanzní nádoba

Tento plastový výlisek slouží jako zásobárna vody v okruhu. Bývá většinou průhledná. Jejím prostřednictvím kontrolujeme celkový



23) Expanzní nádoba

objem vody v okruhu, případně do ní chladivo také doléváme. Vždy je však dobré nechat v ní určité množství vzduchu. Ten je mnohem lépe stlačitelný než voda, což je dobré pro vyrovnání tlaku v okruhu. Často je nasazována přímo na čerpadlo.

Radiátor

Komponenta zodpovědná za ochlazování vody a konečné předání tepla z okruhu do okolního prostředí. Probíhá zde tepelná výměna mezi vodou z okruhu a okolním vzduchem. Radiátory mohou být jak aktivní, tak samozřejmě i pasivní. Pasivní radiátory jsou většinou věžovitěho tvaru a jsou umístěny mimo samotný počítač. Věž má na sobě vertikálně vedená žebra pro účinnější proudění vzduchu. Aktivní radiátory jsou většinou tlusté cca 1 cm a dají se na ně namontovat ventilátory o velikostech 120 mm. Jejich velikost se rozlišuje spíše pomocí počtu instalovatelných ventilátorů. Materiál, který je v kontaktu s vodou, je ve valné většině případů měď.



Spojovací hadice s uchycením

Hadice je možno zakoupit v mnoha provedeních. Vyráběly se ze dvou materiálů. Prvním, vývojově starším, bylo PVC. To však trpí několika neduhy. Hadice totiž při průchodu teplé vody získaly tzv. tvarovou paměť. Následkem tohoto se při manipulaci s takovými hadicemi nezdědkakdy stala nehoda, protože tyto hadice praskly. Problém s praskáním byl vyřešen s nástupem silikonových hadic. Tyto jsou velmi pružné, mohou být i průhledné a netrpí paměťovým efektem. Jejich problém však spočívá v tom, že je již nestačí pouze nasunout na přívody bloku a ponechat je tak, jelikož by vyklouzly. Proto se používá upevňovací systém na bázi převlečných matic. Ty se označují jako fitinky. Na hadici se navlékne fitinka, hadice se nasune na přívodní trubici kónického tvaru, na jejímž konci je závit. Následně se hadice zajistí zašroubováním fitinky na onen závit. Tím se pojistí proti vyklouznutí. Může se však stát, že se utahováním hadice prořízne. Proto se upevňování musí provádět velmi opatrně.

Závěrečné shrnutí:

Výhody

- Vysoký chladicí výkon
- Dostupné pro běžné smrtelníky

Nevýhody

- Nutnost pravidelné údržby
- Nebezpečí při úniku kapaliny

Teplovodivé pasty

- **Teorie**
- **Jednotlivé druhy**

Teplovodivé pasty nacházejí své použití úplně všude, kde je potřeba teplovodivě spojit dvě tělesa. Jedná se o polotekuté látky, které mají za úkol vyplnit mikro-dutiny, které jsou na každé kovové ploše. Ta může být sebedladší, stále však můžeme narazit na mikroskopické dutinky. Pojdme se nyní podívat zpět na tabulky tepelné vodivosti.

Vzduch – 0,025 W / m.K
AC MX2 – cca 9 W / m.K
Měď – 390 W / m.K

Z těchto údajů můžeme vyčíst, že tepelná vodivost vzduchu je téměř zanedbatelná. Proto se vzduchové bubliny vyplňují těmito teplovodivými pastami. Údaj 9 W / m.K platí pro nejúčinnější levnou pastu na trhu – Arctic Cooling MX2.

Teplovodivých past máme několik typů. všechny jsou uvedeny v přehledu výše. Všechny z nich se nanášejí ve velmi tenké vrstvě přímo na čip, který chceme chladit. Nesmí jí tam přijít mnoho, abychom nedocílili efektu izolace. Kov s kovem má přeci jen tepelně vodivější spojení. Následně na tuto vrstvu přitlačíme chladič, se kterým se následně už nesmí hýbat ve vertikální rovině, mohly by do pasty vniknout vzduchové bubliny.

1. Silikonové pasty

Tyto jsou asi nejlevnější, elektricky nevodivé. Jejich účinnost však silně pokulhává za svými kolegy z kovů. Výrobci je většinou používají v OEM výrobcích.



25) Balení pasty
Coollaboratory Liquid Pro

2. Keramické pasty

...jsou, řekněme, střední třídou. Účinnost je vyšší, než u silikonů, cena nízká, jsou však hůře roztíratelné.

3. Stříbrné pasty

Stříbrné pasty jsou nejpoužívanějším druhem teplovodivých past. Pokud se provádí kompletní údržba systému, vždy se tímto nahrazují neúčinné silikonky. Jejich použitím můžeme dosáhnout až desetistupňového rozdílu. Nevýhoda tohoto řešení spočívá v elektrické vodivosti pasty. Při aplikaci tudíž musíme dávat obzvláště velký pozor na to, aby se pasta nedostala do míst, kde nemá co dělat. Kovové pasty jsou vyrobeny z velmi jemně rozdrčených částic daného kovu.

4. Měděné pasty

Platí pro ně stejná pravidla jako pro stříbrné pasty. Jediný rozdíl je v použitém kovu.

5. Pasty z kovových slitin

Jedinou pastu v této kategorii vyrábí firma Coollaboratory. Tato pasta nese jméno Liquid Pro a je tekutou slitinou několika kovů – jmenovitě jde o galium, indium, rhodium, stříbro, zinek a cín. Pasta je navržena speciálně pro měděné, či stříbrné chladiče, hliníkové plochy by s pastou mohly reagovat. Bod tání této pasty je 8°C, dodává se v injekční stříkačce s jehlou. Sloučenina je údajně adhezivní a měla by jít nasát ubrouskem, což se hodí obzvláště při stečení na plochy, kde by mohla způsobit zkrat – pasta je elektricky velmi dobře vodivá. V testech je absolutní vítěz, avšak její cena je téměř dvojnásobně vyšší, než u běžných past.

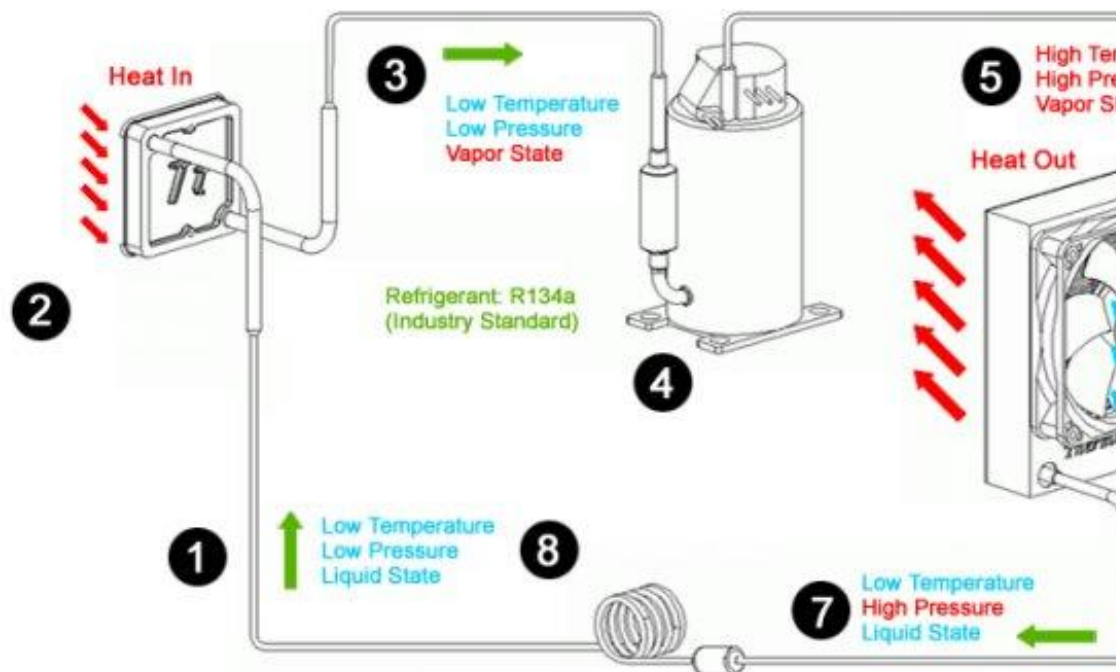
Kompresorové chlazení

Zabrousili jsme do skupiny technologií, se kterou má zkušenosti každý. Jenomže každý je už neaplikuje takovýmito extrémními metodami.

Předpokládám, že v každém civilizovaném bytě dnes nalezneme ledničku. Kompresorové chlazení funguje na naprosto stejném principu. Jediný rozdíl najdeme ve velikosti chlazené oblasti. Zatímco v lednici odebíráme teplo obrovskému prostoru, ve výpočetní technice chladíme pouze prostor, který ani výrazně nezasahuje do třetího rozměru. Jedná se totiž pouze o malou plochu čipu procesoru. Avšak i takto malá plocha dokáže leckomu pořádně zatopit. A nejen v přeneseném významu slova.

Kompresorový chladicí systém se skládá z řídicí jednotky chlazení, kompresoru, tlakového radiátoru, tlakového vedení s pojistnými tlakovými ventily a hlavně expanzního bloku. Uvnitř je za vysokého tlaku vedeno chladivo

Princip:



Kompresor dokáže stlačit speciální chladicí plyn do kapalné podoby. Tím se teď již stlačená kapalina ohřeje. Následně je vedena tlakovým potrubím do radiátoru, kde se kapalina dostatečně ochladí a je pak vedena do expanzního bloku. Zde se médium rozpíná, snižuje svůj tlak, mění se zpět na plyn a odebírá svému okolí teplo. Odvedeno je ke stlačení do kompresoru.

Jak lze z tohoto popisu vyčíst, jedná se o uzavřený tlakový okruh. Z tohoto důvodu je instalace systému mnohem složitější než v případě vodního chlazení, protože tlakové vedení se nesmí ohýbat a musí být pokud možno vyrobeno na míru. Systém samotný je však velmi drahý, a to jak na pořízení, tak na provoz. Má více dokonce nevýhod, než výhod. Jeho jediná praktická výhoda spočívá v možnosti chladit komponenty na teploty hluboko pod bodem mrazu. Kompresory jsou i při vysoké míře přetaktování udržet teplotu topícího procesoru na -30°C . Daní za to je však vysoká hladina hluku, spotřeba chladicí soustavy a doba startu systému. Kompresorové systémy totiž nemají okamžitý náběh jako všechny výše uváděné typy chlazení. Při sepnutí hlavního vypínače uvedete v činnost nikoliv elektroniku, jak je to u běžného vzduchem chlazeného PC, avšak řídicí jednotku chlazení. Ta okamžitě nastartuje kompresorový chladicí systém a po „namražení“ soustavy, tj. dosažení požadované teploty zchlazení, teprve spustí samotný počítač. Toto namražení může v závislosti na použitých součástkách trvat klidně i deset minut.

Kompresorové chlazení není, až na jednu výjimku, běžně k sehnání. Ta výjimka nese jméno Prometeia Mach II GT. Její kvality jsou sice na pováženu, avšak myslím, že běžný smrtelník po vyřčení částky 16.000,- Kč bez DPH, kterou za něj zaplatíte v případě velmi výhodné koupě, od svých snů rychle ustoupí.

A co že je na tom tak složitého? Při práci s chlazením na teploty pod 15°C (uvažujeme práci za pokojové teploty) si musíme dávat extrémně dobrý pozor na srážení vzdušné vlhkosti v okolí součástek, které pracují právě s těmito nízkými teplotami. Abychom zabránili srážení vlhkosti, musíme komponenty dokonale zaizolovat a pro jistotu také pojistit lakovým nátěrem pro případ, že by se přes všechna opatření nějaká vlhkost vysrážela. Tato opatření se musí několikrát znásobit v případě použití chlazení suchým ledem (pevným CO_2), či kapalným dusíkem.



27) Prometeia Mach II GT

Závěrečné shrnutí

Klady:

- možnost zchlazení komponent na teploty hluboko pod bodem mrazu (sub-zero)

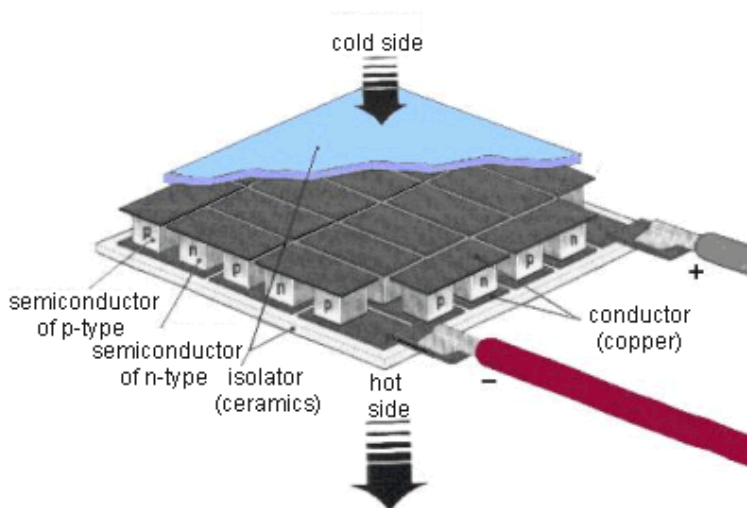
Zápory:

- vysoké pořizovací a provozní náklady (spotřeba)
- hlučnost
- doba potřebná pro spuštění systému

Peltiérův článek

Peltiérův článek je malá destička, která je vyrobena z dvou kovových sloučenin. Jmenovitě se jedná o vizmut a tellurid. Je určen opět k přepravě tepla, tentokrát však pouze z jedné strany plochy článku na druhou. V čem je tedy jeho výhoda?

Článek dokáže přesunout obrovské množství tepla. Výhodou představuje fakt, že chladicí strana článku může mít za provozu teploty mnohem nižší než okolní vzduch. Teplo z něj se však neztratí, pouze se přesune na odvodovou plochu článku, která se musí o to účinněji chladit. Výhodou však zůstává, že teploty citlivé komponenty zůstávají v bezpečných mezích. Je totiž rozdíl, když se vám na 120°C ohřeje procesor nebo peltiérův článek. Tomu totiž takovéto teploty nevadí. Chladičům, které jsou na článek usazeny, tyto teploty také běžně nevadí, některé dokonce pracují o to účinněji (mezi teplotou vzduchu a pasivních bloků je větší rozdíl, tudíž tepelná výměna probíhá účinněji).



28) Řez peltiérovým článkem

Nevýhody můžeme nalézt snad jen dvě. Tou první je spotřeba článku, která musí být pro účinné chlazení komponenty vyšší, než její vyzářený tepelný výkon. Říkáte si možná, kam se ta spotřeba promítne. Ano, článek opravdu nesvítí, takže na odvodové ploše článku pak musíte uchlazení dvojnásobek předtím chlazeného tepelného výkonu. Druhou nevýhodou je tloušťka článku. Chladiče jsou běžně vyráběny tak, aby přesně pasovaly na danou komponentu, a to s dostatečným přítlakem. Pokud však mezi chladič a komponentu umístíme článek, můžeme narazit na nekompatibilitu chladičů. Ta se většinou řeší domácími úpravami spon chladičů. Malý tip na závěr:

pokud budete někdy v budoucnosti používat peltiér ve své sestavě, připojte jej na zvláštní zdroj napájení. Je také dobré udělat si kontrolku, která signalizuje, že článkem prochází proud. V případě, že je článek vypnutý, funguje tento nikoliv jako dokonalý chladič, ale jako dokonalý tepelný izolant.

Závěrečné shrnutí:

Výhody

- Zchlazení komponent na velmi nízké teploty

Nevýhody

- Vysoká spotřeba
- Problém s kompatibilitou chladičů – nutné úpravy spon
- Nebezpečí při výpadku napájení

Olejové chlazení

Už jste někdy uvažovali o vystavení svého počítače v akváriu? Pokud vás tato teorie zaujala, čtěte dále!

Olejové chlazení spočívá v tom, že olej je dobrý tepelný vodič a zároveň elektrický izolant. Na internetu se objevily projekty, kdy pár nadšenců se rozhodlo napustit akvárium olejem a jednoduše do něj PC hodit. První pokus zkrachoval, a to z prostého důvodu. Neuvědomili si, že mechanický pevný disk nesmí být ponořen do oleje. Disk totiž disponuje malým, sotva viditelným otvorem, který se používá při rozjezdu a dojezdu ploten disku k vyrovnání tlaků mezi vnitřním prostorem a atmosférou. Při nasání oleje se plotny nedokázaly roztočit na plnou pracovní rychlost a disk selhal. Proto se ke stavbě olejově chlazeného PC důrazně doporučuje používat SSD úložiště, či disk umístit na vzduch (např. do horního krytu akvária).

Ke stavbě tohoto chlazení nepotřebujete žádné speciální vybavení. Lze jej totiž vyrobit nejjednodušeji z původních vzduchových chladičů. Materiál, který potřebujete, spočítáte na prstech jedné ruky. Stačí vám pouze hotové pevné akvárium, do kterého se PC vleze...a k tomu spousta oleje. Nejlépe tolik, kolik se vleze do akvária. Nejčastěji se používají průhledné oleje pro lékařské účely. Zbytek je otázka vkusu. Můžete doplnit designové prvky, jako např. bublinkovač, studené katody, atd.

Rozdíl, mezi vzduchovým a olejovým chlazením je jediný. Větráky se točí pomaleji, může se zdát, že namáhavěji, avšak olej zabezpečuje perfektní promazání jejich ložisek, která jsou zároveň chráněna před vniknutím nečistot, a chlazení



cívek.

Jako chladivo se tedy používá místo vzduchu olej, který má vzhledem ke svému objemu dostatečnou tepelnou kapacitu, avšak PC se v něm nedá provozovat dlouhodoběji, po určité době se totiž olej ohřeje. Tato doba se však dá prodloužit použitím zmiňovaného bublinkovače.

Závěrečné shrnutí:

Výhody

- Design
- Absolutní ticho
- Dosahované teploty

Nevýhody

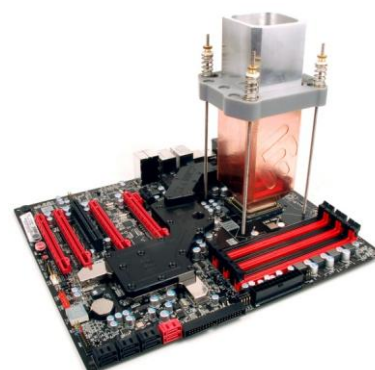
- Cena oleje
- Chemická stabilita oleje (nikdo neví, jak se olej začne chovat po dvou letech provozu)
- Trvalé znečištění komponent (v případě požadavku na předělání chlazení do původní podoby elektroniku již nebude prakticky možné vyčistit)

Chlazení kapalným dusíkem

Toto je metoda, která zachází do absolutního extrému. Pokusům s chlazením kapalným dusíkem totiž předchází několikaměsíční přípravy, kdy je pro tyto pokusy potřeba vyrobit potřebné součástky, zajistit distributora kapalného dusíku, sehnat partu šilenců, která celé zařízení pro tyto pokusy sestaví, při pokusech o dosažení rekordu v přetaktování také upraví napájení základní desky, atd. Domácím nadšencům tuto metodu absolutně nedoporučuji. Pokud totiž člověk nemá zkušenosti s chlazením peltiérovými články, kompresory, či podobnými typy sub-zero chlazení, dojde často k nejhoršímu – odpálení elektroniky a selhání všech pokusů.

Princip chlazení spočívá v tom, že do zásobníku, což je vlastně kovová věž s patičí, která je umístěna na procesoru, je nalit kapalný dusík o teplotě -193°C . Dusík přirozeně začíná při kontaktu s rozehřátými komponentami vařit, a tak se rychle odpařuje. Proto je nutné neustále hlídat jeho hladinu v nádrži. Zásobník musí být také dokonale tepelně odizolován od vnějšího vzduchu, jelikož by opět hrozilo, že srážející se páry by mohly stékat na elektronické obvody.

V praxi tomuto jevu však nejde zabránit, toto opatření slouží pouze k omezení množství vysrážené vody. Proto musí být deska před i po instalaci chladicí věže ukryta v laku. Lak však musí zůstat až jako poslední ochranná vrstva. Pro odvedení srážené vody se



30) Deska s dusíkovým zásobníkem

kolem věže instaluje ještě tvarovatelná „plastelína“, kterou vytvarujeme do tvaru odvodního žlabu a zatěsníme jí tak všechny mezery, které by umožnily vodě protéci až k laku.

Dusíkové chlazení je často kombinováno ještě s kompresorovým, kterým se chladí komponenty s menším tepelným výkonem, jako je např. chipset, mosfety, atp.

Závěrečné shrnutí:

Výhody

- Zmrazení komponent na velmi nízké teploty

Nevýhody

- Minimální počet členů obsluhy činí cca 4
- Udržitelnost chlazení
- Cena
- Nekomerční řešení – všechno potřebné si musíme stvořit „na koleně“

Chlazení ostatních komponent běžného PC

všechny výše uvedené metody je možno aplikovat samozřejmě i na jiné komponenty používané v počítačích. Osobně však nevidím (kromě crash testů) důvod k chlazení např. pevných disků kapalným dusíkem, atp. Ostatní komponenty prostě a jednoduše nemají takovou spotřebu.

Grafické karty jsou snad jedinou výjimkou. Vysoce přetaktované herní modely si mohou v plné zátěži říci dokonce až o 300 W elektrické energie. Pro běžné použití (tzn. že vynechávám různé dusíkové excesy na exhibičních soutěžích) však také postačí chladit jejich výkonná jádra a paměti buďto hlučnými vzduchovými, či tichými vodními systémy. Ve valné většině případů však můžete grafické karty chladit i pouze pasivně, jelikož prostě nedosahují takových výkonů. Pro vodní chlazení se zde používají buďto tzv. fullcover bloky, které chladí jak jádro, tak paměti, či na dělené bloky, které lze pak kombinovat i do několika systémů. Vzdušné chladiče jsou pak většinou klasického podlouhlého tvaru, zakrývají celou plochu karty a v zátěži dosahují vysoké úrovně hluku.

Základní desky jsou však kapitola naprosto jiná. Tam, kde na uchlazení čipové sady základní desky nebude stačit jeden malý pasivní chladič, nastupuje velmi často systém, který rozvádí teplo do několika pasivních chladičů na vedení spojující severní a jižní můstky, napájecí regulátory pro procesor, popřípadě jiné dodatečné čipy vyžadující chlazení. Typickou rozvodovou síť můžete vidět na vedlejším obrázku.

Operační paměti (RAM) se až do nástupu výkonných čipů DDR2 vůbec nechlادily. S nástupem těchto čipů však kromě jejich rychlosti vzrostla také spotřeba a množství vyprodukovaného tepla. Nejčastěji se můžeme u RAMek setkat pouze s heatspreadery, což jsou vlastně rozvaděče tepla,



31) RAM ze série OCZ Reaper

kteře spoléhají i na menší průtok vzduchu kolem těchto plechů a zvětšují povrch chladičích ploch. U nejvýkonnějších modulů, např. níže vyobrazených výrobků zn. OCZ, však nalezneme i větší chladiče spojené se samotnými čipy vedením heatpipe.

Pevné disky se nejčastěji chladí pouze samotným přišroubováním k plechové skříni. Tím je zajištěn rozvod tepla právě do tohoto plechu. Můžeme však narazit i na tzv. cool-boxy, které disk zároveň ztiší, zaplatíme za to však kromě určité sumy peněz také jednou 5,25“ pozicí ve skříni. Tato řešení naleznou uplatnění při provozu vysokotáčkových disků (např. WD Raptor – ten má 10.000 rpm, a tichý zrovna není...).

A na závěr zde zmíním ještě počítačové zdroje. Většina zdrojů dnes disponuje teplotní automatickou regulací ventilátorů, které ofukují veliké pasivy uvnitř zdroje. Tyto ventilátory se dnes vyrábí převážně o velikosti 120 mm, jsou umístovány na spodní část zdroje (odsávají vzduch od CPU chladiče) a nejsou příliš hlučné. To však byl velký problém u zdrojů s 80mm ventilátory. Nezřídka se tak stalo, že uživatelé se rozhodli hlučné ventilátory zregulovat po svém („Proč to ti blázní dělají tak hlučné? Poloviční otáčky přece stačí!“). Za pár týdnů šli se slzou v oku pro nový zdroj... Firma Gigabyte se však rozhodla trend automatické regulace změnit. Kromě regulace hlučnosti prostřednictvím semi-automatického systému nabízí svým zákazníkům v softwarově ovládaném zdroji možnosti měnit napětí na různých větvích, uvést v činnost LED diodové nasvícení, monitorování spotřeby, atd. Dodnes jejich zdroj Odin GT nenašel v této oblasti soupeře.



32) Zdroj Gigabyte Odin GT

Chlazení v budoucnosti

Budoucnost se i nadále bude ubírat cestou miniaturizace. Trend zvyšování výkonu jednotlivých komponent bude i nadále pokračovat. Co se však může změnit, a také pevně věřím, že se změní, je také velikost chladičů, teda, pokud se to tak bude dát nazvat. Nepřímo tak narážím na níže uvedené chlazení iontovým větrem. Odborníci v oblasti chlazení vydali predikce, ve kterých se častěji než jiné varianty objevuje možnost sloučení těles chladiče a procesoru. Můžeme se tak teoreticky těšit na procesorové jednotky nikoliv ve tvaru malé destičky s čipem, ale spíše ve tvaru porézního kvádrů, ve kterém budou části obvodu vrstveny na sebe a prokládány jednotkami chlazení v podobě generátorů iontového větru. V bližší budoucnosti lze však mnohem pravděpodobněji uvažovat o nasazení tzv. piezoelektrických vějířů, které už postupně nalézají své uplatnění, dosud se však

nenášel nikdo odvážný k implementaci technologie do spotřební elektroniky. Jednoduše proto, že technologie není osvědčená léty...

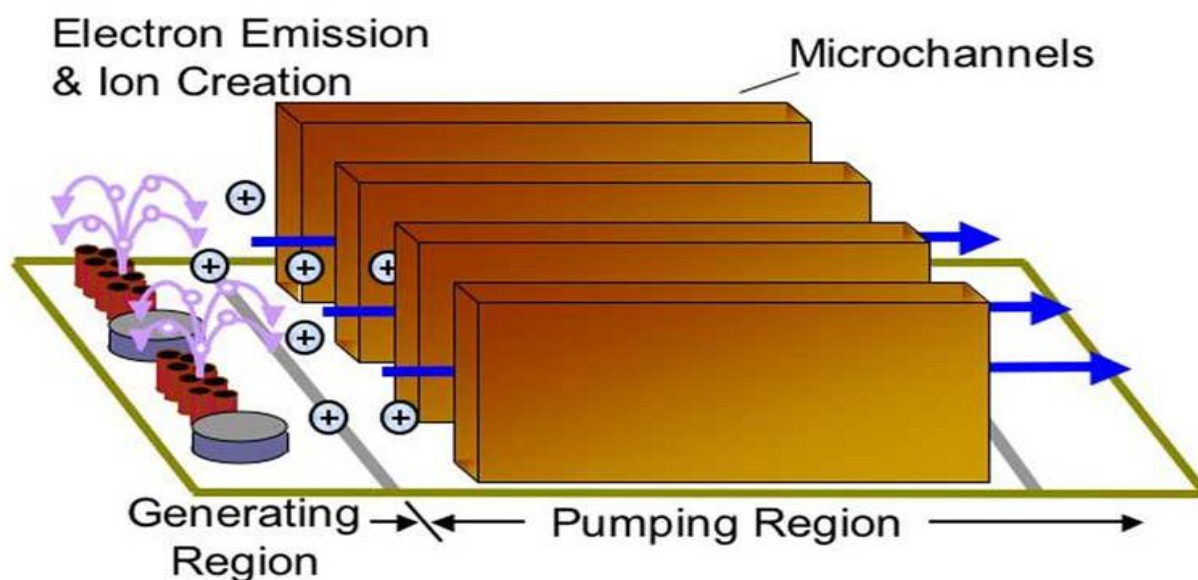
Iontový vítr

Velmi zajímavá technologie s vysokou perspektivou. O jejím principu nejsrozumitelněji vypovídá následující citace:

„Iontový vítr je založen na nanotechnologii a elektrických výbojích. Za tímto projektem stojí známá univerzita v Purdue (Indiana, USA), která již několik zajímavých nápadů vyprodukovala. Technologii vyvíjí především Suresh Garimella, Timothy Fisher, Daniel J. Schlitz a Vishal Shingal. Schlitz a Shingal vytvořili společnost Thorrn Micro Technologies Inc., která se bude zabývat komerčním využitím této technologie.“

Princip technologie je následující. Nanotrubičky jsou vyrobeny z materiálu na bázi fullerenů, což je speciální forma uhlíku. Ta ve formě C60 vytváří tvar podobný fotbalovému míči. Tento materiál se vyznačuje mnoha zvláštními fyzikálními vlastnostmi. Tloušťka těchto nanotrubiček se pohybuje v řádech nanometrů. O jejich křehkosti se bát nemusíte, protože tento materiál disponuje extrémní pružností a pevností. Pevnost je dokonce vyšší než u oceli. Tyto nanotrubičky zde působí jako záporně nabitě elektrody. V systému jsou pak umístěny i kladné elektrody. Pokud je na záporně nabitě elektrody přivedeno napětí, začnou se pohybovat elektrony směrem ke kladným elektrodám. Tyto elektrony způsobí ionizování vzduchu.

Je to stejný princip jako při bouřce. Tímto procesem vznikne proud částic. Je to jev podobný Koronovému větru, který ovšem vzniká mezi elektrodami při napětí 10 kV. U počítače bychom ale takovéto napětí nemohli vyvolat. Díky malým nanotrubičkám, které jsou od elektrod vzdáleny 10 mikronů, nám stačí pro vyvolání požadovaného efektu pouhých 100 V. Tento proces probíhá v oblasti generování, jak je vidět na následujícím obrázku.



Tímto procesem jsme získali ionizovaný vzduch, který potřebujeme ještě urychlit. Toto urychlení probíhá pomocí rychlých změn napětí na mikrokanálcích o určité frekvenci. Ionizovaný vzduch se tak dá do pohybu a jeho části narážejí na neutrální atomy. Při nárazu pak vznikají ionty a vznikne tak mnohem více částic, které se dají do pohybu. Tento proces pak probíhá v oblasti pumpování. U tohoto principu se mluví i o jeho nástupci, kde bude místo nanotrubic použito slabých vrstev syntetického diamantu. Tím by mohla klesnout cena při zachování stejného chladičského výkonu.“

KŘIVOHLÁVEK, Jindřich. *Chlazení počítače*. Brno : Computer Pres, a.s., 2007. *Budoucnost chlazení*, s. 165-166. ISBN 978-80-251-1509-1.

Obrovskou výhodou tohoto řešení je právě ona zabudovatelnost do samotné elektroniky. Prostě se procesory začnou vyrábět vrstveně – vrstva elektroniky prokládaná vrstvou chlazení... Výrobní náklady by neměly být vysoké, výrobní postup je totiž téměř shodný s postupy pro výrobu procesorů.

Závěrečné shrnutí:

Výhody

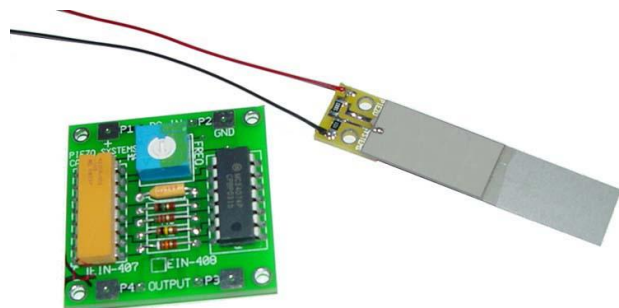
- Malá velikost
- Možnost implementace přímo do čipů

Nevýhody

- Potřeba vyrobít napětí 100 V pro napájení generátorů iontů
- Výrobní náklady

Piezoelektrické vějíře

Tato technologie pracuje na principu starých čínských vějířů. Jedná se však o pouhou analogii. Místo papíru jsou zde dnes používány pružné plastové membrány. Tyto jsou upevněny k látce s piezoelektrickými vlastnostmi. To znamená, že při průchodu elektrického proudu tato látka změní svůj tvar. Jelikož proud vzduchu je vytvářen pouze když se lamela pohybuje, nejjednodušší cesta k zajištění pohybu je její rozkmitání průchodem střídavého elektrického proudu přes onu piezoelektrickou látku. Výhoda chlazení vějíři spočívá hlavně v jejich odolnosti. V prašných prostředích (průmyslové stroje) jsou běžné ventilátory naprosto nepoužitelné, jejich ložiska by brzo odešla. Nabízí se zde proto nahradit je vějíři, kterým prach vůbec nevadí. Spotřeba vějíře je pouze symbolická. Je snad pouze otázkou času, kdy se dočkáme praktického nasazení tohoto typu chlazení např. v ultratenkých notebookech.



3.1) Piezoelektrický vějíř s řídicí elektronikou

Závěrečné shrnutí:

Výhody

- Malá velikost
- Výrobní náklady
- Odolnost

Nevýhody

- Nutnos napájení střídavým proudem

Nechme se tedy překvapit budoucností, co si pro nás připraví vývojáři chladicích systémů a jaké nové zbraně vytáhnou do marketingového boje. Vývojový potenciál v této oblasti ještě stále najít můžeme, je však na nás, zdali jej hodláme využít.

ČÁST DRUHÁ

POČÍTAČOVÉ SKŘÍNĚ

Autor: Vítězslav Imrýšek

Rozdělení této kapitoly:

- **Standardy skříní**
- **Velikostní standardy**
- **Materiály**
- **Řešení chlazení ve skříních, průtok vzduchu**
- **Prachové filtry**
- **Windtunnel**
- **Tipy pro praxi**

Standardy skříní

Za dobu své existence se prostrídalo několik formátů základních desek, kterým se následně museli přizpůsobit i PC skříně a zdroje. Některé formáty to nepřežily, některé přežily a byly úspěšné a některé používáme dokonce i déle než by si kdo původně myslel.

1. AT

Zavedeno v 80. letech 20. století

Formát AT je nejstarší formát, je upraven pro úschovu základních desek "IBM-kompatibilních" počítačů. Původně byl dodáván jen s počítači firmy IBM, ale následně tento design převzali i další výrobci a stal se nejpoužívanějším. Těmto skříním, které nebyly vyrobeny přímo od IBM se začalo říkat "IBM klony".

Standardizovaný rozměr základní desky: 350 x 305 (mm)

2. ATX 1.0 - 2.3

(Advanced Technology Extended)

S tímto standardem, přišla firma Intel v roce 1995. Tento standard byl v této době považován za dosud největší zásah v rozložení komponent uvnitř počítače. Stal se velmi populárním, pokryl hodně nevýhod, kterými oplýval starší formát AT. Příklad výhod, které nový formát ATX přinesl je například Back panel - Zadní panel, na kterém se dnes nachází mnoho užitečných konektorů(USB, eSATA, LAN, DVI, VGA). Změna také proběhla v oblasti průchodu vzduchu. V prvních specifikacích bylo stanoveno, že zdroj má brát zvenku skříně vzduchu a ten následně foukat přímo na procesor(procesor se nachází téměř přímo pod zdrojem). Z této podmínky časem sešlo a dnes je realita zcela opačná, vzduch jde ze skříně do zdroje a pak ven. Tento formát nastoupil na trh ve verzi 1.0 a dnes, v jeho poslední reinkarnaci, už pracujeme s verzí 2.3. Změny probíhaly hlavně v oblasti napájení komponent. Přibyly napájecí konektory pro zařízení SATA, PCIe a upraveno bylo napájení základní desky. Poslední verze (2.3) je z března 2007 a hlavní změnou je požadavek pro vyšší efektivitu zdroje - minimálně 80%. Formát ATX je dnes stále nejpoužívanější. Standardizovaný rozměr základní desky: 305 x 244 (mm)

3. BTX

(Balanced Technology Extended)

Jako svůj předchůdce, kterého měl tento standard nahradit, je nápadem firmy Intel. Jeho propagace začala ke konci roku 2004 a měl být podporou pro procesory Pentium 4, které v té době firma Intel vyráběla. Tyto procesory měly vyšší nároky na El. energii a díky tomu také docházelo k vyššímu zahřívání než u starších procesorů. Když Intel v roce 2006 vypustil své nové procesory založené na architektuře "Core"(které již neměly Achillovu patu starých Pentii - nároky na energii a chlazení), tak tento standard ztratil svůj smysl a v ten samý rok přestal být svým tvůrcem podporován. Dnes je tento formát v modifikované podobě(s původním BTX formátem nekompatibilní) využit u počítačů Apple Mac Pro. Hlavní výhodou tohoto formátu je nový tepelný design. Ovšem kvůli tomu proběhly rozsáhlé změny pozic komponent jako je čipset, procesor, rozšiřující karty. Konkurence Intelu v té době neviděla žádnou výhodu pro svou platformu a tak zůstal formát BTX jen na platformě Intel.

Standardizovaný rozměr základní desky: 325 x 266 (mm)

4. OEM

OEM - Original Equipment Manufacturer, neboli Původní výrobce zařízení

OEM formáty nejsou standardizovány. Každý výrobce si navrhne základní desku a následně i skříně přesně pro své potřeby. Tím pádem záleží čistě na výrobci jak bude daná sestava vypadat a co bude umět.

Velikostní standardy

1. ITX

- čistě pasivní
- použití v nevykonných sestavách
- prohlížení obrázků, pouštění hudby a videa, procházení internetu

2. Barebone

- předchůdce HTPC



49) Barebone systém

- aktivní chlazení => větší hlučnost
- dodáváno jako komplet
- nemodulární

3. Desktop

- většinou OEM výrobky
- konstrukce pod monitor
- aktivní chlazení, tišší

4. Mini/Midi/Middletower

- klasická PC stojící na výšku
- nejčastěji se vyskytující typ skříně
- nejjednodušší konstrukce chlazení
- snadná údržba



12) Middletower

5. Big/Supertower

- ideální pro Servery
- velké místo umožňuje vytvoření diskových polí (RAID)
- velké nároky na chlazení



6. HTPC

- Home Theatre PC
- Mediální centrum
- hlavní význam v přehrávání hudby, videa a fotografií



Materiály

1. Plech (0,8+mm)

- čím tlustší je plech, tím kvalitnější je skříň



48) Akrylátová skříň

2. Hliník

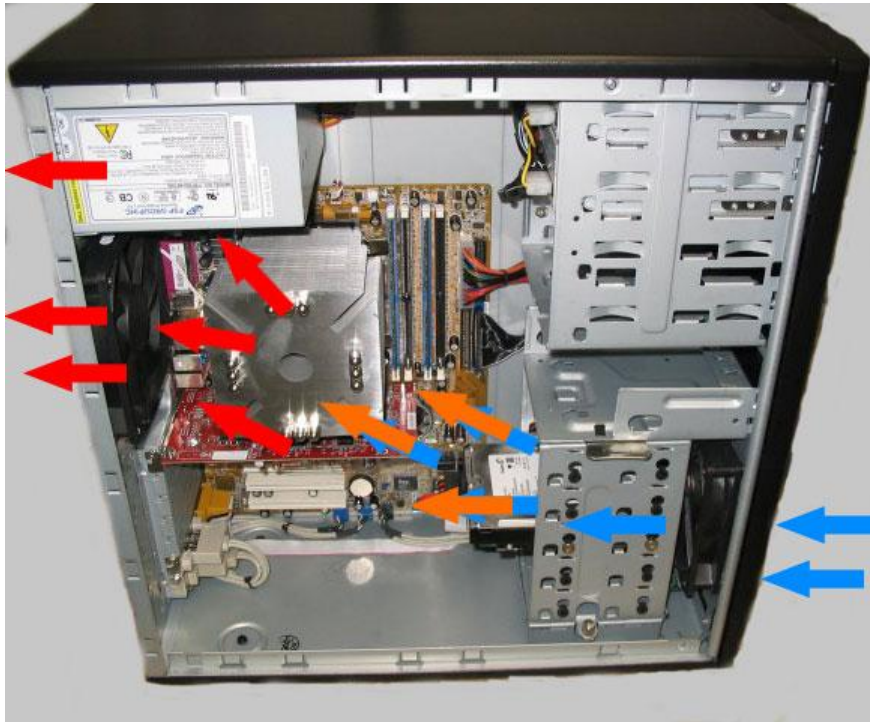
- těžké, odolné i pasivní skříně

3. Akrylát

- skříně na efekt

Řešení chlazení - průtok vzduchu

Na následujícím obrázku je zobrazeno ideální proudění vzduchu v počítačové skříni.



41)

Prachové filtry

- Plastové s molitanem
- Kovové
- Elektrostatické odlučovače



43) Molitanový prachový filtr

Windtunnel

- zajišťuje přívod čerstvého vzduchu přímo k místu, kde je potřeba a to za pomoci různých trubic (flexibilní, pevné)



Tipy pro praxi

- Vybírejte skříň podle účelu
- Prostor navíc uvnitř skříně oceníte při upgradu
- Kde je kabeláž, tam vzduch neproudí
- U běžného PC by měla být alespoň jedna zadní 12cm pozice pro odsávací ventilátor

ČÁST TŘETÍ

PRAKTICKÉ ZPRACOVÁNÍ VLASTNÍHO SYSTÉMU

V této kapitole hodlám rozebrat praktickou aplikaci předchozích poznatků. Jako referenční model přitom budu používat můj osobní počítač.

Autor: Marek Šnapka

V roce 2003 jsem dostal do rukou svůj první osobní počítač. Brzy jsem se jej naučil používat, dokonce jsem na něm občas i hrál počítačové hry. Tato činnost se však po delší době stávala nesnesitelnou, jelikož automatický regulační systém chtěl docílit velmi nízkých teplot na všech monitorovaných komponentách a zvyšoval proto na maximum otáčky všech přítomných aktivních chladičů. Proto jsem se jal tento počítač postupně přestavovat do podoby, kterou budete moci spatřit níže.

Na úvod se však pojd'me seznámit s naší demonstrační sestavou. Jedná se o na míru skládaný počítač s procesorem Intel Pentium 4 s jádrem Prescott, který po přetaktování tiká na frekvenci 3,52 GHz a jeho průměrné TDP v zátěži se pohybuje někde na hranici 130-135 W. Dále se jedná o základní desku MSI 865PE NEO2S s původně aktivně chlazeným severním můstkem, paměti Geil, pracující na frekvenci 500 MHz, grafickou kartu ATI Radeon 9600 Pro s 256 MB DDR1 (TDP max. = 35 W). Toto vše je poháněno třisetwattovým zdrojem značky Fortron.

Použité komponenty

Nyní si představíme jednotlivé komponenty chlazení:

Scythe Big Shuriken

disponuje čtyřmi duálními heatpipe, hliníkovou základnou a jemným žebrováním, na které je možno usadit 120mm ventilátor.



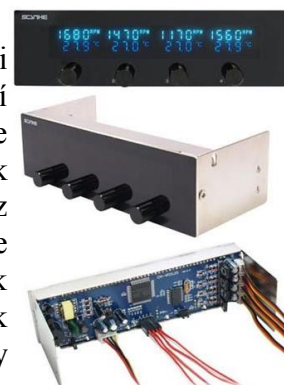
Nanoxia FX12

je extrémně tichý, zároveň však výkonný ventilátor s ložiskem na bázi nanotechnologií. Délka hrany je 120 mm. Provozní napětí se pohybuje v rozmezí 3-12V, maximální otáčky 2000rpm, napájen je třípinovým konektorem s napěťovou regulací a zpětnou vazbou zajišťující monitoring otáček.



Scythe Kaze Master KM01-BK

je zástupcem manuálních regulačních panelů, které se umisťují čtyřmi šrouby do jedné 5,25" pozice PC skříně. K dispozici máme monitorování dvou hodnot na čtyřech nezávislých kanálech. První hodnota se získává ze zpětné vazby ventilátoru připojeného na daný kanál a ukazuje počet otáček za minutu. Přesnost měření je 30 rpm. Druhou hodnotu získává panel z připojených teplotních čidel, která si můžete rozmístit po počítači dle svého uvážení. Přesnost měření je 0,3°C. Pro každý kanál je zde k dispozici také jeden potenciometr pro manuální regulaci otáček ventilátorů. Ventilátory se dají také úplně vypnout. V případě poruchy ventilátoru můžeme využít akustického výstražného systému.



Arctic Cooling 12025L PWM

je ventilátor používaný k nahánění vzduchu do vnitřních prostor skříně, vyrovnává podtlak zajištěný odsávacími ventilátory. Maximální otáčky 1300 rpm, vybaven je kromě napěťové regulace také možností připojení k PWM regulátoru.



Thermaltake A2368

je vysoce výkonný ventilátor používaný na vytváření vysokého podtlaku ve skříně. S maximálními otáčkami 2000 rpm a napájením třípinovým i na MOLEX konektor je považován za urgentního pomocníka při potížích s přehříváním PC.



Fortron 300 W

je obyčejný zdroj. Podstatné pro nás však je, že disponuje 120mm ventilátorem, jehož otáčky jsou upravovány na základě zjištěných dat z teplotního senzoru ve zdroji. Je tak zajištěna ochrana zdroje před poškozením v zátěži. Zdroj funguje jako odsávač teplého vzduchu od procesorového chladiče a zároveň vytváří podtlak ve skříně.

Můžeme vzít případně v úvahu také malý pasivní blok na severním můstku. Kdysi na něm byl i 40mm ventilátor, v rámci operace ztišování PC se zde však ukázal jako naprosto zbytečný. Paměti RAM mají také svůj heatspreader, v praxi je zde však také zbytečný, slouží hlavně jako designový prvek, paměti se vůbec nezahřívají.



Popis mého systému

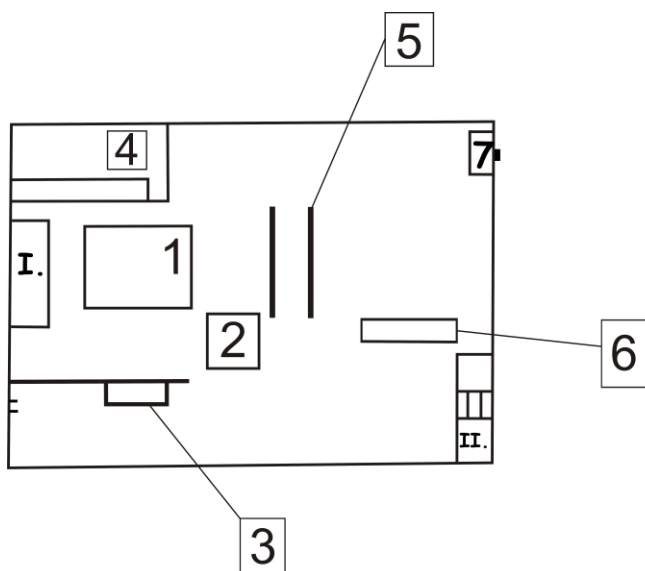


Schéma:

1. Procesor s chladičem Big Shuriken
2. Severní můstek chlazený malým pasivním chladičem z hliníku
3. Grafická karta + malý Al pasiv
4. Zdroj
5. RAM
6. Pevný disk
7. Regulátor
- I. Ventilátor Thermaltake A2368
- II. Ventilátor Arctic Cooling 12025L PWM

Na výše uvedeném schématu můžete vidět skříň z profilu. Nyní se chystám popsat proudění vzduchu za různých uměle vytvořených podmínek.

1, proudění vzduchu v kancelářském režimu (zelený nákres)

Při tomto režimu je počítač téměř nevytížený. Za předpokladu, že celá sestava v tomto stavu odebírá maximálně 100 W elektřiny můžeme usoudit, že není potřeba nějak extrémně zvyšovat otáčky ventilátorů. Používám proto následující konfiguraci chlazení:

V zimě běží pouze dva ventilátory, jelikož okolní vzduch je dostatečně chladný. Mám tím na mysli vždy běžící ventilátory chlazení zdroje a procesorové jednotky. Oba dva běží v pomaloběžném režimu. Zdroj neprodukuje tolik odpadního tepla, tudíž jeho regulační elektronika automaticky otáčky snižuje na hodnotu cca 1300 rpm. Otáčky Nanoxie na CPU nastavuji manuálně na prvním kanálu regulačního panelu.

Na tomto kanálu také monitoruji teplotu horní části pasivního chladiče Big Shuriken. V případě překročení teplot na jádře CPU (např. kdybych zapomněl při přechodu do výkonového režimu zvýšit otáčky) mne varuje monitorovací software Speedfan, zahlásí kde došlo k překročení povolených hodnot a čeká na potvrzení přečtení varování. V případě překročení hraniční teploty poškození CPU zafunguje dále teplotní ochrana samotného CPU a začne do něj vkládat tzv. prázdné cykly, což je softwarová metoda chlazení – uměle se snižuje jeho zátěž a výkon.

Vzduch je tedy nasáván třemi cestami:

- 1, porézními záslepkami čelního panelu
- 2, otvory pro čelní ventilátor, který je však obvykle vypnutý, a to pouze pod tlakem
- 3, odstraněnou záslepkou pod grafickou kartou, přičemž proudící vzduch ochlazuje její pasivní chladič, avšak pouze malou měrou

Počítač v tomto režimu je sotva slyšitelný, a to dokonce i v noci, kdy je absolutní klid.

2, proudění vzduchu ve výkonostním režimu (červený nákres)

Režim výkonostní v mém případě funguje na principu zajištění maximální rychlosti proudění vzduchu ve skříni. Proto jsou v provozu všechny ventilátory, a to na jejich maximální otáčky.

Ventilátor ve zdroji se roztočí na otáčky kolem 1700-2000 rpm, při které je již poněkud hlučný. Tím vytváří středně silný podtlak ve skříni, což zajišťuje nasávání výše uvedenými cestami, avšak s větší účinností. Ve vytváření podtlaku mu pomáhá přídatný výkonový ventilátor zn. Thermaltake (napojený na regulační kanál 3 s čidlem teploty vyfukovaného vzduchu). Tento ventilátor je navrhován pro maximální výkon, na hlučnost se tedy vůbec nehledí. Když se tento ventilátor rozjede na své maximální otáčky, není možné v místnosti vydržet, pokud nemáte nahlas puštěné reproduktory, ze kterých se linou zvuky produkované akční hrou využívající 100% systémových prostředků, do které jste samozřejmě naprosto zabráněni...Vytvořením podtlaku ve skříni se tak maximalizuje objem vzduchu protékající odstraněnou zadní záslepkou pro přídatné karty. Tímto se zvýší účinnost chlazení grafického jádra, avšak za cenu, že ke zbytku komponent se dostane již

ohřátý vzduch, což je faktor výrazně ovlivňující účinnost chlazení např. procesoru, či zdroje. Proto je v čele skříně instalován sací ventilátor od firmy Arctic Cooling (napojený na druhý regulační kanál panelu, společně s čidlem teploty nasávaného vzduchu), kterým můžeme regulovat množství chladného vzduchu proudícího do skříně, což však zase negativně ovlivní podtlak a chlazení grafické karty. Proto je sací ventilátor pouze pomaloběžný, aby nedošlo k vytvoření přetlaku, změně proudění a následnému přehřátí grafického jádra.

Spotřeba systému v tomto režimu dosahuje až k 250 W. Výkon takto přetaktovaného systému je však oproti základním taktům ohromující. Hluk je však daní za tuto výhodu.

Při maximálních otáčkách všech ventilátorů však může, vzhledem k jejich výkonu, může dojít k vytvoření lokálních kapes s velmi nízkým tlakem vzduchu. Jednoduše proto, že se ventilátory tahají o vzduch z tohoto místa. Tento jev silně ovlivňuje účinnost všech ventilátorů tvořících tento jev. Zamezit tomuto jevu se dá např. použitím chladiče věžovité konstrukce s výfukem směrem k odsávacím ventilátorům (zdroj + pomocné odsávání). Typický příklad tohoto ventilátoru je např. výrobek Arctic Cooling Freezer 7 Pro, který se dá však uchytit pouze k novějším socketům. Proto jsem použil nejučinnější možný chladič konstrukce ploché s kolmým sáním.

Hlavní výhoda této konstrukce chlazení spočívá v jeho modularitě. Když tento systém obsluhuje osoba, která rozumí jeho principu, je zde možno dosáhnout mnohem lepších výsledků, než např. při použití automatické regulace. Bez obav lze v tomto jistějším systému také provádět nejrůznější zátěžové testy a měřit přitom teploty v různých místech skříně. Simulace výpadku (poruchy) ventilátoru procesorového chladiče je jeden z těch zajímavějších. Takovýto chladič systém je designově velmi povedený. Co však oceňuji nejvíce a hlavně co bylo mým hlavním cílem je možnost provozu systému ve výše uvedených dvou režimech. Pro noční stahování, kdy v místnosti, kde je PC umístěn, také spíte, je režimový systém perfektním řešením.

Návrhy na vylepšení

Kromě již zmíněného problému se vzduchovými kapsami, který by mohl být vyřešen použitím věžovitého chladiče se nabízí ještě několik možností vylepšení.

Jako první se nabízí možnost výroby řídicí jednotky dochlazování. V případě, že na MOLEX větvi bude zjištěn výpadek napětí (vypnutí PC), zapne jednotka dochlazování ventilátory ze svého rezervního zdroje (malý olověný článek, který se bude dobíjet za provozu PC). Jejich napájení bude řízeno dle programu. V programu silent-mode bude chlazení řízeno dle nastavitelné teplotní tabulky. Na základě dat odečtených z teplotních čidel se nastaví napětí na napájecích větvích ventilátorů. Chlazení bude zastaveno po dosažení určité teploty. V případě použití programu power-mode se budou větráky otáčet na své maximální otáčky – do napájecích větví bude vpuštěno 12 V. Dochlazování skončí po uplynutí časového limitu, či po dosažení určité teploty. Celý systém by byl programovatelný skrze rozhraní USB řízeného počítače. Teoreticky se zde nabízí spolupráce softwarově monitorovatelných čidel s řídicí jednotkou, atp. Základem řídicí jednotky by byl čip AT Mega 8 a pár spínacích tranzistorů. Cena výroby jednotky by byla max. do pětiset korun.

Cenový rozbor

Na následujících řádcích naleznete ceny, za které jsem pořídil jednotlivé komponenty použité v mém systému. Ceny jsou pouze orientační, platí v době pořízení, od této doby se značně změnila. Výrobky byly pořizovány výhradně u firmy T.S. Bohemia. Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

Scythe Big Shuriken.....750,- Kč
Nanoxia FX12.....430,- Kč
Scythe Kaze Master KM01-BK.....740,- Kč

Arctic Cooling 12025L PWM.....	115,- Kč
Thermaltake A2368.....	240,- Kč
Fortron 300 W.....	960,- Kč
Case Cooler Master Elite 335.....	990,- Kč

Celková cena.....4,225,- Kč

Vidíte, že ani kvalitní vzduchové chlazení není jedno z nejlevnějších řešení. Lze je však postavit za vcelku rozumnou cenu – kdo má na výkonný počítač, má i na výkonné chlazení.

Závěrečné shrnutí

Klady

- vypínatelné sektory chlazení
- možnost použití ve dvou režimech – výkon i ticho
- možnost monitorování teplot vlastními čidly
- bezpečnost systému – několikanásobné jištění

Zápory

- manuální regulace – při přepínání režimu nesmíme zapomenout nastavit chlazení
- teplotní čidla nejsou přímo u jader
- vakuové kapsy

Plány do budoucna

V tomto bodě však vývoj mého systému nekončí. Jakmile budu schopen sehnat finanční prostředky na zakoupení systému vodního chlazení, učiním tak. Mým snem je vývoj programovatelného řízeného systému, který uživateli nabídne možnost přepínání mezi manuální a semi-automatickou regulací. Samozřejmě bych zde zabudoval dochlazovací systém, opět v několika režimech. Tento systém by měl nabídnout nadstandardní chladicí výkon, vhodný pro chlazení kompletní sestavy. Skládal by se z několika nezávislých okruhů a měl by zvládnout uchladit celkem až 400W herní sestavu.

Dále pracuji na vytvoření metody chlazení mini-ITX systémů do maximálního výkonu 60 W. Tento systém by měl být odolný proti zanesení prachem, nárazům a fyzickému poškození. Uvažují zde o nasazení olejových nádob, či malých chladniček. Obě metody však mají mnoho problémů, které je nutno odstranit.

Zdroje obrázků

Obrázky použité v tomto dokumentu byly na uvedených adresách k dispozici dne 19.3.2010. Všechny tyto jsou volně šiřitelné.

1. <http://i.iinfo.cz/images/22/ibm05.jpg>
2. <http://pcsilent.de/ppic-MAXI-Zalman-ZM-NB47J-passive-Northbridge-cooler-Northbridge-fan-zahlman-zahlmann-zalman-zmnb47.jpg>
3. http://www.frostytech.com/articleimages/200801/zmnb47J_side.jpg
4. http://computershopper.com/var/ezwebin_site/storage/images/media/images/lga775/229470-1-eng-US/lga775_large.jpg
5. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Socket_am2_retention_module.jpg
6. http://www.cdrhard.cz/recenze/chladice/revoltec_freeze_Tower/0007.jpg
7. http://benchmarkreviews.com/images/reviews/cooling/Best_CPU_Coolers_Q2-2008/Cooler_Master_CM_Sphere_Heatpipe.jpg
8. http://www.eaa.net/upl/4/default/img/Extruded_direct%20extrusion.gif
9. <http://pctuning.tyden.cz/ilustrace3/stach/chlazení/heatpipe.jpg>
10. <http://content.answers.com/main/content/img/CDE/HEATPIPE.GIF>
11. <http://www.sunonusa.com/images/drawings/sleeve%20bearing.gif>
12. http://www.easybizchina.com/picture/product/200803%5C2008312_105522_Self-aligning%20Ball%20Bearings.jpg
13. <http://www.vxb.com/ball-bearings-images/fc60xx-1.jpg>
14. <http://www.1stpccorp.com/Images/Fan%20Nanoxia/Nanoxia%20fan%20in%20water%20web.jpg>
15. http://www.hoc.hu/upload/articles/472_af12025PWM_03h.jpg
16. <http://www.quietpc.com/files/images/products/ac-f12protc-large.jpg>
17. <http://www.czechcomputer.cz/uploading/USR.127192/E25A76C0EB5B6604C1257507006A20F9/K0907011556430512396855058505179.jpg>
18. http://media.ldlc.com/ld/products/00/00/50/88/LD0000508872_2.jpg
19. <http://www.hd.cz/fotky/chlazení/HPIM0549xx.jpg>
- 20.

erfahrung.de/fileadmin/Daten/Bilder/Wasserkuehlung/Wasserkuehlung_Bispiel.jpg

21. http://www.coolercases.co.uk/images/Misc/eheim_range.jpg
22. http://pctuning.tyden.cz/ilustrace3/joro/overcloc_king/blok_CPU.jpg
23. http://www.ctl.cz/clanky/highlander/ekovodnik/images//xspc_ddcresbig_2.jpg
24. <http://www.hd.cz/fotky/chlazenivodni/14112.jpg>
25. <http://www.svethardware.cz/sh/media.nsf/0c97cd6cabb1398ec1256cc50082f4bf/66db8f0c732af3e6c12573290038e195/Body/34.3834?OpenElement&FieldElemFormat=jpg>
26. http://gizmodo.com/assets/images/gizmodo/2008/09/thermaltake_xpressar_cooling_scheme.jpg
27. <http://www.crazypc.com/images/coolers/cpu/supercooling/mach2gthuge.jpg>
28. <http://ixbtlabs.com/articles/peltiercoolers/p3.gif>
29. <http://www.pugetsystems.com/gfx/submersion/gallery/Submerged002.jpg>
30. http://hothardware.com/articleimages/Item1363/small_classified_angle3.jpg
31. http://www.hothardware.com/articleimages/Item975/Reaper_front.jpg
32. <http://i.frazpc.pl/pliki/2002/auto/1203118597591429.jpg>
33. [http://www.svethardware.cz/sh/media.nsf/v/D444D593A99A9F5EC1256E65003FE284/\\$file/garimella-nanolight1HI_big.jpg](http://www.svethardware.cz/sh/media.nsf/v/D444D593A99A9F5EC1256E65003FE284/$file/garimella-nanolight1HI_big.jpg)
34. <http://www.piezo.com/prodfan3lvkit780pict.jpg>
35. http://images.hardware.info/news/Scythe_Big_Shuriken-003.jpg
36. http://www.gelidsolutions.com/images/products/large/wing12_600_400s.gif
37. <http://www.modster-pc.co.nz/shop/images/KM01-BKB.jpg>
38. http://www.arctic-cooling.com/catalog/images/AF12025PWM_pic_300.gif
39. <http://www.mhmultihard.com.ar/UploadedImages/Original/0/6/0679.gif>
40. http://xdigital-bg.com/theking/cho/Joomla/components/com_virtuemart/shop_image/product/72f7975d28f77941bffda5446cff7e67.jpg
41. <http://pctuning.tyden.cz/ilustrace3/stach/chlazenivodni/chlazenivodni.jpg>
42. <http://www.xeuz.net/mercadolibre/productos/coolermaster330/elite%20330%201.jpg>
43. http://pctuning.tyden.cz/ilustrace3/stoobi/LianLi_PC_B25_B/27.jpg

44. <http://tweakers.net/ext/i/productsurvey/3395/2123.jpg>
45. <http://www.casemodgod.com/Interviews/02The%20DECOmputer.jpg>
46. <http://specialtech.co.uk/spshop/files/detail/thermaltake-armor-VA8000BWA.jpg>
47. http://www.multi-mediacenter.com/wp-content/plugins/wp-o-matic/cache/41ae4_5-29-08-cannon-pc-ex-htpc.jpg
48. http://thumbnail022.mylivepage.com/chunk22/627865/509/small_pc%20tuning%2016.jpg
49. http://www.slashgear.com/gallery/data_files/7/4/Shuttle_XPC_Barebone_SN78SH7_1.jpg