

»Mladi za napredek Maribora 2020«
37. srečanje

**Hlajenje računalnika s termoelektrično
tehnologijo**

Raziskovalno področje: Interdisciplinarno - elektrotehnika, elektronika, računalništvo
Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtor: SENAD SALKANOVIĆ, OGNJEN VUČKOVIĆ, LIAM MESAREC
Mentor: IVANKA LESJAK
Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR
Število točk: 112/ 170

Maribor, februar 2020

»Mladi za napredek Maribora 2020«
37. srečanje

**Hlajenje računalnika s termoelektrično
tehnologijo**

Raziskovalno področje: Interdisciplinarno - elektrotehnika, elektronika, računalništvo
Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Maribor, februar 2020

SLOVAR MATEMATIČNIH SIMBOLOV

koeficienti:

Π - peltierjev koeficient

Q - koeficient toplotnega toka

K - kelvinov koeficient

S - seebeckov koeficient

temperatura:

T - temperatura v stopinjah celzija

T_h - kjer je h toplo

T_c - kjer je c hladno

drugo:

X - območje

Λ - toplotna prevodnost

j - hitrost prevajanja toplote

Δ - razlika

$d - \Delta$

I - električni tok

Kazalo	
2 ZAHVALA	5
3 UVOD	6
3.1 Hipoteze	7
4 PREGLED OBJAV IN STANJA TEHNIKE	8
4.1 CPE hladilniki	8
4.1.1 Zračni hladilnik	8
4.1.2 Vodni hladilnik	8
4.1 Hlajenje računalnika s termoelektričnim hladilnikom	9
5 METODOLOGIJA	10
5.1 Teoretični del	10
5.1 Praktični del	10
6 TERMoeLEKTRIČNO HLAJENJE	11
6.1 Termoelektrični efekt	11
6.1.1 Seebeckov efekt	11
6.1.2 Peltierjev efekt	12
7 TERMoeLEKTRIČNI HLADILNIK	14
7.1 Delovanje	14
7.2 Uporaba	14
7.3 Prednosti	14
7.4 Slabosti	15
8 HLAJENJE CPE S TERMoeLEKTRIČNIM HLADILNIKOM	17
8.1 Material	17
8.1.1 Heat sink	17
8.1.2 Termalna pasta	18
8.2 Izvedba	19
8.2.1 Namestitev TEC-a	19
8.2.2 Namestitev heat sinka	20
9 DRUŽBENA ODGOVORNOST	21
10 ZAKLJUČEK	22
11 VIRI IN LITERATURA	23

Kazalo slik

Slika 1: Zračni hladilnik (https://static.arctic.ac/media/wysiwyg/Products/Freezer_7PRO2/features/Freezer_7_Pro_F02.jpg).....	8
Slika 2: Vodni hladilnik (https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-453435334-thermaltake-water-30-riing-rgb-360-mfshop-_JM)	8
Slika 3: CPE temperatura (https://www.youtube.com/watch?v=1EWJf0VIFkk)	9
Slika 4: Seebeckov efekt (https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect#/media/File:Thermoelectric_effect.svg).....	12
Slika 5: Peltierjev efekt (https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect#/media/File:Thermoelectric_Cooler_Diagram.svg).....	12
Slika 6: TEC (lasten vir)	14
Slika 7: TEC velikost (lasten vir)	15
Slika 8: Vodni hladilnik velikost (https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-453435334-thermaltake-water-30-riing-rgb-360-mfshop-_JM)	15
Slika 9: Zračni hladilnik velikost (https://static.arctic.ac/media/wysiwyg/Products/Freezer_7PRO2/features/Freezer_7_Pro_F02.jpg).....	15
Slika 10: Kondenzacija (https://www.youtube.com/watch?v=1EWJf0VIFkk)	15
Slika 11: Heat sink (https://www.amazon.de/s?k=heatsink&__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&ref=nb_sb_noss_2)	17
Slika 12: Heat sink ohlajanje - zračno (http://heatscape.com/computational-fluid-dynamics-cfd/)	18
Slika 13: Segrevanje Heat sinka (https://www.simscale.com/api/v1/projects/cbyron/heatsink/87926192-9fd1-43ed-b3ff-8cb2e9f24d7b/screenshot/post-processor-screenshot.png)	18
Slika 14: Termalna pasta (https://laimeisi.en.made-in-china.com/product/CsLmvFglwkWd/China-Wide-Temperature-Heat-Resistance-Device-Good-Thermal-Conductivity.html).....	18
Slika 15: Matična plošča (https://ngarciaiii.github.io/comptia/2019/03/19/CompTIA-A+-Part-1-Hardware/)	19
Slika 16: Termalna pasta na CPE (https://whytheluckystiff.net/laptop-overheating-here-are-a-few-fixes/)	19
Slika 17: Skica končnega produkta (lasten vir).....	20

1 POVZETEK

Tehnologija na področju ohlajevanja računalniških procesorjev, se v zadnjih 30 letih ni veliko spremenila. Še vedno uporabljamo vodne in zračne hladilnike, ki pa imajo veliko pomanjklivosti, zato smo se odločili raziskati, če je možno narediti sistem za hlajenje procesorja s termoelektričnim hlajenjem.

Ideja za takšno hlajenje računalnika sicer ni nova, vendar pa ni dobro raziskana in ne vemo, če je dobra ali ne. Podrobno smo raziskali, kako deluje termoelektrični efekt, na podlagi katerega termoelektrični hladilnik prenaša toploto iz ene plate na drugo.

Na podlagi raziskav smo napisali, kako bi izvedli takšno hlajenje s pomočjo termalne paste, heat sinka in TEC-a

Izvedeli smo, da bi se to dalo narediti, vendar pa bi morali to praktično narediti in opraviti meritve (poraba energije, moč hlajenja, kondenzacija itd.), da bi ugotovili če je sistem boljši kot tradicionalne vrste hlajenja procesorja.

Ker meritev nismo uspeli izvesti zaradi pomanjkanja materiala, ne vemo, če je termoelektrično hlajenje v računalništvu korak naprej.

2 ZAHVALA

Zahvaljujemo se mentorici za podporo in pomoč. Zahvaljujemo se tudi vsem avtorjem internetnih člankov in knjig ki smo jih uporabili; za zelo podroben opis delovanja termoelektrike.

3 UVOD

UVOD

Namen raziskovalne naloge je razrešiti problem, ki se pojavlja pri hladilnikih za CPE (centralno procesna enota). Tehnologija se namreč v zadnjih nekaj desetletjih pri hlajenju procesorjev ni zelo spremenila.

Že pri nastanku prvih procesorjev se je hladilo z ventilatorji, ti se uporabljajo še danes. To velja za najcenejšo obliko hlajenja, medtem ko so vodni hladilnik dražji in znani po tem, da so nestabilni in se lahko hitro uničijo. Vseeno se veliko ljudi odloča za hlajenje z vodo, saj ventilatorji včasih ne prinašajo tako dobrih rezultatov hlajenja.

Naša ideja je torej, da uporabimo za hlajenje računalnika termoelektrični učinek, ki se že uporablja za manjše prenosne hladilnike, vendar pa je do zdaj uporaba tega efekta bila pri procesorjih zelo majhna. Menimo, da do zdaj ni bilo dobre raziskave, ki bi povedala ali je termoelektrični hladilnik oz. TEC smiselno uporabljati pri računalniških procesorjih.

Namen naloge je, da ugotovimo, ali je TEC smiselna rešitev za nekatere probleme konvencionalnega hlajenja (previsoka cena, nestabilnost...). To želimo ugotoviti z izdelavo termoelektričnega hladilnika, na katerem želimo izvedeti meritve, kot so poraba energije, moč hlajenja itd. in rezultate primerjati s hlajenjem z ventilatorjem, ker je ta daleč najpogostejša oblika hlajenja računalniških komponent.

Če bi se TEC izkazal za boljši in cenejši hladilnik, bi lahko začel nadomeščati druge vrste hlajenja v industriji.

3.1 Hipoteze

1. TEC hladi boljše kot zračno hlajenje a slabše kot vodno.
2. TEC porablja več električne energije kot zračno in vodno hlajenje.
3. TEC je cenovno ugoden v primerjavi z drugimi vrstami hlajenja CPE.
4. TEC bo zavzel manj prostora v računalniku, kot vodno ali zračno hlajenje
5. TEC bo tišji, kot zračno hlajenje.
6. Kondenzacija pri TEC-u je višja, kot pri drugih vrstah hlajenja.

4 PREGLED OBJAV IN STANJA TEHNIKE

4.1 CPE hladilniki

Ker je naša ideja hlajenje procesorja, smo najprej pogledali kako delujejo najpogostejši CPE hladilniki in pogledali katere so njihove največje prednosti in slabosti.

4.1.1 Zračni hladilnik



Slika 1: Zračni hladilnik

Zračno hlajenje deluje tako, da poveča površino ali pretok zraka nad hladilnim objektom. Primer prvega je, da na površino predmeta dodate hladilne plavute, bodisi tako, da jih naredite integralne, bodisi tako, da jih tesno pritrdite na površino predmeta. V primeru slednjega se to izvede z uporabo ventilatorja, ki piha zrak v objekt na katerega se želi ohladiti.

Zračni hladilniki so dokaj poceni, vendar pa niso dovolj zmogljivi za močnejše procesorje.

4.1.2 Vodni hladilnik

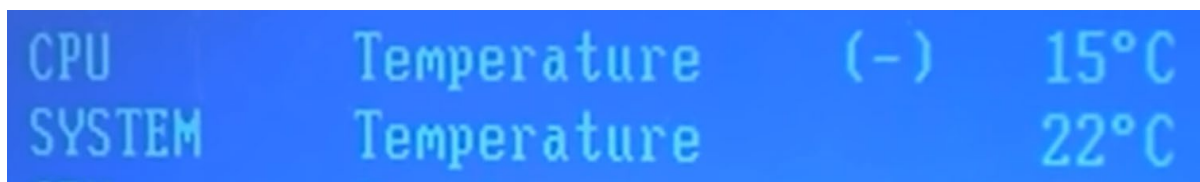


Slika 2: Vodni hladilnik

V primeru ko zračno hlajenje ne zadostuje potrebam hlajenja, se uporabi vodni hladilnik, ki deluje zaradi principa, da se toplota vedno premika proti hladnemu. Voda kroži po sistemu in se sproti ohlaja.

4.1 Hlajenje računalnika s termoelektričnim hladilnikom

Do zdaj ni bilo veliko poskusov hlajenja računalniških komponent s TEC-om, vendar pa so rezultati ljudi, ki so to poskuševali, dokaj obetavni. Youtuber GalileanMoons, je uspel s TEC-om več ur hladiti svoj CPE na kar -15 stopinjah celzija. Problem, ki ga je imel, je bila kondenzacija, kar je povzročilo zaledenelost na obrobju CPE.



Slika 3: CPE temperatura

Veliko ljudi, predvsem na internetnih forumih, pa je skeptičnih in menijo da hlajenje s TEC-om ni praktično, saj porablja preveč energije, kondenzacija pa lahko uniči sistem, če ni pravilno kontrolirana.

Spet drugi pa pravijo, da so že poskušali termoelektrično hladiti procesor in jim je dobro delovalo. Vendar pa ni dobre dokumentacije kako so to naredili in ali jim je res delovalo tako dobro kot pravijo. Uporabnik »koudelad« iz foruma element14, pravi da je uspel cca. leta 2000 s TEC-om hladiti CPE, ki ga je overclockal (povečal frekvenco/hitrost CPE) na 1.5x originalne vrednosti.

Nekateri uporabniki spletne strani Youtube so se že igrali z idejo TEC-a v računalnikih, vendar pa nihče ni naredil točnih meritev, da bi videli, koliko energije porabi, ali pa če lahko kontroliramo kondenzacijo v primeru, da CPE uporabljamo pogosto in dolgo časa naenkrat.

5 METODOLOGIJA

5.1 Teoretični del

Prvi del raziskovalne naloge je teoretičen, v njem bomo ugotavljali kako deluje TEC in kako ga lahko uporabimo za hlajenje CPE. Večino teh informacij bomo pridobili iz drugih raziskav, videov, knjig in blogov.

5.1 Praktični del

Drug del bo narejen na podlagi preizkusov, ki jih bomo naredili. Zbrali bomo veliko surovih podatkov in ugotovili ali so naše hipoteze pravilne, prav tako bomo ugotovili ali se splača uporaba TEC-a za hlajenje CPE-ja. Temperaturo bomo testirali v več stanjih, ko CPE nima velike obremenitve in kadar je obremenitev CPE velika, časovno bodo meritve tudi različne saj je možno, da skozi čas učinkovitost delovanja pada. Zabeležili pa bomo tudi podatke porabe energije.

Najprej bomo testirali temperaturo CPE-ja, ko ga ohlajamo z zračnim hlajenjem, nato z vodnim hlajenjem na koncu pa še z TEC-om (TEC hlajenje bomo naredili na podlagi pridobljenih podatkov iz teoretičnega dela).

6 TERMOELEKTRIČNO HLAJENJE

Termoelektrično hlajenje uporablja termoelektrični efekt in sicer najpomembneje Peltierjev efekt, za hlajenje različnih materialov/manjših prostorov (npr. prenosni hladilniki).

6.1 Termoelektrični efekt

Termoelektrični efekt je sklop treh efektov, ki opisujejo termoelektrično delovanje. Poznamo Seebeckov, Peltierjev in Thomsonov efekt. Najbolj pomembna pri projektu sta Seebeckov in Peltierjev efekt, ki pa jih povezujejo Thomsonove relacije. Da razumemo kako termoelektrični efekt deluje, moramo najprej razumeti nekaj pojmov;

1. Termopile

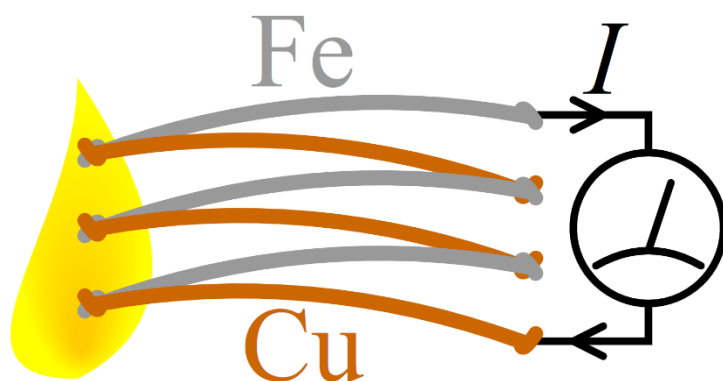
Je elektronska naprava, ki prevaja termalno (toplotno) energijo v električno. Narejen je iz večih termoelementov.

2. Termoelement

Je električna naprava, ki vsebuje dva različna električna vodnika, ki tvorita električni stik. Termoelement proizvede napetost, ki je odvisna od temperature, ki jo dobimo zaradi termoelektričnega učinka.

6.1.1 Seebeckov efekt

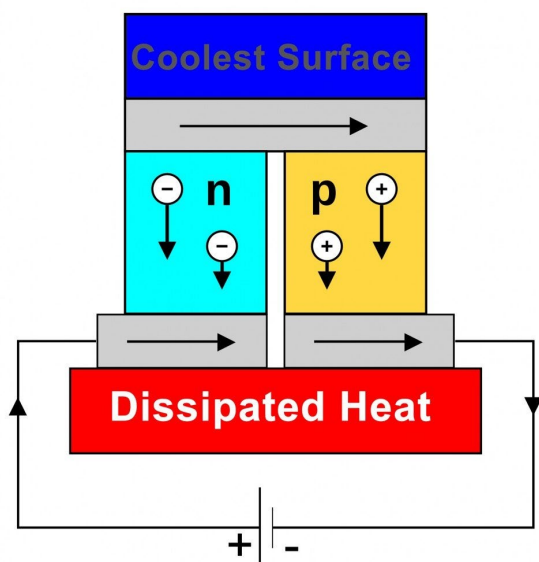
Seebeckov efekt opisuje kopičenje potencialne razlike, ki jo opisuje enačba $\Delta V = T_h - T_c$. To spremembo material občuti, ker je ena njegova stran hladna in druga topla. Električni naboji se premikajo od vroče do hladne strani, kar vodi k gradientu števila nosilcev naboja, ki je v ravnovesju uravnotežen s pomočjo notranjega električnega polja. Seebeckov koeficient α opisuje obseg tega učinka. Za majhne spremembe temperature lahko izračunamo koeficient z enačbo $S = -\frac{\Delta V}{\Delta T}$.



Slika 4: Seebeckov efekt

Na sliki je prikazan seebeckov učinek v thermopilu narejen iz železnih (Fe) in bakrenih (Cu) žic.

6.1.2 Peltierjev efekt



Slika 5: Peltierjev efekt

Peltierjev efekt je obratno od Seebeckovega; električni tok, ki teče skozi stičišče, ki povezuje dva materiala, bo na stičišču oddajal ali absorbiral toploto na enoto časa, da uravnoteži razliko v kemijskem potencialu obeh materialov.

Podobno kot Seebeckov koeficient je Peltierjev koeficient opredeljen kot koeficient toplotnega toka Q do električnega toka I , ki ga poda enačba $Q = \Pi I$. Π lahko izrazimo z $\Pi = \frac{Q}{I}$.

6.1.3 Thomsonove relacije

Leta 1854 je Lord Kelvin našel relacijo med vsemi tremi koeficienti, to je razlog da jih danes vse povezujemo pod pojmom termoelektrični efekt. Poznamo dve Thomsonovi relaciji:

1. Thomsonova relacija

$$K = \frac{d\Pi}{dT} - S$$

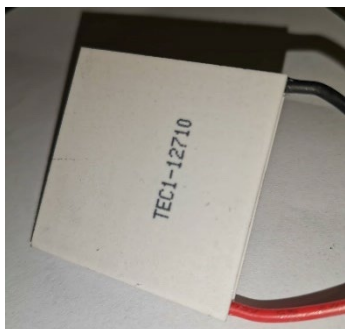
2. Thomsonova relacija

$$\Pi = TS$$

Vredno je omeniti, da druga relacija ne deluje, če na material iz katerega je narejen TEC deluje magnetno polje, zato je potrebno nekaj previdnosti.

Obe enačbi opisujeta povezavo med Seebeckovim in Peltierjevim efektom. Zato poznamo pojem Seebeck-Peltier učinek.

7 TERMoeLEKTRIČNI HLADILNIK



Namen termoelektričnega hladilnika (TEC-a, imenovan tudi »peltierjeva modula«) je hlajenje ali segrevanje, kar pa omogoča njegova lastnost termoelektričnega efekta. Za našo idejo hlajenja računalnika je tukaj pomembna njegova lastnost ohlajevanja.

Slika 6: TEC

7.1 Delovanje

Deluje na principu že opisanega Peltierjevega efekta, kar pa v praksi zgleda tako, da iz ene strani termoelementa na drugo prenaša toploto, ki jo nato izločimo s pomočjo heatsinka. To pomeni, da bo ena stran vedno hladna, druga pa vedno topla.

7.2 Uporaba

TEC se v praksi uporablja pri napravah, ki jih moraš konstanto hladiti npr. pri manjših hladilnikih. Naša ideja, da TEC uporabimo za hlajenje za procesorja, se torej karseda sklada s tem.

7.3 Prednosti

Zanesljivost

Vodni in zračni hladilniki so znani po tem, da se lahko zlomijo že po nekaj letih ali celo mesecih uporabe. TEC je znan po tem, da ga je težko zlomiti, tudi če ga namerno udariš ali vržeš.

Življenska doba

Življenska doba TEC-a lahko znaša do 24 let, kar pomeni, da ga lahko enkrat kupimo in uporabimo na več generacijah računalnikov.

Cena

V prosti prodaji TEC stane le okrog 2-5 EUR, heatsink (sl. hladilnik, vendar prevod ni dober) pa lahko dobiš že za 15 centov, če kupiš iz Kitajske, kjer to masovno proizvajajo. Najcenejši (moderni) zračni hladilniki za računalnik stanejo od cca. 10 eurov naprej, vodni pa še več, zato z njimi še ni smisla primerjati.

Velikost

TEC je velik le nekaj centimetrov, zato bi na matični plošči porabil veliko manj prostora, kot zračni ali tekoči hladilnik. Na slikah je primerjava izgleda TEC-a in povprečnega zračnega ter vodnega hladilnika. Vidimo da je TEC daleč najmanjši, saj meri le nekaj centimetrov v širino/dolžino in nekaj milimetrov v višino.



Slika 7: TEC velikost



Slika 8: Vodni hladilnik velikost



Slika 9: Zračni hladilnik velikost

7.4 Slabosti

Kondenzacija

Običajni TEC lahko med hladno in vročo stranjo ustvari temperaturno razliko do 70 ° C. To pomeni da je hladna stran veliko hladnejša od okolice, kar pa lahko povzroči kondenzacijo, ki škodi računalniškemu procesorju.



Slika 10: Kondenzacija

Slika prikazuje kondenzacijo CPE ob uporabi TEC-a , vendar pa tukaj temperatura ni bila dobro kontrolirana in je zato bila veliko prenizka, do -20 stopinj celzija.

Energijska poraba

Izgube električne energije, ki jih vstavi TEC, se pretvorijo neposredno v toplotno energijo in se prenesejo na njeno vročo stran. Zato se mora hladilnik spoprijeti s toplotno obremenitvijo sistema in izgubami energije v TEC, s čimer poveča zahteve glede velikosti in zmogljivosti. Brez natančnih meritev ne moremo vedeti kolikšna je energijska poraba, vendar lahko sklepamo, da porablja več energije kot konvencionalne metode hlajenja CPE.

8 HLAJENJE CPE S TERMOELEKTRIČNIM HLADILNIKOM

Predlagati želimo en način izdelave sistema termoelektričnega hlajenja za CPE.

8.1 Material

Za izdelavo potrebujemo TEC, heat sink in termalno pasto. V nadaljnjih podpoglavjih, je opisano, zakaj sta heat sink in termalna pasta pomembna za uspešno hlajenje.

8.1.1 Heat sink



Slika 11: Heat sink

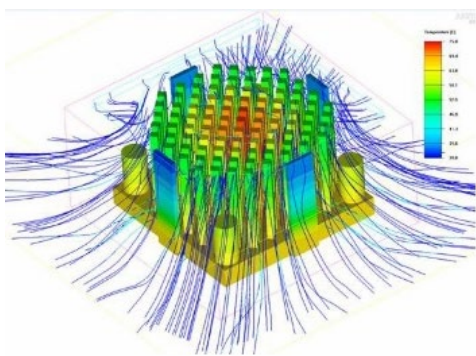
Heat sink (oz. sl. hladilnik) je pasiven izmenjevalnik toplote, ki prenaša toplotno energijo iz naprave z višjo temperaturo v tekočinski medij z nižjo temperaturo. Tekoči medij je pogosto zrak, lahko pa so tudi voda, hladilna sredstva ali olje.

Deluje po načelu hladilnega telesa, upoštevati moramo Fourierov zakon o prevodnosti toplote, ki pravi, da se bo toplota energije v telesu prenesla z območja višje temperature v območje

nižje temperature, po računu $j = -\lambda \frac{dT}{dx}$.

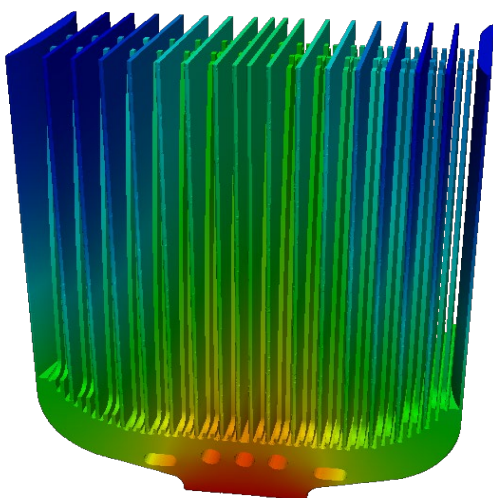
Potrebujemo ga, da nam omogoči učinkovitejše hlajenje TEC-a z njegovimi lastnostmi absorbiranja toplote in rasprševanja le te po celotni površini.

Pomembno je, da kupimo heat sink, katerega mere se skladajo z našim računalnikom in matično ploščo, ne sme biti prevelik ali premajhen (v tem primeru ne bo dovolj učinkovit).



Slika 11 prikazuje kako zračno hlajenje ohlaja heat sink. Toplota se po njem razprši.

Slika 12: Heat sink ohlajanje - zračno



Slika 12 prikazuje kako se heat sink segreva, ko ga pritrdimo na CPU; toplota prihaja od spodaj navzgor, med potjo pa se ohlaja.

Slika 13: Segrevanje Heat sinka

8.1.2 Termalna pasta



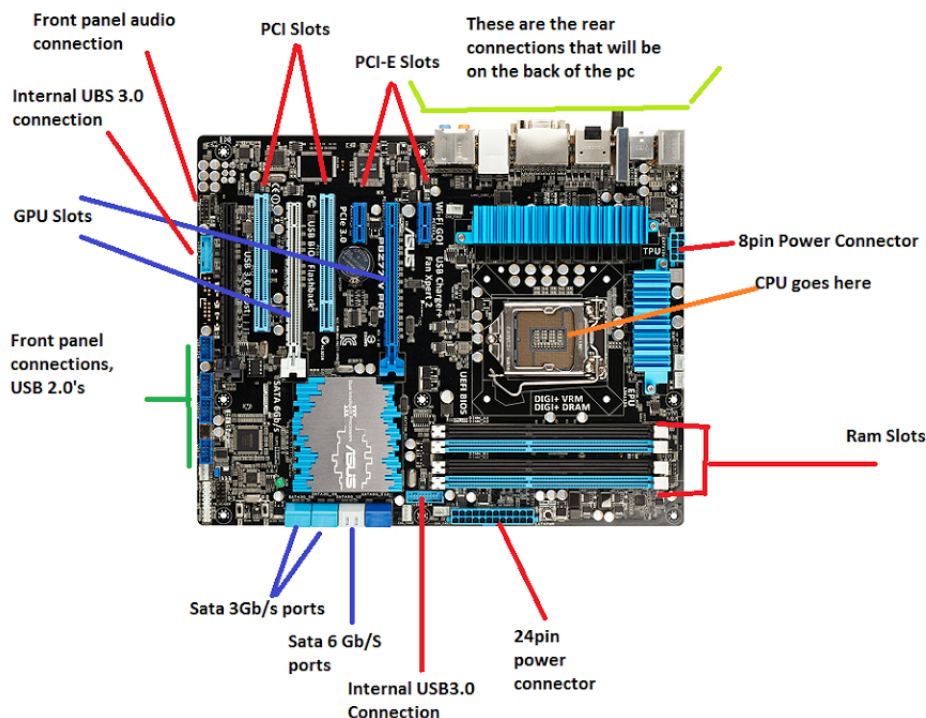
Slika 14: Termalna pasta

Termalna pasta je toplotno prevodna spojina, ki se uporablja kot vmesnik med toplotnimi odtoki in toplotnimi viri, kot so polprevodniške naprave z visoko močjo. Glavna vloga toplotne maščobe je odstranjevanje zračnih vrzeli z območja vmesnika, da se poveča prenos in odvajanje toplote.

Ta lastnost odstranjevanja zračnih vrzeli je ključna pri pravilni namestitvi TEC-a. V nasprotnem se toplota ne bi prenašala dovolj učinkovito in s tem TEC ne bi pravilno deloval.

8.2 Izvedba

Za namestitev TEC-a potrebujemo računalnik, ki ima na matični plošči primerne konektorje.

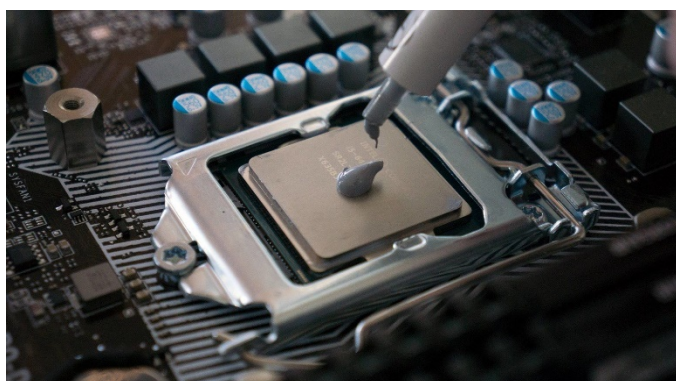


Slika 15: Matična plošča

Najpomembnejše na tej sliki za nas je CPE (ang. CPU), saj bomo na njega dali naš TEC hladilnik.

8.2.1 Namestitev TEC-a

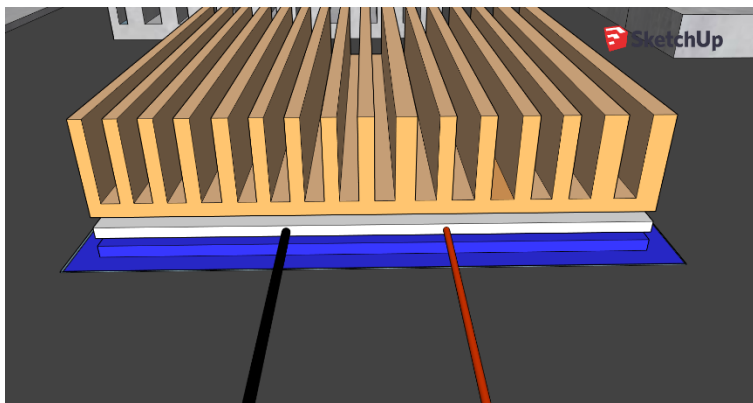
Na stran TEC-a ki se segreva, moramo dati termalno pasto. Ne nanesemo je veliko, približno toliko, kolikor kaže na sliki. Ni potrebno točno izmeriti, saj manjše razlike ne bi smele vplivati na hlajenje. TEC damo na procesor, pri tem pa moramo paziti, da je hladna stran TEC-a obrnjena navzdol. Kabli TEC-a morajo biti priključeni v konektorje na matični plošči.



Slika 16: Termalna pasta na CPE

8.2.2 Namestitev heat sinka

Heatsink namestimo na matično ploščo direktno nad procesorjem in TEC-om. Končni izdelek je skiciran na sliki.



Slika 16: Skica končnega produkta

9 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Raziskavo delamo ker želimo, da bi ljudje lahko imeli več alternativ za hlajenje računalniških procesorjev. Ljudem želimo predstaviti, da obstaja več načinov hlajenja in da ni vedno potrebno da kupujejo dražje in manj učinkovne procesorske hladilnike.

Na trgu dva tipa računalniških hladilnikov, vodni in zračni, prevladujeta pred vsemi alternativami. Menimo, da se tehnologija računalniških hladilnikov v zadnjih nekaj desetletjih razvija zelo počasi in želimo prispevati trgu tudi s svojimi idejami.

Termoelektrično hlajenje ni nevarno okolju ali ljudem, saj deluje na relativno preprostem principu prenašanja toplote, pri tem se ne proizvaja nič toksičnega. Deluje le z elektriko, zato ne škodi okolju. Problem je sicer lahko večja poraba električne energije, vendar pa brez nadaljnjih meritev ne moremo reči kakšna bi ta bila.

10 ZAKLJUČEK

Ugotovili smo, da bi bilo potrebno praktično preizkusiti delovanje termoelektričnega hlajenja pri procesorjih, saj na voljo ni dovolj informacij, iz katerih bi lahko razbrali, če se takšna vrsta hlajenja izplača. Hipotez na žalost nismo uspeli dokončno potrditi, lahko pa glede na znanje, ki smo ga dobili, predvidevamo, ali bi držale ali ne.

1. TEC hladi boljše kot zračno hlajenje a slabše kot vodno.

Vemo, da lahko s TEC-om dosežemo nižje temperature, kot pri vodnem ali zračnem hlajenju, ker pa nismo mogli testirati, ne vemo če lahko brez večjih problemov na tej temperaturi tudi zdrži dovolj časa. **Delno potrjena hipoteza.**

2. TEC porablja več električne energije kot zračno in vodno hlajenje.

Zaradi izkušenj drugih uporabnikov in delovanja termoelektričnega učinka, vemo da potrebuje več energije za svoje delovanje. **Potrjena hipoteza.**

3. TEC je cenovno ugoden v primerjavi z drugimi vrstami hlajenja CPE.

Stane manj kot vodno ali zračno hlajenje, porablja pa več energije, kar pomeni da bo naš električni račun višji. Brez meritev, ne vemo za koliko. **Delno potrjena hipoteza.**

4. TEC bo zavzel manj prostora v računalniku, kot vodno ali zračno hlajenje

Ker je TEC zelo majhen, le nekaj kvadratnih cm v širino in dolžino ter le nekaj mm v višino, lahko to potrdimo. **Potrjena hipoteza.**

5. TEC bo tišji, kot zračno hlajenje.

TEC ne proizvaja zvoka, konstantno vrtenje ventilatorjev pa povzroča zvok. **Potrjena hipoteza.**

6. Kondenzacija pri TEC-u je višja, kot pri drugih vrstah hlajenja.

Vemo, da je pri temperaturah pod 0 stopinj celzija kondenzacija velik problem, vendar pa nismo mogli zmeriti, kakšna je kondenzacija nad 0 stopinjami. **Delno potrjena hipoteza.**

11 VIRI IN LITERATURA

Freezer 7 PRO, ARCTIC (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov:

https://static.arctic.ac/media/wysiwyg/Products/Freezer_7PRO2/features/Freezer_7Pro_F02.jpg

TEC1-12703 30x30mm Thermoelectric Cooler 3A Peltier Module, Techtonics (elektronski vir).

dostopna na URL naslov: <https://techtonics.in/wp-content/uploads/2018/12/TEC1-12703-TEC-Thermoelectric-Cooler-Bag-Peltier.jpg>

Thermaltake Water 3.0 Riing Rgb 360 Mfshop, Mercadolibre (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov:

<https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-453435334-thermaltake-water-30-riing-rgb-360-mfshop- JM>

Water cooling, Wikipedija (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: https://en.wikipedia.org/wiki/Water_cooling

Computational Fluid Dynamics (CFD), Heatscape (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: <http://heatscape.com/computational-fluid-dynamics-cfd/>

CPU Heatsink w/ tapered fins, Simscale Heatscape (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov:

<https://www.simscale.com/api/v1/projects/cbyron/heatsink/87926192-9fd1-43ed-b3ff-8cb2e9f24d7b/screenshot/post-processor-screenshot.png>

GlacialTech announces Igloo FS125S 30W cold forged pin fin heatsink, Eco-Business (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: <https://www.eco-business.com/press-releases/glacialtech-announces-igloo-fs125s-30w-cold-forged-pin-fin-heatsink/>

DESIGN CONSIDERATIONS FOR THERMAL MANAGEMENT OF POWER SUPPLIES, CUI INC (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: <https://www.cui.com/catalog/resource/design-considerations-for-thermal-management-of-power-supplies.pdf>

Thermal, Boyd corporation (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov:

<https://www.cui.com/catalog/resource/design-considerations-for-thermal-management-of-power-supplies.pdf>

Heat Resistance Device Silicon Grease Filling of The Gap High Quality Thermal Grease Thermal Putty, Laimeisi (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov:

<https://laimeisi.en.made-in-china.com/product/nsgQXBzxXkVO/China-Heat-Resistance-Device-Silicon-Grease-Filling-of-The-Gap-High-Quality-Thermal-Grease-Thermal-Putty.html>

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wikipedia (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov:

https://en.wikipedia.org/wiki/Ullmann%27s_Encyclopedia_of_Industrial_Chemistry

Thermal Interface Materials for Power Electronics Applications, Nrel (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/42972.pdf>

EVGA SuperNOVA P2 1600 PSU Review, Kitguru (elektronski vir).

Dostop na URL naslov: <https://www.kitguru.net/components/power-supplies/zardon/%EF%BB%BFevga-supernova-p2-1600-supply-review/4/>

Apple didn't revolutionize power supplies, Righto (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: <http://www.righto.com/2012/02/apple-didnt-revolutionize-power.html>

How Much Power Can a Generic 500 W Power Supply Really Deliver?, Hardware secrets (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov:

<http://web.archive.org/web/20080511164749/http://www.hardwaresecrets.com/article/534>

Custom Heatsink Extruded Aluminum Heat Sink Profile for led, Alibaba (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: https://www.alibaba.com/product-detail/Custom-Heatsink-Extruded-Aluminum-Heat-Sink_60722089050.html

The pros and cons of thermoelectric cooling units, SAN DA (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: <http://www.sandaenvicool.com/news/show-222.html>

TEC1-12710 Datasheet(HTML) - List of Unclassified Manufacturers, alldatasheet (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/227420/ETC2/TEC1-12710/99/1/TEC1-12710.html>

Portable 12V Thermoelectric Coolers - Pros and Cons, ARK innovation, not imitation(elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: <https://www.arkportablepower.com/blogs/news/17637696-portable-12v-thermoelectric-coolers-pros-and-cons>

Thermoelectric effect, wikipedia (elektronski vir).

Dostopna na URL naslov: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect

The Peltier Effect and Thermoelectric Cooling, ffdn (elektronski vir)

Dostopna na URL naslov: http://ffden-2.phys.uaf.edu/212_spring2007.web.dir/sedona_price/phys_212_webproj_peltier.html

Thermoelectrics, science direct (elektronski vir). Dostopna na URL naslov:
<https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/thermoelectrics>

Peltier Effect, science direct (elektronski vir). Dostopna na URL naslov:
<https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/peltier-effect>

Water Cooling PC with Peltier (TEC) (elektronski vir).
Dostopna na URL naslov: <https://www.youtube.com/watch?v=1EWJf0VIFkk>

Using a Peltier device as a cpu cooler, element14 (elektronski vir).
Dostopna na URL naslov:
<https://www.element14.com/community/thread/60303/using-a-peltier-device-as-a-cpu-cooler?displayFullThread=true>

I'LL BE DAMNED... Someone Made A *NEW* Kind of CPU COOLER?! , youtube
(elektronski vir).
Dostopna na URL naslov:
https://www.youtube.com/watch?v=rTyewNrvfOE&feature=emb_title

What Are The Seebeck Effect And The Peltier Effect?, Science ABC (elektronski vir).
Dostopna na URL naslov: <https://www.scienceabc.com/pure-sciences/what-are-the-seebeck-effect-and-peltier-effect.html>

TT 09263 Thermaltake Floe Riing RGB 240 TT water cooling, reichelt (elektronski vir).
Dostopna na URL naslov: <https://www.reichelt.com/de/en/thermaltake-floe-riing-rgb-240-tt-water-cooling-tt-09263-p244479.html>