

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Тернопільський національний економічний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії

**Малінський Денис Михайлович**

**Програмно-апаратний засіб контролю температури  
основних компонентів персонального комп'ютера /  
Temperature control software and hardware of personal  
computer main components**

напрямок підготовки: 6.050102 - Комп'ютерна інженерія  
фахове спрямування - Комп'ютерні системи та мережі  
Бакалаврська робота

Виконав студент групи КСМз-41/2  
Д.М. Малінський

Науковий керівник:  
Дубчак Л.О.

Тернопіль - 2018

## РЕЗЮМЕ

Дипломний проект містить 59 сторінок пояснюючої записки, 10 рисунків, 8 таблиць, 2 додатки. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою дипломної роботи є розробка програмно-апаратного засобу контролю температури основних компонентів персонального комп'ютера.

Методи досліджень – аналіз.

Середовище проектування – Microsoft Office.

В даній дипломній роботі розроблено та представлено програмно-апаратний засіб контролю температури основних компонентів персонального комп'ютера.

У дипломній роботі подано основну характеристику сучасних систем діагностування температурних режимів ПК, виділено сучасні засоби контролю температури та визначено постановку задачі. Обґрунтовано доцільність та описано програмно-апаратний засіб контролю температури. Здійснено верифікацію проекту.

Ключові слова: ТЕМПЕРАТУРА, КОМПОНЕНТИ ПК, ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ЗАСІБ, САПР, MICROSOFT.

## RESUME

Diploma project contains 59 pages of explaining message, 10 pictures, 8 tables, 2 additions. Volume of graphic material 2 leaves of format A3.

The purpose of the thesis is to develop a software and hardware control of the temperature of the main components of the personal computer.

Research Methods – analysis.

Environment design – Microsoft.

In this thesis the software and hardware control of the temperature control of the personal computer main components had been developed and presented.

In the thesis the basic characteristic of modern systems of diagnostics of the PC temperature regimes are given, modern means of temperature control are highlighted and the main tasks are determined. The expediency and the hardware and software temperature control are described. Verification of the project has been carried out.

Key words: TEMPERATURE, COMPONENTS OF PC, SOFTWARE, CAD, MICROSOFT.

# ЗМІСТ

|                   |            |                 |               |             |   |             |              |                |
|-------------------|------------|-----------------|---------------|-------------|---|-------------|--------------|----------------|
|                   |            |                 |               |             | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ   |             |              |                |
| <i>Зм.</i>        | <i>Арк</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ЗАСІБ<br>КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ<br>ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ<br>ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Розробила</i>  |            | Малінський Д.М. |               |             |   |             |              |                |
| <i>Перевірила</i> |            | Дубчак Л.О.     |               |             |   |             |              |                |
| <i>Консульт.</i>  |            | Паздрій І.Р.    |               |             |   |             |              |                |
| <i>Н. Контр.</i>  |            | Гураль І.В.     |               |             |   |             |              |                |
| <i>Затв.</i>      |            | Березький О.М.  |               |             | ТНЕУ.ФКІТ.КСМзкп-41   |             |              |                |

## ВСТУП

Останнім часом гонка продуктивності персональних комп'ютерів (ПК) піднялася на новий рівень. Зростають тактові частоти, обчислювальні потужності, перехід на багатоядерну архітектуру і впровадження архітектури x64 покликане підняти продуктивність ПК на новий рівень. Але при збільшенні тактових частот відповідно збільшується тепловиділення електронних компонентів.

Так як в електронних схемах працездатність забезпечується при вузькому діапазоні температур, то збільшення тепловиділення не може відбуватися нескінченно. Для вирішення цієї проблеми можна піти декількома шляхами: по-перше, впровадження нових процесорних архітектур, технологічних процесів дозволяє знизити тепловиділення, але при появі старших процесорів сімейства ця перевага втрачається.

Існує другий шлях - вдосконалити системи охолодження процесорів. Саме в цьому напрямку зараз йде більшість виробників процесорів. За останні кілька років еволюція систем охолодження пройшла шлях від радіаторів, якими задовольнялися процесори Intel 80486, до сучасних систем охолодження на основі теплових трубок.

Для дослідження динаміки зміни таких параметрів ПК, як температурні режими, необхідно проаналізувати конфігурації системного блоку з метою визначення доцільності зміни конфігурації і умов функціонування для оптимізації температурних режимів, враховуючи витрати на проведення змін та очікуваний ефект.

Дослідження, проведене компанією Gartner, показало, що на долю недотримання температурних режимів припадає 13% відмов ПК [28].

Наприклад, виробники програмного забезпечення контролю стану

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 9    |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

жорстких дисків зазначають, що робоча температура жорсткого диску має бути не більше 35 - 40°C [30]. Підвищення температури лише на 5 - 10°C веде до зниження його надійності більш, ніж у 2 рази, що може спричинити втрату даних [9]. Як зазначається у роботі [9], підвищення температури жорсткого диску прямо пропорційне до кількості помилок жорсткого диску. Зростання температури жорсткого диску на 5°C від оптимальної призводить до зростання кількості помилок жорсткого диску на 10-15%. Функціонування жорсткого диску при високих температурах на протязі 30-60 днів призводить до механічної деформації рухомих частин жорсткого диску, що є причиною виходу його з ладу.

Забезпечуючи режими функціонування компонентів на апаратному рівні, можна знизити ймовірність виникнення таких відмов і тим самим підвищити ефективність та надійність комп'ютерних систем.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 10   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

# 1 СУЧАСНИЙ СТАН КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ПК

## 1.1 Архітектура персонального комп'ютера

Персональні комп'ютери є пристроями універсального застосування і можуть використовуватися як у якості професійного, так і в якості домашнього ПК.

Конфігурацію ПК можна змінювати в міру необхідності. Але, існує поняття базової конфігурації, яку можна вважати типовою: системний блок; монітор; клавіатура; мишка.

Системний блок - основна складова, всередині якої містяться найважливіші компоненти. Пристрої, що знаходяться всередині системного блока називають внутрішніми, а пристрої, що під'єднуються ззовні, називають зовнішніми. Зовнішні додаткові пристрої, що призначені для вводу та виводу інформації називаються периферійними. За зовнішнім виглядом, системні блоки відрізняються формою корпусу, який може бути горизонтального або вертикального виконання, та розмірами Корпуси персональних комп'ютерів мають різні конструкторські особливості та додаткові елементи (елементи блокування несанкціонованого доступу, засоби контролю внутрішньої температури, шторки від пилу).

Корпуси поставляються разом із блоком живлення. Потужність блоку живлення є одним із параметрів корпусу. Для масових моделей достатньою є потужність 200-250 Вт.

Основними вузлами системного блоку (рисунок 1.1) є:

- електричні плати, що керують роботою комп'ютера (материнська плата, мікропроцесор, оперативна пам'ять, відеокарта);
- накопичувач на жорсткому диску (вінчестер);
- накопичувачі (дисководи) для інших типів дисків.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 11   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

Материнська плата – це найважливіша частина комп'ютера, котра містить основні електричні компоненти машини. За допомогою материнської плати відбувається взаємодія між більшістю пристроїв. На ній розташовані:

- процесор - основна мікросхема, що виконує математичні та логічні операції;
- чіпсет (мікропроцесорний комплект) - набір мікросхем, що керують роботою внутрішніх пристроїв ПК і визначають основні функціональні можливості материнської плати;
- шини - набір провідників, по яких відбувається обмін сигналами між внутрішніми пристроями комп'ютера;
- оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) - набір мікросхем, що призначені для тимчасового зберігання даних, поки включений комп'ютер;
- постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) - мікросхема, призначена для довготривалого зберігання даних, навіть при вимкненому комп'ютері;
- роз'єми для під'єднання додаткових пристроїв (слоти).

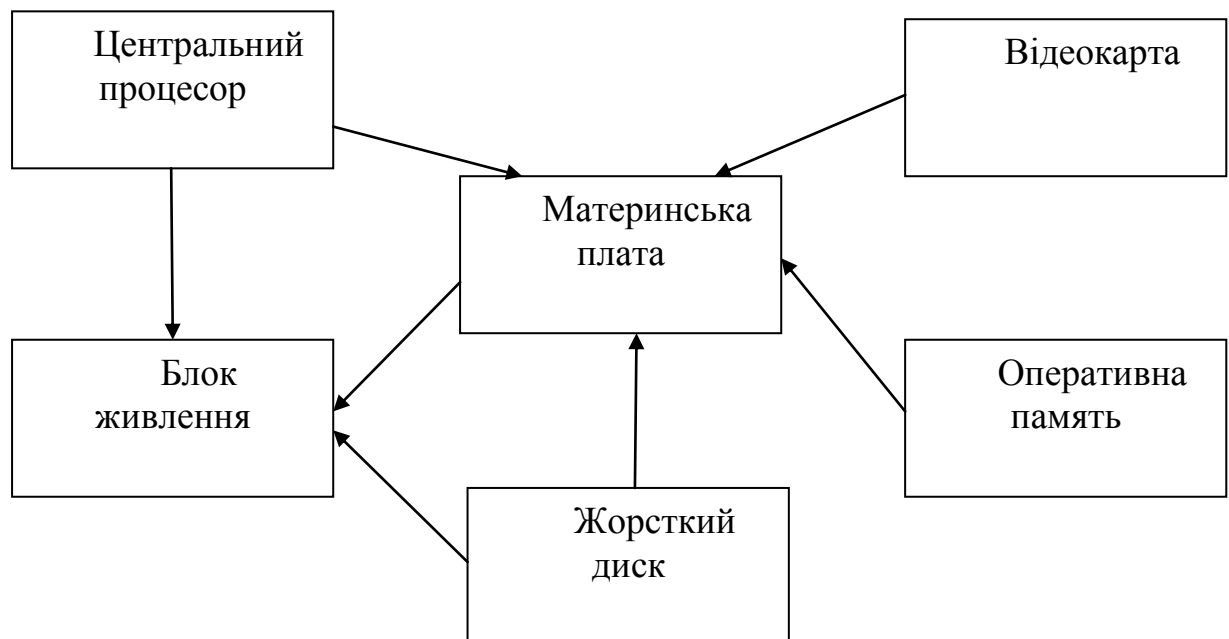


Рисунок 1.1 - Основні вузли ПК



Всі основні електронні схеми комп'ютера і необхідні додаткові пристрої включаються в материнську плату, або підключаються до неї за допомогою слотів розширення. Найважливішою частиною материнської плати є чіпсет, який складається, як правило, з двох частин — північного і південного моста. Зазвичай північний і південний міст розташовані на окремих мікросхемах. Саме вони визначають, в значній мірі, особливості материнської плати і те, які пристрої можуть підключатися до неї.

Сучасна материнська плата ПК, як правило, включає чіпсет, що здійснює взаємодію центрального процесора з ОЗП і основною оперативною пам'яттю, з портами вводу/виводу, із слотами розширення PCI Express, PCI, а також, зазвичай, з USB, SATA і IDE/ATA. Більшість пристроїв, які можуть приєднуватися до материнської плати, роблять це за допомогою одного або декількох слотів розширення або сокетів, а деякі сучасні материнські плати підтримують бездротові пристрої, що використовують протоколи IrDA, Bluetooth, або 802.11 (Wi-Fi).

На кожній системній платі в обов'язковому порядку є спеціальна мікросхема пам'яті, найчастіше встановлена в спеціальну панельку; втім, окремі виробники, з метою економії впаюють її в плату. Мікросхема містить прошивку BIOS та батарею, яка забезпечує живлення при зникненні зовнішньої напруги. Таким чином, за допомогою всіх цих слотів і роз'ємів, а також додаткових контролерів, системна плата об'єднує всі пристрої, що входять до складу комп'ютера, в єдину систему.

Процесор - головна мікросхема комп'ютера. Він дозволяє виконувати програмний код, що знаходиться у пам'яті і керує роботою всіх пристроїв комп'ютера. Швидкість його роботи визначає швидкодію комп'ютера. Конструктивно, процесор - це кристал кремнію дуже маленьких розмірів. Процесор має спеціальні комірки, які називаються регістрами. Саме в цих регістрах містяться команди, які виконуються процесором, а також дані, якими

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 13   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

оперують ці команди. Робота процесора полягає у вибиранні з пам'яті у певній послідовності команд та даних і виконанні їх. На цьому і базується виконання програм. У ПК обов'язково має бути присутній центральний процесор, який виконує всі основні операції. Часто ПК оснащений додатковими співпроцесорами, орієнтованими на ефективне виконання специфічних функцій, такими як, математичний співпроцесор для обробки числових даних у форматі з плаваючою точкою, графічний співпроцесор для обробки графічних зображень, співпроцесор введення/виведення для виконання операції взаємодії з периферійними пристроями.

З іншими пристроями, і в першу чергу з оперативною пам'яттю, процесор зв'язаний групами провідників, які називаються шинами. Основних шин три: шина даних, адресна шина, командна шина.

Основними характеристиками різних типів і пристроїв пам'яті є їхні обсяг і швидкодія.

Внутрішня пам'ять складається з оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП), або оперативної пам'яті (ОП), і енергонезалежної пам'яті CMOS.

ОЗП — швидка напівпровідникова енергозалежна пам'ять. В ОЗП зберігаються програма, що виконується в даний момент, і дані, з якими вона безпосередньо працює. ОЗП — це пам'ять, яку використовують як для читання, так і для запису інформації. У разі відключення електроживлення інформація в ОЗП зникає (енергозалежність). Цією назвою підкреслюється той факт, що процесор може звертатися до комірок пам'яті в довільному порядку, при цьому час читання/запису інформації для всіх комірок є однаковим (він вимірюється мікросекундами). Часто для оперативної пам'яті використовують позначення RAM (Random Access Memory, тобто пам'ять з довільним доступом).

Робота таких стандартних пристроїв, як клавіатура, може обслуговуватися програмами BIOS, але такими засобами неможливо

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 14   |

забезпечити роботу з усіма можливими пристроями (у зв'язку з їх величезною різноманітністю та наявністю великої кількості різних параметрів). Але для своєї роботи програми BIOS вимагають всю інформацію про поточну конфігурацію системи. З очевидних причин цю інформацію не можна зберігати ні в оперативній пам'яті, ні в постійній.

Спеціально для цих цілей на материнській платі є мікросхема енергонезалежної пам'яті, яка по технології виготовлення називається CMOS. Від оперативної пам'яті вона відрізняється тим, що її вміст не зникає при вимкненні комп'ютера, а від постійної пам'яті вона відрізняється тим, що дані можна заносити туди і змінювати самостійно, у відповідності з тим, яке обладнання входить до складу системи. Мікросхема пам'яті CMOS постійно живиться від невеликої батарейки, що розташована на материнській платі. У цій пам'яті зберігаються дані про гнучкі та жорсткі диски, процесори і т.д. Той факт, що комп'ютер чітко відслідковує дату і час, також пов'язаний з тим, що ця інформація постійно зберігається (і обновлюється) у пам'яті CMOS. Таким чином, програми BIOS зчитують дані про склад комп'ютерної системи з мікросхеми CMOS, після чого вони можуть здійснювати звертання до жорсткого диска та інших пристроїв.

Перевагами ж напівпровідникової пам'яті перед її заміниками є: мала потужність, що розсіюється; висока швидкодія; компактність.

Ці переваги набагато перекривають недоліки напівпровідникової пам'яті, що роблять її незамінною в ОЗП сучасних комп'ютерів.

Напівпровідникова оперативна пам'ять у даний час поділяється на статичний ОЗП (SRAM) і динамічний ОЗП (DRAM).

Жорсткий диск (англ. Hard Disk Drive, англ. HDD) або «вінчестер» — постійний запам'ятовувальний пристрій ЕОМ, який на відміну від оперативної пам'яті, продовжує зберігати дані після вимикання струму.

Накопичувач на жорсткому диску відноситься до найбільш досконалих і складних пристроїв сучасного персонального комп'ютера. Його диски здатні

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 15   |

вмістити багато інформації, що передається з величезною швидкістю.

Швидкість обертання пластин (у деяких моделей вона доходить до 15000 обертів за хвилину) постійна і є однією з основних характеристик. Головка переміщається уздовж пластини на деякій фіксованій відстані від поверхні. Чим менша ця відстань, тим більша точність зчитування інформації, і тим більшою може бути щільність запису інформації.

Поглянувши на накопичувач на жорсткому диску, видно тільки міцний металевий корпус. Він повністю герметичний і захищає дисковод від часточок пилю, які при попаданні у вузький зазор між головкою і поверхнею диска можуть пошкодити чутливий магнітний шар і вивести диск із ладу. Крім того, корпус екранує накопичувач від електромагнітних перешкод. У середині корпусу знаходяться всі механізми і деякі електронні вузли. Механізми - це самі диски, на яких зберігається інформація, головки, які записують і зчитують інформацію з дисків, а також двигуни, що призводять все це в рух. Диск являє собою круглу пластину з дуже рівною поверхнею частіше з алюмінію, рідше - з кераміки або скла, покриту тонким феромагнітним шаром.

Кількість дисків може бути різним - від одного до п'яти, кількість робочих поверхонь, відповідно, вдвічі більше (по дві на кожному диску). Останнє (як і матеріал, використаний для магнітного покриття) визначає місткість жорсткого диска.

Пакет дисків, змонтований на осі-шпинделі, приводиться в рух спеціальним двигуном, компактно розташованим під ним. Швидкість обертання дисків, як правило, становить 7200 об./хв. Для того, щоб скоротити час виходу накопичувача в робочий стан, двигун при включенні деякий час працює у форсованому режимі. Тому джерело живлення комп'ютера повинно мати запас по піковій потужності.

Розвиток інтерфейсів вінчестерів йшло двома паралельними шляхами: дешевим і дорогим. Дороге рішення полягало у створенні на платі самого вінчестера окремого інтелектуального контролера, який би брав на себе

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 16   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

значну частину роботи по взаємодії з вінчестером. Результатом цього підходу з'явився інтерфейс SCSI, який швидко завоював популярність на ринку серверів. Одним з переваг цього підходу була можливість підключення до комп'ютера значного для того часу кількості пристроїв, що вимагають для своєї роботи широкого каналу передачі даних.

Результатом втілення в життя цього підходу з'явився широко поширений інтерфейс IDE. Цей інтерфейс був порівняно дешевий і, хоча не був продуктивним, повністю витіснив інші інтерфейси з ринку дешевих і недорогих систем. Він поступово розвивався, і з часом з'явилися стандарти UDMA, істотно прискорюють роботу вінчестерів, інтерфейси IDE стали більш інтелектуальними. А так як продуктивність процесорів зростала швидше продуктивності вінчестерів, то обмеження інтерфейсу IDE відігравали все меншу роль. Тому сьогодні є два типи вінчестерів: високопродуктивні SCSI і для "звичайних потреб" - IDE. Принципових відмінностей вінчестерів SCSI і IDE немає, але історично склалося, що SCSI розрахований на сегмент дорогих серверних рішень, тому в середньому вони швидші і, як наслідок, суттєво дорожчі. Пропускна швидкість SCSI значно вища IDE, 160 Мб/с, а IDE працює зі швидкістю 33,66 і 100 Мб/с. Відповідні стандарти називаються ATA/33, ATA/66 і ATA/100.

Говорячи про інтерфейси для підключення вінчестерів, варто згадати і про переносні вінчестери. В даний час існує декілька рішень для підключення зовнішніх пристроїв. По-перше, є вінчестери, що підключаються до USB-порту. Вони використовуються, в основному, для обміну даними з цифровими камерами та іншими мобільними пристроями. Через невисоку пропускну здатність цієї шини подібні диски, звичайно, не зможуть зрівнятися в продуктивності з внутрішніми пристроями. Все більшого поширення набуває новий інтерфейс IEEE1394, який може використовуватися не тільки для підключення жорстких дисків, а й інших пристроїв, що працюють з великими масивами даних, наприклад, відеокамер. Контролери цього інтерфейсу іноді

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 17   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

навіть вбудовуються в материнські плати. Його продуктивності вистачає, наприклад, для програвання відео високої якості - заявлена пропускна здатність інтерфейсу досягає 50 Мб/с.

Комп'ютерний блок живлення — (вторинне джерело живлення), призначений для забезпечення вузлів комп'ютера електричною енергією постійного струму. У його завдання входить перетворення мережевої напруги до заданих значень напруги живлення, її стабілізація і захист від незначних завад з боку електричних мереж живлення. Також, будучи забезпечений вентилятором, він бере участь в охолодженні системного блоку.

Основним параметром комп'ютерного блоку живлення є максимальна потужність, що споживається з мережі. Існують блоки живлення із заявленої виробником потужністю від 50 до 1600 Вт.

Комп'ютерний блок живлення для платформи РС забезпечує вихідні напруги  $\pm 5$ ,  $\pm 12$ ,  $+3,3$  В. У більшості випадків використовується імпульсний блок живлення. Хоча абсолютна більшість мікросхем використовує напругу до 5В, введення лінії 12 В дає можливість віддавати більшу потужність при тому ж струмі, який потрібен для живлення приводів твердих дисків, оптичних приводів, вентиляторів, а останнім часом і системних плат, процесорів, відеоадаптерів, звукових карт.

## 1.2 Причини підвищення температури компонентів ПК

Нагрівання кристалу інтегральної схеми (ІС) у процесі її функціонування - очевидний і неминучий процес. Протікання струму в провіднику (напівпровіднику) обов'язково супроводжується виділенням у ньому теплової енергії, і оскільки сам провідник (напівпровідник) має цілком кінцеву теплопровідність, його температура виявляється вище температури

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 18   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

навколишнього середовища.

При проходженні електричного струму через контакт двох провідників, виготовлених з різних матеріалів, крім традиційного джоулевого тепла, виділяється або поглинається (залежно від напрямку струму) додаткове тепло. Кількість виділеної або поглинутої теплоти пропорційна силі струму. Це явище було названо явищем Пельтьє, а додаткове тепло отримало назву тепла Пельтьє. Ступінь прояву даного ефекту в значній мірі залежить від матеріалів обраних провідників і використовуваних електричних режимів.

Класична теорія пояснює явище Пельтьє тим, що електрони, які переносяться струмом з одного металу в інший, прискорюються або сповільнюються під дією внутрішньої контактної різниці потенціалів між металами. У першому випадку кінетична енергія електронів збільшується і виділяється у вигляді тепла. У другому випадку кінетична енергія електронів зменшується, і цей спад енергії поповнюється за рахунок теплових коливань атомів другого провідника, в результаті чого відбувається охолодження. Більш повна теорія враховує зміну не потенційної енергії при перенесенні електрона з одного металу в інший, а повної енергії. Ефект Пельтьє, як і інші термоелектричні явища, особливо сильно виражений в колах, складених з напівпровідників з електронною (n-тип) і дірковою провідністю (p-тип). Розглянемо термоелектричні процеси, що відбуваються при контакті таких напівпровідників. Припустимо, напрям електричного поля такий, що електрони в електронному і дірки в дірковому напівпровіднику будуть рухатися назустріч один одному. Електрон з вільної зони напівпровідника n-типу після проходження через кордон розділу потрапляє в заповнену зону напівпровідника p-типу і там рекомбінує з діркою. У результаті рекомбінації вивільняється енергія, яка виділяється в контакті у вигляді тепла.

При зміні напрямку електричного поля на протилежний електрони і дірки в напівпровідниках відповідного типу будуть рухатися в протилежні сторони. Дірки, що йдуть від кордону розділу, будуть поповнюватися в результаті

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 19   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

утворення нових пар при переходах електронів із заповненої зони напівпровідника р-типу у вільну. На утворення таких пар потрібна енергія, яка постачається тепловими коливаннями атомів решітки. Електрони і дірки, що утворюються при народженні таких пар, захоплюються електричним полем в протилежні сторони. Тому, поки через контакт йде струм, безперервно відбувається народження нових пар, і в результаті в контакті поглинається тепло.

В принципі, дуже високі (або навпаки, екстремально низькі) температури були б зовсім не страшні, якби не чітка залежність правильної і транзисторів ІС і структури їх з'єднань від температурних умов. У результаті робочий температурний діапазон для "середньостатистичної" ІС виходить досить вузьким - як правило, від -40 до 125 ° С .

Корпус мікросхеми та різні внутрішні захисні чи ізолюючі шари, які, як правило, мають меншу теплопровідність, ніж провідникові або напівпровідникові матеріали, ще більше погіршують ситуацію, утруднюючи тепловідвід від кристала ІС та істотно збільшуючи його температуру.

Обмеження знизу є наслідком різниці коефіцієнтів теплового розширення кремнієвої підкладки, ізолюючих / захисних шарів, шарів металізації і т.п. При низьких температурах виникають внутрішні механічні напруги - термомеханічний стрес, що впливає на електрофізичні властивості ІС і може призвести навіть до фізичного руйнування кристала.

Обмеження зверху обумовлено погіршенням частотних і електричних властивостей транзисторів (зменшення струму, зниження порогової напруги тощо), а також можливістю виникнення незворотних пробійних явищ в обернено-зміщених р-п переходах.

Для сучасних процесорів (зокрема, Athlon XP і Pentium 4), що відрізняються набагато тоншою мікроструктурою і більш комплексними корпусами, ніж "середньостатистична" КМОП ІС, діапазон робочих температур виявляється ще строгішим - зазвичай від 0 до 100°С . Якщо процесор може

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 20   |



більш-менш нормально функціонувати при температурі 100°C , то до чого тоді всі ці моніторинги і термоконтроль, адже його температура рідко дотягує до 90 - 95°C навіть з дуже слабкою системою охолодження. Насправді, нормальна працездатність при високих температурах вельми ілюзорна, оскільки в глибинах процесора мають місце не тільки чисто електричні явища, але і величезна кількість електрохімічних процесів і реакцій, які є за своєю суттю термоактиваційною (їх швидкість виключно сильно залежить від температури). З плином часу вони принципово можуть не тільки ускладнити коректне функціонування процесора, але і навіть привести до його повної відмови, хоча робочі температури при цьому можуть перебувати в цілком безпечних межах, якщо дивитися з чисто електричної точки зору.

Не можна сказати, що поголовно всі ці явища чинять згубний вплив на життєдіяльність процесора - навпаки, деякі з них можуть навіть поліпшити електричні й частотні властивості транзисторів. Але все-таки велика частина термоактиваційних процесів їм на користь явно не йде. Найбільш "впливові" щодо свого шкідливого впливу дві групи таких процесів.

Перша - електрохімічне руйнування металізації (електроміграція). Під впливом електричного поля й підвищеної температури атоми металу зриваються зі своїх місць і мігрують у прилеглі області. З плином часу товщина провідника може значно зменшитися (з різким збільшенням активного опору на цій ділянці), так що навіть при відносно малому струмі в умовах локального перегріву цілком ймовірний обрив (вигорання) ділянки доріжки і наступний за ним вихід з ладу групи транзисторів, функціонального вузла і всього ПК в цілому.

Незважаючи на те, що 0,18-ти мікрометрова технологія виробництва процесорів Pentium 4 і Athlon XP закладає досить непоганий імунітет до електроміграції і робить цей процес практично рівноважним, забезпечуючи сприятливі умови для зворотної дифузії, вже при температурах 75 - 85°C і вище рівновага порушується з усіма наслідками, що випливають звідси.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 21   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

Друга група явищ - деградація оксиду. Технологічно неможливо забезпечити ідеальну чистоту плівки двоокису кремнію, що використовується в якості діелектрика під затвором транзисторів. У ній завжди присутні домішки (зазвичай донорного типу), які зосереджуються поблизу внутрішньої поверхні плівки (на межі розділу між діелектриком і кремнієм). Іони домішок сприяють утворенню побічних інверсних або збагачених шарів (паразитних каналів) в поверхні напівпровідника під діелектриком, які впливають на зворотний струм р-р-n переходів і величину пробивної напруги.

Під впливом поля (в 0,18 мкм транзисторах напруженість поля досягає 106 В/см) і градієнтів температури відбувається дрейф і дифузія іонів в діелектрику, що приводить до зміни властивостей самого діелектрика та суттєвих змін електропровідності і протяжності паразитних каналів в напівпровіднику, тобто до порушення нормального функціонування транзистора за рахунок значних флуктуацій струму, а в найгіршому випадку - до пробію діелектрика або р-n переходу струму навіть при відносно низьких температурах. Ситуація ще більш ускладнюється через чималу кількість додаткових іонів, які мігрують в окисел з інших областей транзистора, причому, знову ж таки, це відбувається під впливом високої температури.

Залежно від сфери застосування ПК, їх складові частини перебувають під впливом окремих факторів або сукупності впливових факторів. Ці фактори по-різному впливають на термостійкість та працездатність компонентів ПК. Можливі пошкодження та відмови компонентів ПК від впливу кліматичних факторів подано у таблиці 1.1.

У більшості випадків користувачеві рекомендується в першу чергу перевіряти ті параметри комп'ютера, які максимально залежать від апаратного забезпечення і умов його експлуатації. Це температура центрального процесора, материнської плати, відеоплати, жорсткого диска, модулів пам'яті, напруги живлення цих же компонентів та ін.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 22   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

Таблиця 1.1 – Вплив факторів на термостійкість та працездатність ПК

| Фактор впливу                | Можливі результати  |
|------------------------------|---|
| Підвищення температури       | Нестабільність електричних параметрів; виникнення теплового пробую <i>p-n</i> переходів; втрата герметичності корпусу; зміна механічних характеристик   |
| Підвищення вологості повітря | Нестабільність електричних параметрів; обриви та короткі замикання металізації інтегральних мікросхем; порушення провідності плівкових резисторів; корозія виводів корпусів, внутрішніх провідних зєднань; порушення лакофарбового покриття |
| Зниження температури         | Деградація електричних параметрів; обриви та короткі замикання; зміна механічних характеристик; втрата герметичності; корозія провідних зєднань і металізації   |
| Зниження атмосферного тиску  | Погіршення умов теплообміну; теплові пробой; поява дуги повзучого розряду; руйнування захисного покриття; пошкодження герметизації  |
| Пліснявий грибок             | Корозія виводів, корпусу; втрата герметичності корпусу; відлущування лакофарбового покриття; погіршення електричних параметрів  |
| Морська сіль у атмосфері     | Нестабільність та деградація електричних параметрів   |

Кожен компонент ПК має свої причини підвищення температурного режиму, що пов'язано з особливістю його внутрішньої структури та умов

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 23   |

експлуатації, а саме [7]:

- підвищення робочих частот і коефіцієнтів множення;
- відсутність охолоджуючого радіатора;
- відсутність охолоджуючого кулера;
- недостатнє охолодження повітряними потоками;
- надлишковий пил на поверхні компонентів ПК;
- недостатня кількість термопасти у місцях кріплення радіаторів і кулерів до поверхні компонентів ПК;
- неякісне закріплення радіаторів і кулерів до поверхні компонентів ПК;
- тепловий взаємовплив компонентів ПК;
- навантаження протягом тривалого часу.

Класифікуємо причини підвищення температур на категорії [7]:

1) штучні причини. До цієї категорії будемо відносити причини, створені користувачем з метою збільшення продуктивності компонентів ПК (підвищення робочих частот, збільшення коефіцієнтів множення) або зниження рівня шуму, який створюють кулери (зниження обертів кулера);

2) причини недостатнього охолодження: низькі оберти кулера, відсутність охолоджуючого радіатора, відсутність охолоджуючого кулера, недостатня потужність кулера, недостатнє охолодження повітряними потоками;

3) причини неякісної теплопередачі (надлишковий пил, неякісне закріплення, недостатня кількість термопасти);

4) причини, обумовлені взаємним тепловим впливом компонентів ПК;

5) причини, обумовлені тривалим навантаженням на компоненти ПК.

У насиченому сучасними компонентами комп'ютері іноді спостерігається своєрідний ефект доміно, пов'язаний з лавиноподібним наростанням перегріву. Припустимо, що в комп'ютері встановлені потужні процесор, відеокарта, звукова карта та пара високооборотних жорстких дисків. Локальне охолодження кожного елемента начебто забезпечується нормально. Але власні вентилятори компонентів розраховані на прокачування повітря, що поступає з

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 24   |

температурою не вище 30-35 градусів. Може скластися ситуація, коли вентилятор буде отримувати повітря від працюючого сусіда, сильно нагрівається в процесі роботи. Природно, що почне перегріватися охолоджувана ним мікросхема, що викликає загальне підвищення температури повітря всередині корпусу. Всі вентилятори і мікросхеми будуть отримувати гаряче повітря, і далі процес візьме лавинний характер, у результаті комп'ютер у кращому випадку зависне, хоча не виключений і варіант виходу з ладу будь-якого елемента.

Встановлення потужного кулера на процесор створює додаткові завихрення у повітряних потоках, приводить до зростання температури тих компонентів, які охолоджуються повітряними потоками.

Симптомами проблем з охолодженням зазвичай служать періодичні зависання комп'ютера без видимих зовнішніх причин, несподівані відмови в роботі відеокарти, жорстких дисків і інших компонентів з високим енергоспоживанням. Іноді комп'ютер відмовляється працювати при підвищенні температури зовнішнього повітря (взимку - при розташуванні поблизу опалювальних приладів).

Таким чином, зміна умов функціонування одного компоненту з метою усунення підвищеної температури може призвести до підвищення температури інших компонентів ПК.

Компонентами системного блоку ПК, що мають схильність до перегріву у процесі функціонування ПК, є центральний процесор, елементи системної плати (NorthBridge, SouthBridge, Mosfets, деякі інші елементи), відеокарта, жорсткий диск.

З метою виявлення впливу різних причин на температуру компонентів всередині системного блоку проведено дослідження температурних режимів при різних умовах функціонування ПК [7]:

1) нормальні умови. Системний блок закритий. Центральний процесор функціонує на робочій частоті і коефіцієнтах множення, які визначені

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 25   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

відповідною специфікацією і вважаються нормальними. Рух повітряних потоків є вільним.

2) відкритий системний блок. З системного блоку зняті металеві кришки. Рух повітряних потоків є вільним, частоти – нормальними.

3) розгін, що передбачає штучне форсування режимів функціонування деяких компонентів ПК з метою збільшення продуктивності комп'ютера в цілому. Найпоширенішими видами розгону є розгін процесора і відеокарти. Розгін виконується шляхом підвищення частот, на яких працює компонент і/або збільшення коефіцієнту множення. Функціонування компонентів ПК у режимі розгону призводить до підвищення рівня споживаної ними потужності, що веде до збільшення температури компонентів, які підлягають розгону. При даному режимі центральний процесор функціонує на підвищеній тактовій частоті. Інші умови функціонування є аналогічними до нормальних умов.

4) ускладнений повітряний хід. У системному блоці встановлено додаткові кабелі, шлейфи та елементи, що погіршують повітряний хід. Системний блок закритий, частоти нормальні, повітряний хід ускладнений.

Переважна більшість системних плат мають два вбудовані температурні датчики, які відображають температуру процесора і температуру всередині системного блоку. Для відображення температури інших компонентів системної плати доцільно використати зовнішні температурні датчики.

Аналіз отриманих даних [7] дозволяє зробити висновки, що:

1) у температурних режимах сучасних центрального процесора та відеокарти простежуються тенденції до зниження, не дивлячись на зростання ступеня інтеграції і робочих частот, що пояснюється застосуванням нових засобів охолодження у сукупності з системами контролю реального часу. В той же час, температура елементів системної плати зростає;

2) зростання температур тих компонентів, на яких не встановлено температурних датчиків, залишається поза увагою, що є причиною того, що системи контролю температури не здатні реагувати на її підвищення. Це

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 26   |

приводить до тривалого функціонування вказаних компонентів у режимі підвищених температур, наслідком чого є зниження їх надійності;

3) у режимі розгону при простої відбувається зростання температури компонентів системного блоку у порівнянні з нормальними умовами при простої. Найбільша різниця у температурах при простої спостерігається на елементах системної плати;

4) зняття кришки з системного блоку з метою покращення охолодження компонентів, що знаходяться всередині системного блоку у деяких випадках приводить до зниження температури компонентів, а у інших – до підвищення температури таких компонентів ПК, як North Bridge, South Bridge;

5) погіршений хід охолоджуючих повітряних потоків є причиною значного зростання температури. У випадку погіршеного ходу повітря при навантаженні спостерігається більше зростання температури, ніж при незначному (до 15-20 %) розгоні.

Виробники апаратних засобів намагаються компенсувати зростання температури компонентів ПК покращеними системами охолодження. Як показує дослідження, це не є оптимальним шляхом для зниження температури. Крім того, деякі елементи системної плати, температура яких має тенденцію до зростання (North bridge, South bridge та ін.) не містять температурних датчиків.

Відсутність засобів температурного контролю і засобів забезпечення встановлення оптимальних температурних режимів є причинами підвищення температур: North Bridge – до 55°C, South Bridge – до 47°C, яка за нормальних умов не перевищує: North Bridge – 45-46°C, South Bridge – до 40°C. У випадках порушення охолодження температура досягає: North Bridge – до 70-72°C, South Bridge – до 63-64°C. Тривале функціонування у стані підвищених температур знижує їх надійність.

Проведені дослідження показали наявність взаємозв'язку між умовами функціонування компонентів системного блоку і їх температурами, тому доцільною є розробка засобу виявлення відхилень температурних режимів

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 27   |

компонентів ПК від оптимальних значень та інформування користувача про підвищення температурних режимів компонентів ПК.

### 1.3 Постановка задачі

Продуктивність персонального комп'ютера постійно зростає, і разом з цим його пристрій стає все більш складним. Енергоспоживання і тепловиділення компонентів підвищуються все більше і більше, що змушує виробників думати про те, як найкраще забезпечити надійний захист компонентів від перегріву. Тому доводиться звертати увагу і на якість їх охолодження.

Для контролю над якістю охолодження і рівнем напруги розроблений цілий ряд рішень, що дозволяють користувачеві самостійно контролювати кожен окремий параметр або включити автоматичне відключення ПК при виникненні аварійної ситуації. Для контролю температурних режимів компонентів ПК необхідно вирішити такі задачі:

- 1) виявити залежності зміни температурних режимів компонентів ПК від умов функціонування і конфігурації;
- 2) провести моніторинг температурних режимів на випадок зміни умов функціонування, конфігурації або деградації компонентів ПК.

Підвищення надійності ПК може бути досягнуто за рахунок дотримання режимів функціонування, рекомендованих розробником компонентів, у процесі функціонування ПК. Щоб забезпечити дотримання режимів функціонування необхідно виявити причини зміни режимів функціонування окремих компонентів і дослідити їх вплив на режими функціонування ПК. Для цього на основі виявлених причин, які приводять до зростання температур компонентів ПК, необхідно:

- 1) визначити компоненти ПК, температурні режими функціонування яких мають тенденції до зміни;

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 28   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |



2 розробити засіб контролю та забезпечення оптимальних температурних режимів функціонування компонентів ПК.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 29   |

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ КОМПОНЕНТІВ ПК

### 2.1 Апаратні засоби підтримки температурних режимів компонентів ПК

На сьогодні існує ряд апаратних засобів засобів діагностування, що забезпечують режими функціонування компонентів ПК у межах допусків, вказаних виробником. До них належать: засоби охолодження, вбудовані засоби апаратного контролю і моніторингу.

Засобами охолодження є:

1) вентилятор блоку живлення, котрий виводить тепло з системного блоку за рахунок руху повітряних мас: холодне повітря надходить через отвори та щілини системного блоку, проходить через компоненти ПК, відбираючи у них тепло і нагріваючись, нагріте повітря видувається через вентилятор блоку живлення. Найкраще вентилятор охолоджує компоненти, на які не встановлено додаткових засобів охолодження;

2) кулери, що встановлюються на процесори, відеокарти, жорсткі диски. Охолодження відбувається шляхом конвекційного перенесення тепла повітряними потоками, які створюють кулери під час своєї роботи;

3) радіатори, що забезпечують відбір тепла від компонента, що нагрівається. Для покращення теплопровідності між радіатором і поверхнею компонента застосовуються термопаста або термоклей. Радіатори використовуються разом з кулерами. У разі достатності незначного охолодження, радіатор застосовується без кулера (наприклад, радіатор на North Bridge);

4) водяна система охолодження. Охолоджує компоненти за допомогою води, що забирає тепло від компонентів, переносячи його по трубках до центрального радіатора водяної системи, яка здійснює охолодження води.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 30   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

Система добре охолоджує процесор, відеокарту та інші компоненти, проте вона не охолоджує невеликі мікросхеми, оскільки потребує підведення трубок до кожного компоненту, який буде охолоджуватись;

5) перспективні засоби охолодження (суцільний провідний корпус, термопровідні трубки, фреонове охолодження та ін.).

Правильне охолодження процесора, так само як і інших пристроїв ПК можливо лише при правильному охолодженні корпусу ПК і правильної організації повітряних потоків усередині нього.

Специфікація ATX в першій редакції передбачала пасивний радіатор на процесорі, що обдувається вентилятором на блоці живлення. Із зростанням тепловиділення процесорів на них почали встановлювати окремі вентилятори. Сучасна специфікація ATX вимагає спеціальний повітровідвід, розташований навпроти процесора, по якому тепле повітря видаляється за межі корпусу ПК. Сучасні стандарти з конструювання корпусів комп'ютерів серед іншого регламентують і спосіб побудови системи охолодження. Починаючи ще з систем на базі Intel Pentium II, випуск яких був початий в 1997 році, впроваджується технологія охолодження комп'ютера наскрізним повітряним потоком, спрямованим від передньої стінки корпусу до задньої (додатково повітря для охолодження всмоктується через ліву стінку).

Як мінімум один вентилятор встановлений в блоці живлення комп'ютера (багато сучасні моделі мають два вентилятори, що дозволяє істотно знизити швидкість обертання кожного з них, а, значить, і шум при роботі). У будь-якому місці всередині корпусу комп'ютера можна встановлювати додаткові вентилятори для посилення потоків повітря. Обов'язково потрібно дотримуватись правила: на передній і лівій бічній стінці повітря нагнітається всередину корпусу, на задній стінці гаряче повітря викидається назовні. Також потрібно проконтролювати, щоб потік гарячого повітря від задньої стінки комп'ютера не потрапляв прямо в повітрязбір на лівій стінці комп'ютера (таке трапляється при певних положеннях системного блоку щодо стін кімнати і

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 31   |

меблів). Які вентилятори встановлювати, залежить в першу чергу від наявності відповідних кріплень в стінках корпусу. Шум вентилятора головним чином визначається швидкістю його обертання, тому рекомендується використовувати повільні (тихі) моделі вентиляторів. При рівних настановних розмірах і швидкості обертання, вентилятори на задній стінці корпусу суб'єктивно шумлять трохи менше передніх: по-перше, вони знаходяться далі від користувача, по-друге, позаду корпусу розташовані майже прозорі ґрати, в той час як спереду - різні декоративні елементи. Часто шум створюється внаслідок огинання елементів передньої панелі повітряним потоком: якщо переносуваний обсяг повітряного потоку перевищує деяку межу, на передній панелі корпусу комп'ютера утворюються вихрові турбулентні потоки, які створюють характерний шум. Сучасна схема розподілу повітряних потоків всередині корпусу ПК виглядає наступним чином (рисунок 2.1).

Радіатор служить для розподілу тепла охолоджуваного об'єкта (у нашому випадку - ядра процесора) у навколишнє середовище. Він повинен перебувати в безпосередньому фізичному контакті з охолоджуваним об'єктом. Так як тепло від одного тіла до іншого передається через поверхню, то площа контакту радіатора і процесора повинна бути якомога більшою. Сторона, якою радіатор прилягає до процесора, називається підставою або підшовою.

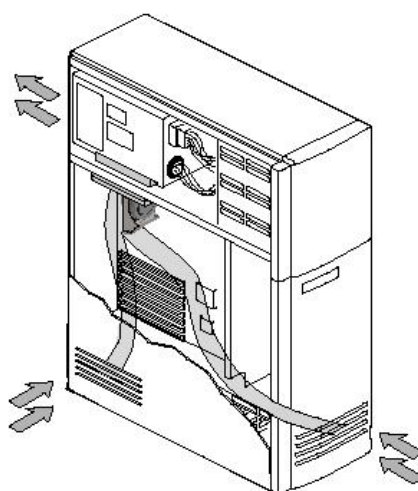


Рисунок 2.1 - Сучасна специфікація охолодження корпусу ПК

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 32   |

Тепло від ядра переходить до основи, потім розподіляється по всій поверхні радіатора і відводиться в навколишнє середовище. Якщо на радіаторі не встановлений вентилятор, то процес такого відводу тепла називається випромінюванням. Збільшити ефективність випромінювання можна, якщо підвищити площу поверхні радіатора. Для цього вони виготовляються ребристими: на основу встановлюються ребра, з яких і відбувається відвід тепла в навколишнє середовище. Ребра мають бути як можна більш тонкими і вони повинні мати як можна більш кращий контакт з основою (в ідеалі радіатор повинен бути монолітним). Плоскі радіатори (без ребер) отримали назву "розподільники тепла". Щоб радіатор ефективно розсіював тепло, він повинен володіти високою теплопровідністю і теплоємністю. Фізична величина теплопровідність має розмірність *Ватт/метр\*Кельвін*, для одиниці матеріалу, так звана питома теплопровідність. Вона визначає, з якою швидкістю тепло поширюється по об'єму тіла.

У випадку, якщо теплопровідність радіатора буде невисокою, виникне ситуація, коли його підставу буде нагріватися сильніше, ніж його ребра. Охолодження в цьому випадку буде неефективним. У радіаторів з високою теплопровідністю температура підстави і кінчика ребер відрізняється незначно й тепло ефективно відводиться зі всієї поверхні. Теплоємність визначає кількість теплоти, яку необхідно повідомити тілу для збільшення його температури на 1 градус. Питома теплоємність має розмірність *Джоуль/Кілограм\*Кельвін*. Радіатор з низькою теплоємністю буде мати температуру, близьку до температури самого процесорного ядра, і ні про яке охолодження тут не може йти мова. Він повинен мати високу теплоємність, адже при охолодженні тіла на один градус воно віддає ту ж кількість теплоти, яку отримало при нагріванні на один градус.

Саме тому радіатор з високою теплоємністю завжди буде мати значно меншу температуру, ніж ядро процесора. Дві фізичні величини визначаються

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 33   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

матеріалом, використовуваним для виготовлення радіатора, це питома теплопровідність і теплоємність металів. Ідеального матеріалу для створення радіатора не існує. Срібло має найвищу теплопровідність, але це дуже дорогий метал, та і теплоємність у нього невисока. Мідь має трохи меншу теплопровідність і майже в півтора рази більшу теплоємність. Цей матеріал краще всього підходить для виготовлення підстави радіаторів. Алюміній має в 1.6 разів меншу теплопровідність, ніж у міді, але в 2.29 разів більшу теплоємність. Даний метал краще застосовувати для ребер радіаторів. Золото має високу теплопровідність, більшу, ніж в алюмінію, але меншу, ніж у міді.

Деякі виробники кулерів, такі як Zalman і Glacialtech повідомляють про те, що їх моделі кулерів мають радіатори, покриті тонкою плівкою золота. У цьому немає сенсу з точки зору теплопровідності. Все ж товщина цієї плівки занадто мала для впливу на фізичні властивості радіатора. Те ж саме стосується нікелю. Нікельовані радіатори з естетичної точки зору, звичайно, більш привабливі, але не з точки зору термічних властивостей. Так як ідеального контакту між двома металами домогтися дуже складно, то найчастіше більшу ефективність мають радіатори з одного матеріалу - чисто мідні або суто алюмінієві, але це вже залежить від конкретного виробника радіаторів. Бо, як правило, радіатори з мідною основою і алюмінієвими ребрами охолоджують краще, ніж суто алюмінієві, а мідні охолоджують ще краще. Крім матеріалу радіатора, велике значення має його конструкція. Конфігурація ребер (висота, довжина, розташування на підставі) розраховуються індивідуально для кожної моделі кулера. Але суть розрахунків завжди зводиться до одного: повітря має безперешкодно і рівномірно проходити по всій поверхні радіатора.

Турбулентність (завихрення повітряного потоку) в радіаторі, як правило, покращує відведення тепла від ребер і підстави до повітряного потоку, але знижує швидкість цього потоку. Тому виявити, позитивно чи ні впливає турбулентність на охолодження стосовно до всіх кулерів неможливо. Але так як в даний час багато виробників кулерів намагаються зробити потік повітря

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 34   |

всередині кулера більш лінійним (деякі виробники, наприклад Thermaltake, навіть випускають перехідники для вентиляторів, які вирівнюють потік повітря через радіатор), можна зробити висновок, що для процесорних кулерів прямий потік кращий турбулентного, хоча навіть в цьому потоці будуть зберігатися невеликі завихрення.

Останнім часом на комп'ютерному ринку з'явилися і спеціальні засоби охолодження електронних елементів, засновані на термоелектричних ефектах в напівпровідниках. Зокрема, напівпровідникові термоелектричні модулі, охолоджуючі властивості яких засновані на ефекті Пельтьє, надзвичайно перспективні для створення необхідних умов експлуатації комп'ютерних компонентів.

Термоелектричні модулі почали застосовувати для охолодження високопродуктивних процесорів з високим рівнем теплоутворення. Завдяки своїм тепловим і експлуатаційним властивостям, пристрої, створені на основі термоелектричних модулів (модулів Пельтьє), дозволяють досягти необхідного рівня охолодження комп'ютерних елементів без особливих технічних труднощів і фінансових витрат. Як кулери електронних компонентів, такі засоби надзвичайно перспективні: вони компактні, зручні, надійні і володіють дуже високою ефективністю. Особливо великий інтерес напівпровідникові кулери представляють в якості засобів, що забезпечують інтенсивне охолодження в комп'ютерних системах, елементи яких встановлені та експлуатуються в жорстких форсованих режимах. Використання таких режимів розгону (overclocking) часто забезпечує значний приріст продуктивності електронних компонентів, а отже, і всієї системи. Однак робота в подібних режимах супроводжується значним тепловиділенням і нерідко перебуває на межі можливостей комп'ютерних архітектур і мікроелектронних технологій. Необхідно відзначити, що високим тепловиділенням супроводжується робота не тільки процесорів, але й сучасних високопродуктивних відеоадаптерів, а в деяких випадках і модулів пам'яті. Ці потужні елементи вимагають для

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 35   |

коректної роботи інтенсивного охолодження навіть в штатних режимах, а тим більше в режимах розгону.

Порівняно недавно в технічній пресі з'явилися повідомлення про експерименти з вбудовування мініатюрних термоелектричних модулів безпосередньо в мікросхеми процесорів для охолодження найбільш критичних їх структур. Таке рішення сприяє кращому охолодженню за рахунок зниження теплового опору і дозволяє значно підвищити робочу частоту і продуктивність процесорів. Про серйозність намірів розробників свідчать відповідні патенти, частина яких належить виробникам процесорів, наприклад, AMD.

Сучасні компоненти ПК містять вбудовані засоби контролю (давачі та мікросхеми контролю) таких параметрів, як температурні режими, напруги, швидкість обертання вентиляторів. Постійний моніторинг цих параметрів здійснює BIOS або спеціалізоване програмне забезпечення. Наприклад, система розширеної конфігурації і інтерфейсу живлення (Advanced Configuration and Power Interface – ACPI) є вбудованим програмним засобом контролю, що забезпечує правила контролю температур компонентів ПК, дозволяє BIOS і операційній системі зчитувати температурні дані компонентів у разі наявності вбудованих температурних датчиків та відповідним чином реагувати при виході температури за допустимі межі [31, 32].

Системні блоки ВТХ мають покращене охолодження компонентів [33 – 36], проте існуючі специфікації температурних проектів системних блоків надають лише загальні рекомендації щодо розміщення компонентів ПК, які є недостатніми для забезпечення їх оптимальних температурних режимів [7].

Виробники деяких системних плат комплектують свої вироби спеціалізованими програмами: Asus PC Probe, MSI CoreCenter, Abit μGuru, Gigabyte EasyTune, Foxconn SuperStep [37 – 40]. Існують також універсальні програми, серед яких: Hmonitor, MotherBoard Monitor, SpeedFan, MBProbe та ін. Ці програми дозволяють стежити за температурними датчиками, які

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 36   |



вбудовуються в сучасні процесори, материнські плати, відеокарти й жорсткі диски. У разі досягнення заданих критичних значень температур відбувається виклик певної події. Деякі з вказаних програм здатні автоматично регулювати частоту обертів вентиляторів, якщо виробник системної плати реалізував апаратну підтримку цієї можливості.

Сучасний графічний процесор відеокарти за показниками потужності і тепловиділенням наближається до центрального процесора персонального комп'ютера. За таких умов апаратний моніторинг відеокарт є необхідним для забезпечення їх надійності. Для апаратного моніторингу використовуються ті ж мікросхеми, що й при моніторингу системної плати – Winbond або LM. Одна така мікросхема здатна контролювати напруги, температури, оберти кулерів. Щодо технології моніторингу, то кожен виробник використовує свої розробки. Компанія ATI Technologies реалізувала технологію ATI OVERDRIVE [40] (починаючи з RADEON 9800XT), суть якої полягає у використанні функції динамічного оверклокінгу - частота графічного процесора регулюється програмно, залежно від температури центрального процесора відеокарти. Компанія ASUS створила технологію Smart Cooling, яка призначена для моніторингу температури процесора відеокарти й пам'яті, обертів вентилятора й напруги, а також для зміни частоти користувачем. За допомогою даної технології відбувається автоматичне регулювання частоти обертання кулера у залежності від ступеня нагрівання процесора. Інші компанії розробили свої системи моніторингу: Leadtek – WinFox, Gigabyte - V-Tuner, MSI - MSI 3D! Turbo Experience, AOpen - AGMS і ACS.

Вказані засоби діагностування температурних режимів компонентів ПК мають ряд недоліків:

- фактори, які впливають на температурні режими функціонування компонентів ПК, залишаються поза увагою;
- не всі компоненти ПК містять датчі, оповіщення користувача є недостатньо інформативними або невчасними, для контролю за режимами

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 37   |

функціонування компонентів ПК необхідно застосовувати спеціалізовані програмні додатки;

- температурні режими компонентів ПК, які не містять температурних датчиків, залишаються поза увагою;

- не враховують факторів, що спричиняють зростання температур компонентів ПК (рух повітря, теплообмін, взаємне розташування компонентів) та не виявляють причин зростання температур;

- у разі підвищення температурних режимів компонентів ПК користувачу не надаються рекомендації щодо методів зниження температур.

Таким чином, при наявності відповідних засобів температурного контролю, відбувається лише фіксація зміни температури компонентів ПК, без локалізації причин, які її викликали, і без надання рекомендацій користувачу щодо заходів для встановлення оптимальних режимів функціонування компонентів ПК.

Розглянуті апаратні засоби підтримання та контролю температурних режимів апаратного забезпечення ПК не задовольняють вимогам сучасних комп'ютерних систем через відсутність у них інтелектуальних засобів, які опрацьовують діагностичну інформацію та знання [6, 7]. Тому доцільним є розроблення програмного забезпечення, яке розширює функціональні можливості апаратного контролю температурних режимів компонентів ПК.

## 2.2 Розробка структурної схеми модуля контролю температурних режимів

Засіб контролю температурних режимів апаратного забезпечення ПК складається з апаратної та програмної частин (додаток Б).

До апаратної частини відносяться наступні компоненти: датчик температури; адаптер; персональний комп'ютер; кабелі та інтерфейси для

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 38   |

зв'язку пристроїв з комп'ютером, а також між собою.

Програмна частина модуля складається з таких складових:

- підсистема збору даних про температуру компонентів ПК;
- підсистема обробки зібраної інформації та видачі результату;
- база даних системи діагностування.

Підсистема збору даних про температуру компонентів ПК виконує такі функції: опитує підключені до системи шини з давачами, конвертує значення у цифровий код, записує усі отримані значення у базу даних системи діагностування. Підсистема обробки зібраної інформації та видачі результату для аналізу стану ПК використовує конструкції виду "якщо-то", які зберігаються у базі даних системи діагностування..

База знань зберігає отримані дані від давачів; правила поведінки; часткові висновки проведених діагностик; загальні висновки; допоміжну інформацію, необхідну для функціонування модуля та прийняття рішень.

Під час функціонування ПК відбувається зчитування та аналіз інформації про температурні режими (додаток В).

Зчитування температури компонентів ПК ведеться із вбудованих температурних давачів. Не всі компоненти ПК мають вбудовані температурні давачі. Існують також ситуації, при яких вбудовані температурні давачі показують оптимальну температуру елементів компонента ПК, на яких вони встановлені, в той час, як температура інших, чуттєвих до температури елементів, є неоптимальною або критичною. Тому, існує необхідність у вимірюванні температури не тільки за допомогою вбудованих давачів, а й за допомогою зовнішніх давачів температури.

Якщо компонент ПК не містить вбудованих температурних давачів, або їх недостатньо, то використовуються зовнішні давачі температури. На кожній ітерації зчитані дані заносяться у таблиці бази даних.

Статистичній обробці підлягають дані про температуру зовнішніх (North Bridge, South Bridge та ін.) і вбудованих (центральный процесор, системний блок,

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 39   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

жорсткий диск, відеокарта) температурних датчиків, дані про навантаження компонентів ПК (центральный процесор, оперативна пам'ять, жорсткий диск, відеокарта), дані про частоти кулерів (системний кулер, кулер центрального процесора, кулер відеокарти, кулер жорсткого диску), дані про робочі частоти компонентів ПК (центральный процесор, відеокарта), дані про напруги компонентів ПК.

Зв'язок між системою діагностування і користувачем забезпечує інтерфейс, який працює за принципом „запит-відповідь”. Запити формуються як користувачем до системи діагностування, так і до користувача. При наявності ситуацій, у яких участь користувача є необхідною (уточнення конфігурації ПК, запит пріоритетів та ін.) формується запит до користувача через інтерфейс у діалоговому режимі.

У разі можливості оптимізації температурних режимів формується послідовність дій по усуненню причин зростання температурних режимів компонентів ПК за допомогою автоматичного усунення (зниження робочих частот, зниження навантаження, підвищення обертів кулерів) або рекомендацій користувачу по реконфігурації системи.

При виявленні неоптимальних температурних режимів відбувається пошук причин підвищення температур та формування послідовності дій по автоматичному усуненню причин їх зростання або надання рекомендацій користувачу по їх усуненню.

Автоматичне усунення режимів функціонування є комплексом заходів по оптимізації значень параметрів ПК шляхом зміни настроювань компонентів ПК системою діагностування у автоматичному режимі (зниження частот, збільшення обертів кулера, зниження навантаження тощо). Рекомендації користувачу описують дії, що не можуть бути виконані у автоматичному режимі, тобто потребують втручання користувача (реконфігурація системи, оновлення компонентів і засобів охолодження, перевірка кріплення тощо).

Для доступу до датчиків рекомендується використовувати програмний

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 40   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

пакет TMEX, який розповсюджується безкоштовно корпорацією MAXIM. Основні його переваги: наявність програм - прикладів роботи з різними пристроями та написаними на різних мовах програмування; велика кількість документації до програмних пакетів TMEX, OWCOM, 1-wire SDK та ін.; зручний та зрозумілий інтерфейс; підтримка всіх версій Windows; повна сумісність з усіма пристроями Dallas Semiconductor.

### 2.3 Програмний контроль температури процесора

Центральному процесору завжди приділялася особлива увага, так як це не тільки головний обчислювальний вузол комп'ютера, але і найгарячіший його компонент.

Працездатність процесора безпосередньо залежить від якості його охолодження. При значенні температури вище певного рівня підвищується ймовірність помилок в роботі, при подальшому її зростанні процесор зупиняється і в найгіршому випадку виходить з ладу. Практично будь-які сучасні материнські плати мають засоби температурного контролю центрального процесора. Для цього використовують спеціальний термодавач, який розташовується усередині процесорного роз'єму. Він дуже схожий на "пелюстку", притиснуту силами власної пружності до зворотної сторони процесора. Треба лише стежити, щоб він щільно притискався всією поверхнею кінчика обов'язково в центрі процесора. Термодавачем може служити і невелика деталь, що стоїть на тонких металевих ніжках, але в такого варіанту трохи гірша пружність і контакт прилягання. У третьому випадку усередині процесорного роз'єму нічого не видно, тому що давач знаходиться під роз'ємом, напаяними на широкій доріжці плати. При цьому давач має тепловий контакт з ніжками процесора. Мідні, позолочені виводи забезпечують хороше

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 41   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

відведення тепла, тому і є точкою зняття температури.

На жаль, подібний контроль над температурою не дуже ефективний. По-перше, сигнали датчиків ніколи не відповідають реальному нагріву, що зазвичай становить різницю 5-15°C між реальною температурою і тим, що показує датчик. По-друге, при різкому нагріванні процесора зовнішній датчик не здатний відразу відреагувати, бо зовнішній корпус завжди нагрівається довше.

Компанія Intel, починаючи з процесорів Pentium II, почала монтувати термодавач всередину ядра, що дозволило в деякій мірі усунути інертність, тобто датчик тепер нагрівається практично одночасно з ядром процесора. Але є ще одна проблема: будь-яка цифрова технологія вимірів має дискретність, тобто система моніторингу прочитує температуру через певні проміжки часу, які зазвичай складають десятки частки секунди і не можуть бути менше. За час між зчитуваннями температура ядра процесора може підстрибнути до 10 і більше градусів.

Тому в процесорах Intel Pentium 4 застосовується аналогова система контролю Thermal Monitor, з окремим датчиком, яка не прив'язана до дискретних перерахунків і діє постійно. В результаті при досягненні 85°C включається система пропуску тактових сигналів, що приводить до зниження тактової частоти ядра процесора. Процесори компанії AMD, починаючи від Athlon XP і Duron Morgan, також мають інтегрований термодавач.

На жаль, значна частина материнських плат під Socket A не включає в свій склад навіть цифрової системи моніторингу, здатної взаємодіяти з внутрішнім термодавачем процесора. Виробники часто обмежуються встановленням старого зовнішнього термодавача зі всіма його недоліками.

Таким чином, комп'ютери, зібрані на базі процесорів від AMD, вимагають особливого контролю над якістю охолодження. Для процесорів від Intel контроль над температурою не настільки критичний, особливо для тих процесорів, які володіють аналоговим датчиком (Pentium 4), але це зовсім не причина для недбалого ставлення до їх охолодження. Навіть для самих

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 42   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

"гарячих", Duron або Athlon, процесорів недопустима робоча температура вище 55-60°C, тому що це може привести до їх передчасного виходу з ладу і до гальмування при роботі комп'ютера.

Користувачеві інформація від датчиків температури доступна тільки при включенні або перезавантаженні комп'ютера, коли на екрані монітора відображаються поточні значення температури процесора і материнської плати, а під час роботи ПК залишається тільки сподіватися на функцію аварійного відключення при досягненні деякої критичної позначки, вказаної в BIOS. Тобто користувач не встигне зберегти важливі зміни у файлах у разі виникнення аварійної ситуації.

Для запобігання подібних ситуацій пропонується застосувати програму моніторингу температури, яка постійно "спостерігає" за станом датчиків і при наближенні температури до критичної позначки видає відповідне попередження. Це дає можливість користувачеві встигнути зберегти зміни в документах і вжити відповідних заходів чи вимкнути комп'ютер, не чекаючи перегріву компонентів (додаток Г).

Програма TempCPU (додаток А) стежить за показниками датчиків материнської плати, відеокарти і жорстких дисків, з можливістю регулювання швидкості обертання встановлених вентиляторів. При цьому регулювання можливе як в автоматичному, так і в ручному режимі.

Передбачена можливість вказівки граничних режимів температури. При цьому можливі наступні дії програми: запуск зовнішньої програми, поява повідомлення, звукове попередження, відправка повідомлення по електронній пошті. Проводиться статистика параметрів, що контролюються записом до журналу подій. Користувачеві можуть видаватися графіки зміни температур, напруг і швидкостей вентиляторів.

TempCPU підтримує роботу з жорсткими дисками, що мають інтерфейс SATA, EIDE і SCSI.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 43   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

### 3 РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЯ

#### 3.1 Обґрунтування вибору елементної бази

При нарощуванні обчислювальної потужності центрального процесора, зміні тактової частоти або розширенні пам'яті виникає загроза перевищення температури безпечної роботи комп'ютера. І якщо до недавнього часу потрібно було контролювати тільки температуру центрального процесора, то зараз вже необхідно стежити за нагріванням і інших його вузлів - блоку живлення (в тому числі і батарейного), графічного прискорювача і т.п.

Охолодження центрального процесора - лише частина проблеми забезпечення необхідного теплового режиму комп'ютера.

Перш за все, необхідно знати температуру системи, для чого сьогодні використовується віддалений датчик температури (термочутливий діод або дешевий n-p-n-транзистор, наприклад 2N3904, з розімкнутим колектором), напруга (або струм) якого передається схемою вимірювання, перетворюючи його в цифрову форму і пересилає дані, як правило, по послідовній шині мікроконтролеру. Сучасні мікросхеми, в тому числі останні серії мікропроцесорів фірми Intel, випускаються з такими підключеними до виводів корпусу діодами на чіпі. Температурна залежність вихідної напруги кремнієвих діодів лінійна (приблизно 2 мВ/°С). В результаті, вимірюючи вихідну напруга діода, можна визначати температуру чіпа, виключивши необхідність застосування термісторів, термопар обліку тимчасових температурних констант і розрахунку теплового опору [46].

Ідею вимірювання температури чіпа для забезпечення малої споживаної потужності і необхідного теплового режиму роботи комп'ютерів активно підтримали такі компанії, як Analog Devices, National Semiconductor і Maxim Integrated Products. Приклад мікросхеми вимірювання температури -

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 44   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |



MAX1617A фірми Maxim Integrated Products. Мікросхема являє собою прецизійний цифровий термометр, що реєструє власну (локальну) температуру і температуру будь-якого віддаленого чіпа (в тому числі і мікропроцесора) з вбудованим термочутливим діодом і обмінюються даними з зовнішнім мікроконтролером через двопровідний послідовний SMBus-інтерфейс. MAX1617A - восьмирозрядний АЦП зі складним вхідним блоком. Пристрій містить джерело живлення ключового типу, мультиплексор, АЦП і керуючу логіку (рисунок 3.1) [46]. Дані АЦП завантажуються в два регістри і автоматично порівнюються з даними чотирьох регістрів, що зберігають значення високої/низької, максимальної температури. Значення вимірюваної температури віддаленого мікропроцесора зчитується з його контрольного виводу, а не перетворювача, змонтованого на тепловідвід. Цим досягається швидший відгук на зміну теплового режиму процесора.

Формат даних вимірювання температури - 7 біт плюс знак. Для мінімізації помилок округлення вимірювання проводяться з кроком  $+0,5^{\circ}\text{C}$ . Метод вимірювання температури дозволяє збалансувати абсолютну величину напруги база-емітер, завдяки чому калібрування схеми не потрібне. Точність цифрового термометра в діапазоні температури  $60 - 100^{\circ}\text{C}$  дорівнює  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  (локальне вимірювання) і  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  (дистанційне вимірювання). Максимальний струм в режимі автоматичних вимірювань - 7 мкА, в режимі очікування - 3 мкА. Напруга живлення - 3,0-5,5 В.

MAX1617A призначений для контролю температури ПК і ноутбуків, серверів локальних мереж, промислових систем управління, офісного, телекомунікаційного та контрольно-вимірювального обладнання, багатокристальних модулів.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 45   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

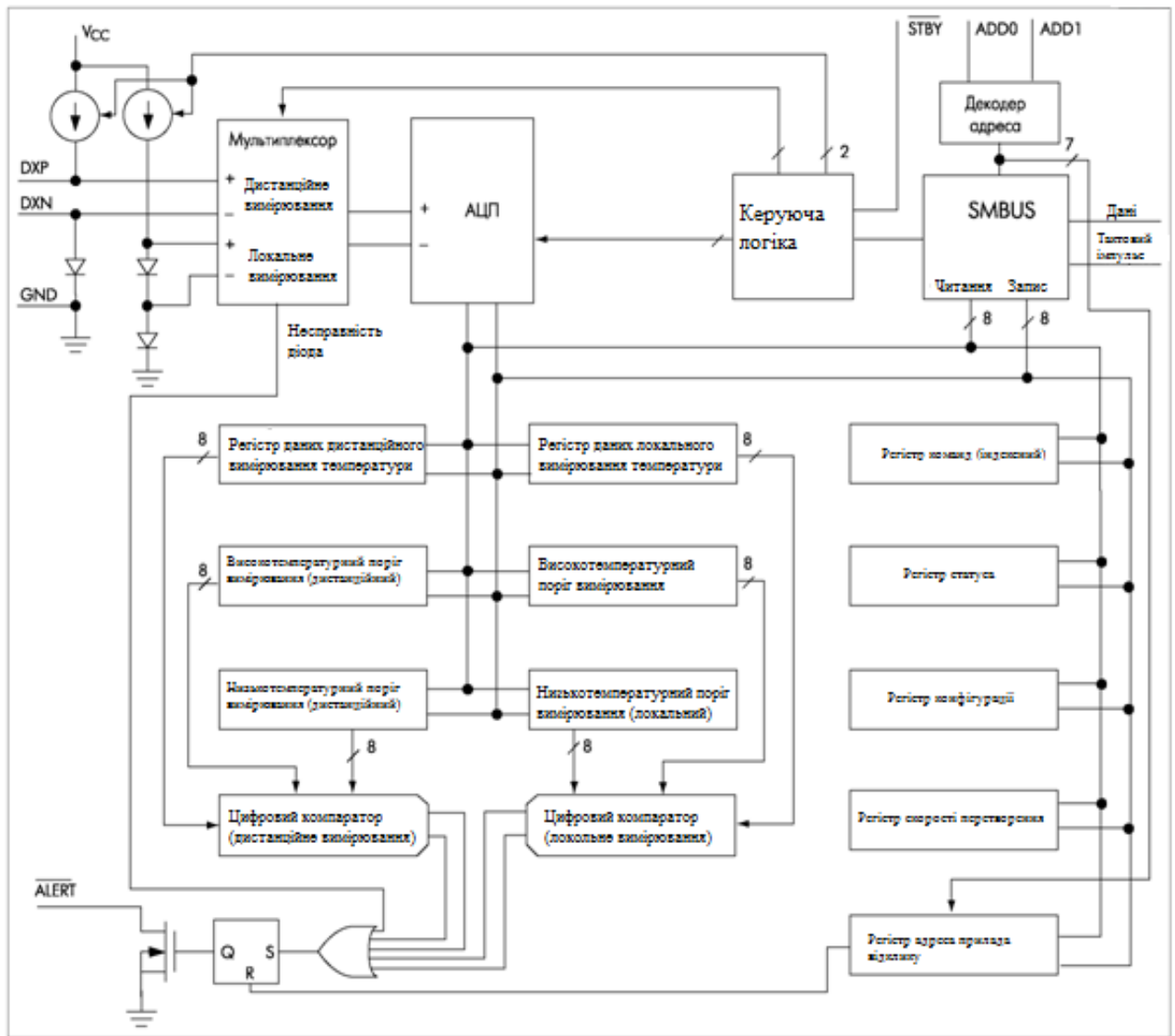


Рисунок 3.1 - Схема функціонального давача температури з послідовним SMBus-Інтерфейсом типу MAX1617A

Одна з останніх розробок фірми Maxim Integrated Products - давач температури серії MAX1098/MAX1099 з п'ятиканальним АЦП (рисунок 3.2) [46]. Роздільна здатність давача при вимірюванні температури 12 біт, точність вимірювання температури (локально і дистанційно) в діапазоні від - 40 до 85°C складає  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Мікросхеми серії також вимірюють повну диференціальну напругу з дозволом 10 біт і відстежують та зберігають вхідні дані. У прилади входить трьохпровідний SPI/QSPI/MICROWIRE-інтерфейс. Точність вимірювання напруги можна підвищити за рахунок підключення зовнішніх

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

пристроїв задання вихідного рівня. MAX1098 працює від джерела живлення на напрузі 4,75-5,25 В, MAX1099 - 2,7-3,6 В. Середня споживана потужність MAX1099 - всього 1,3 мВт. Корпус – 16-вивідний SSOP. Призначення мікросхем - контроль температури робочих станцій і зв'язкових систем, портативної апаратури, медичного обладнання та систем управління промисловими процесами.

Розглянемо роботу цифрового термометра на прикладі схеми контролю і виведення значень температури ПК, виконаної на базі мікросхеми ADM1023 фірми Analog Devices (додаток Д) [46]. Вихідний порт цієї мікросхеми, подібний MAX1617A, через буфер підключений до порту принтера ПК. Шини Data in, Data out і CLK за допомогою I<sup>2</sup>C протоколу забезпечують зв'язок з контрольованим ПК.

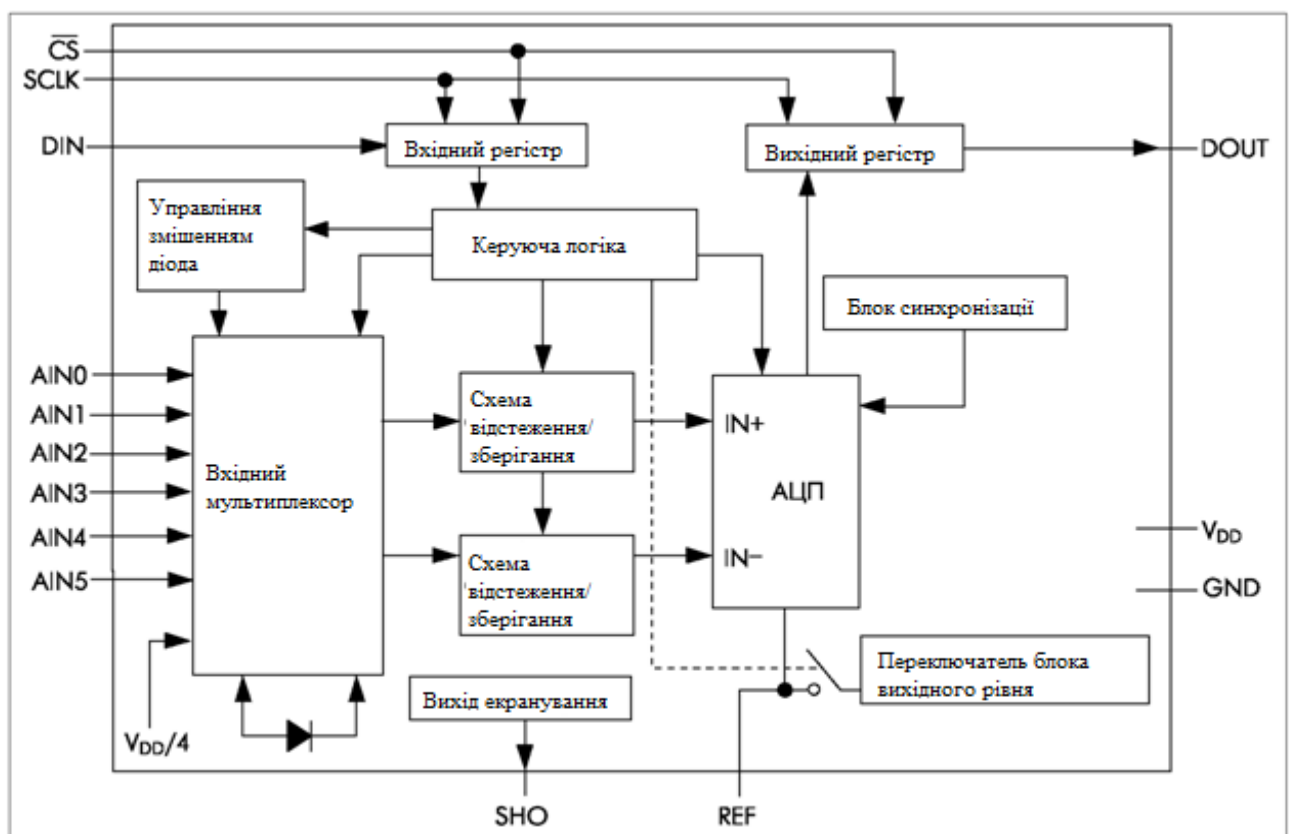


Рисунок 3.2 - Функціональна схема 10 – розрядного датчика температури серії MAX1098 / MAX1099

Віддалений діодний датчик підключений до цифрового термометру за допомогою екранованого скрученого кабелю. Екранування необхідне для запобігання впливу ВЧ завад на вимірювання. Точність вимірювання, що забезпечується ADM1023, становить  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Вимірювання температури дозволяє лише констатувати критичний режим роботи системи. Щоб обладнання не перегрівалося, необхідні вентилятори.

Більшість виробників (фірми EBM / Papst, NMB тощо) оснащують їх детекторами швидкості, частота вихідного сигналу яких пропорційна числу оборотів, і давачами попередження про зміну швидкості обертання за зносу (сигнальними давачами). Так, фірма EBM / Papst поставляє вентилятори з давачем, що генерує сигнал попередження при швидкості пристрою, рівній 75-85% номінальної величини [46].

Збільшити ефективність і тривалість експлуатації вентиляторів можна за рахунок управління їх швидкістю обертання. Правда, слід зазначити, що давачі підключаються до того ж джерела живлення, що й мотор та електронна схема комутації, тому будь-які зміни напруги джерела з метою регулювання швидкості вентилятора будуть впливати на характеристики схеми комутації і давачів.

Як правило, в комп'ютерній системі екстремальні ситуації (несприятливі умови навколишнього середовища, збільшення потужності, що розсіюється, вихід параметрів за наведені допуски) виникають рідко. Тому швидкість обертання вентилятора, без шкоди для системи, може бути менша номінальної. Крім контролю швидкості та збільшення її до номінальної величини лише при необхідності, зниження шумів і зносу, управління швидкістю дозволяє збільшити середнє напрацювання вентилятора на відмову. Знижується до мінімуму і запиленість системи, завдяки чому зростає тривалість досить високоефективного охолодження.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 48   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

Один з найдешевших на сьогодні методів регулювання швидкості - ШІМ, що дозволяє безпосередньо змінювати швидкість, включаючи і відключаючи джерело живлення на певній частоті. Чим більший коефіцієнт заповнення імпульсного сигналу, тим вища швидкість. Якщо частота ШІМ сигналу занадто мала, відбувається биття швидкості, а якщо занадто висока, схема електронної комутації вентилятора може "не встигати" за нею, що викличе зупинку вентилятора. Рекомендована частота лежить в діапазоні 20-160 Гц.

Переваги ШІМ - регулювання - простота схеми управління, хороші пускові характеристики, мінімальна споживана потужність. Але при такому регулюванні зростають механічні навантаження і звукові шуми вентилятора, виключається, як зазначалося вище, можливість застосування датчиків сигналізації і швидкості, що працюють від того ж джерела живлення, що й вентилятор [46].

Лінійне регулювання швидкості дозволяє змінювати напругу вентилятора по постійному струму за допомогою лінійного регулятора. Цей метод застосовується лише для вентиляторів, здатних працювати в широкому діапазоні напруг. Разом з тим він дозволяє використовувати датчик сигналізації і швидкості.

Найбільш ефективні регулятори постійного струму (DC / DC), хоча вони дорожчі і складніші попередніх. У цих пристроях для регулювання напруги вентилятора використовуються джерела живлення ключового типу. Ефективність DC / DC регуляторів досягає 75-95%, правда, при мінімально можливій швидкості обертання, тобто при нарузі вентилятора, що дорівнює приблизно 50% номінального значення. У міру збільшення швидкості обертання вентилятора методи лінійного та DC / DC регулювання по ефективності виявляються рівними. Тому DC / DC – регулятори зазвичай використовуються в портативних, що працюють від батарей системах, системах з потужними або декількома вентиляторами.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 49   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

При регулюванні швидкості вентилятора без застосування сигнальних і швидкісних здавачів в ШІМ і лінійному режимах доцільно застосовувати пристрій незалежного вимірювання температури і контролю швидкості. Приклад такого пристрою - мікросхема MAX1669 фірми Maxim Integrated Products (рисунок 3.3) [46].

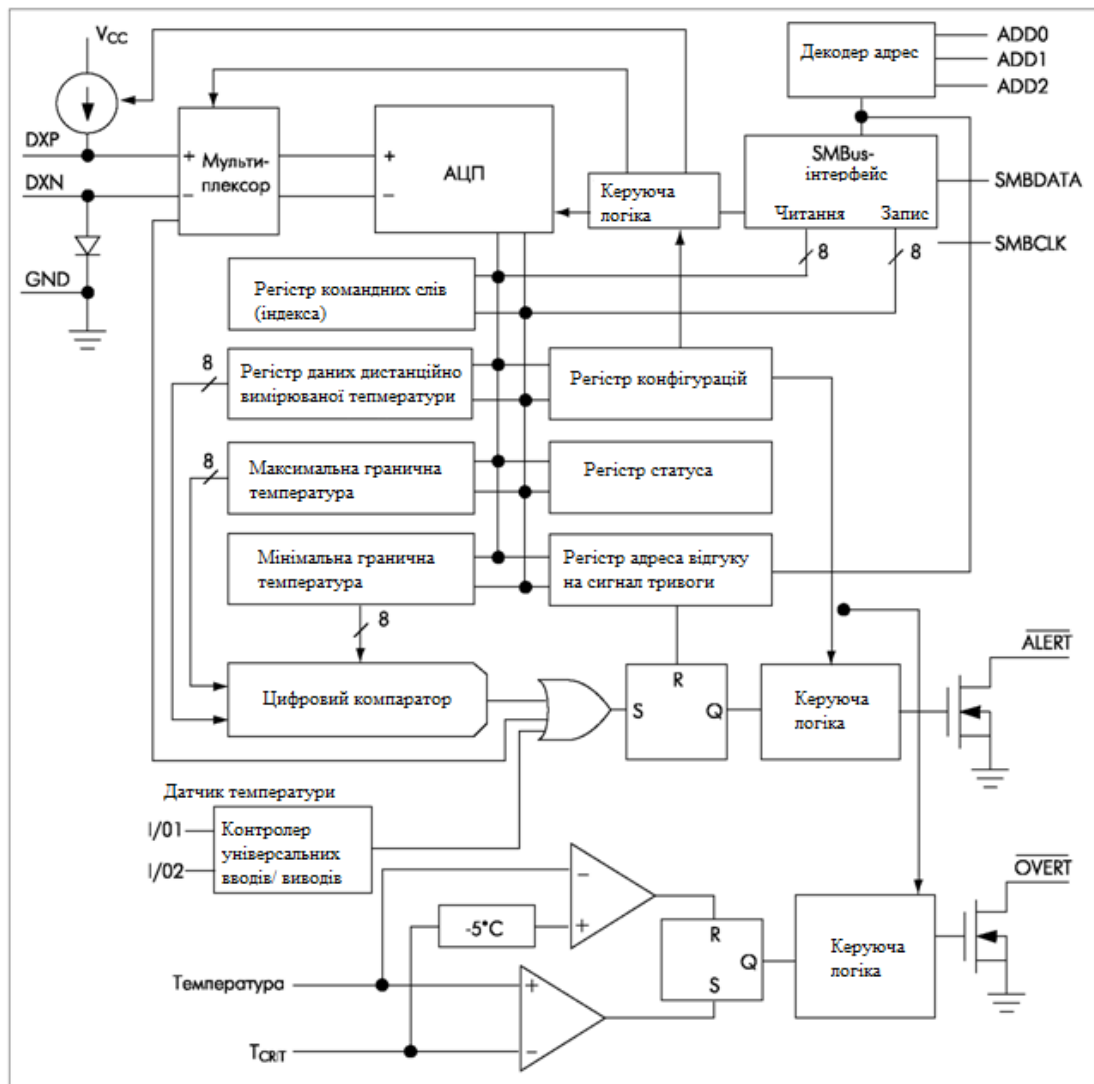


Рисунок 3.3 - Функціональна схема температурного датчика MAX1669

В мікросхемі входить прецизійний, що не вимагає калібрування цифровий термометр, який реєструє температуру віддаленого датчика. Точність вимірювань в діапазоні від 40 до 125 С дорівнює  $\pm 3$  С. На чіпі також

розташовано незалежний пристрій регулювання швидкості вентилятора з слабкострумовим логічним виходом, що вимагає застосування зовнішніх компонентів для сполучення з безщітковим вентилятором. Зв'язок мікросхеми з зовнішнім мікроконтролером забезпечує SMBus-інтерфейс. MAX1669 підтримує ШІМ – (20-160 Гц) і лінійний режим регулювання швидкості вентилятора. Монтується мікросхема в 16-вивідний QSOP-корпус. Мікросхеми регулювання типу MAX1669 в основному призначені для настільних комп'ютерів, ноутбуків, серверів і робочих станцій, вимоги до безвідмовності яких досить м'які.

Схема регулювання швидкості може включатися по розімкненому і замкнутому контуру. Перший варіант припускає застосування датчика температури навколишнього середовища, що включається на вході пристрою. З підвищенням температури програмне забезпечення видає команду збільшення швидкості обертання. При цьому зміна швидкості обертання не впливає на результати вимірювання температури чіпа, тобто термічний зворотній зв'язок відсутній. У схемі регулювання по замкнутому циклу давач температури розташовується в найбільш критичній з точки зору нагріву області системи. Завдяки цьому забезпечується безпосереднє і точне регулювання швидкості, частково вирішуються проблеми засмічення входів і виходів вентилятора, але потрібен ретельний підхід до задачі забезпечення стабільності його роботи.

При роботі по розімкненому контурі схема не реєструє відмову вентилятора, при роботі по замкнутому контуру ознакою відмови може служити підвищення температури. Але це свідчить лише про появу несправності, але не про її характер (забруднення входів/виходів, зростання температури навколишнього середовища, перегрів системи, несправність вентилятора і т.п.). До того ж, повільний температурний відгук перешкоджає своєчасному виявленню несправності. Таким чином, контроль температури чіпа - необхідний, але це не є достатня умова встановлення необхідного теплового режиму системи. У будь-яких системах корисно мати пристрої виявлення

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 51   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

несправності вентилятора, а в системах з високими вимогами до безвідмовності роботи доцільно встановлювати вентилятори з вбудованим тахометром.

В останньому випадку дані вимірювань (температура чіпа) передаються основному мікроконтролеру, команди якого надходять другою схемою регулювання швидкості обертання, такий як MAX6650/MAX6651 (має додаткові входи, що дозволяють контролювати роботу до чотирьох вентиляторів) фірми Maxim [46]. Зворотній зв'язок по швидкості обертання здійснюється через вихідний вивід тахометра вентилятора. У результаті швидкість контролюється з високою точністю без складних алгоритмів запуску вентилятора або керуючого підсилювача. Мікроконтролери зазначеного типу виявляють і несправності вентилятора, генеруючи сигнал переривання при їх виявленні MAX6650 поставляється в 10-вивідному малогабаритному корпусі m MAX-типу, MAX6651 - в 16-вивідному QSOP. Мікроконтролери типу MAX6650/MAX6651 - на сьогоднішній день один з найпростіших і досконалих засобів, здатних працювати або як контролери, або як регулятори швидкості 5/12-В безщіткових вентиляторів з вбудованими тахометрами. Різниця у виконуваних функціях незначна, але важлива. При роботі в режимі контролера схема безпосередньо регулює напругу вентилятора, тоді як в режимі регулятора для вимірювання та зміни швидкості використовуються дані тахометра. У першому випадку основний мікроконтролер постійно отримує дані про температуру (від схеми виміру) і швидкості обертання, наприклад від MAX6650, і відповідно до них через ЦАП пересилає MAX6650 команди безпосереднього регулювання напруги (і зміни швидкості) вентилятора. Швидкість обертання на основі даних контролера MAX6650 реєструється безперервно. У другому випадку основний мікроконтролер пересилає MAX6650 безпосередні команди зміни швидкості обертання. Після встановлення необхідної швидкості він не бере участі в процесі регулювання. Якщо MAX6650 не здатний забезпечити необхідну швидкість, провідному мікроконтролеру передається сигнал тривоги. Слід зазначити, що в цьому

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 52   |



випадку в системі, що працює по замкнутому контуру, формуються два контури: один - регулювання температури, другий - регулювання швидкості обертання. А це вимагає особливої уваги до проблем стабільності роботи. На точність регулювання швидкості обертання вентилятора впливають також несправності і помилки програмного забезпечення мікроконтролера. Тому доцільно застосовувати додатковий дешевий малопотужний перемикач температури, подібний MAX6501-MAX6504 фірми Maxim Integrated Products. Ці мікросхеми придатні і для безпосереднього виявлення несправності вентилятора.

Крім Maxim Integrated Products, на ринку пристроїв контролю температури і регулювання швидкості обертання вентилятора представлені і мікросхеми інших виробників аналогових ІС, в тому числі Analog Devices і National Semiconductor. Фірма National Semiconductor випустила прецизійний цифровий давач температури LM83, що вимірює напругу трьох віддалених діодів (або транзисторів типу 2N3904 з діодним включенням) і слідкує за температурою в трьох точках системи (рисунок 3.4) [46].

Крім того, давач реєструє власну (локальну) температуру. В LM83 входять восьмирозрядний дельта-сигма АЦП з цифровим датчиком реєстрації перевищення заданої температури. АЦП забезпечує відмінне придушення шумів, що є дуже цінною властивістю при дистанційних вимірюваннях.

У разі перевищення контрольованою температурою заданого значення, введеного в компаратор, активізуються два програмовані виводи переривання: один може використовуватися для попереднього сповіщення про збільшення робочої температури, а другий - для сигналізації про перевищення граничного значення. Мікросхема сумісна з I2C/SMBus-інтерфейсом.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 53   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

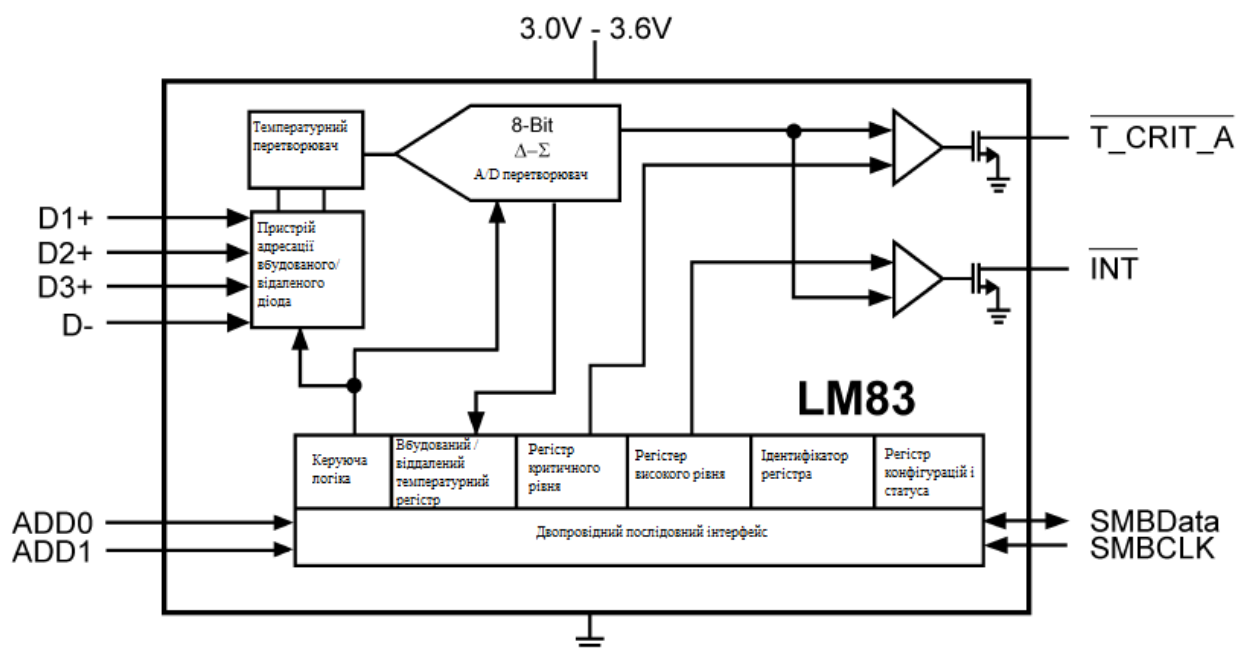


Рисунок 3.4 - Схема прецизійного температурного перетворювача LM83

Трьохрівневі логічні входи дозволяють передавати по шині SMBus до дев'яти адрес на два вихода LM83. При контролі різниці температур двох транзисторів перетворювач може виконувати функцію безконтактного електронного давача потоку повітря. При цьому перетворювач регулює не тільки швидкість обертання, але і споживану потужність вентилятора.

Точність локального вимірювання дорівнює  $+1,0^{\circ}\text{C}$ , дистанційного -  $+3^{\circ}\text{C}$  в діапазоні  $25\text{-}100^{\circ}\text{C}$  і  $+4^{\circ}\text{C}$  в діапазоні  $0\text{-}125^{\circ}\text{C}$ . Формат даних датчика - сім біт плюс знак, роздільна здатність - 1 С. Напруга живлення приладу 3-3,6 В, струм - 0,8 мА (макс.). Монтується схема в малогабаритний 16-вивідний корпус QSOP. Призначений LM83 для ноутбуків, настільних комп'ютерів, робочих станцій і серверів, а також для електронного тестового і офісного устаткування. Слід зазначити, що LM83 реєстро- і роз'ємосумісний з перетворювачами MAX1617 фірми Maxim Integrated Products і ADM1021 фірми Analog Devices.

Більш складний пристрій - ADM1026 фірми Analog Devices - відображає сучасну тенденцію до інтеграції на одному чіпі численних засобів контролю

роботи комп'ютера. ADM1026 - гнучкий універсальний пристрій контролю апаратних засобів системи з 19 аналоговими вимірювальними каналами (рисунок 3.5) [46], з них вісім призначені для вимірювання швидкості обертання вентилятора (мікросхема підтримує режими ШІМ і лінійне регулювання швидкості обертання), два - для вимірювання температури віддаленого чіпа. В ньому передбачено 8-розрядний АЦП і 13 універсальних виходів введення / виведення.

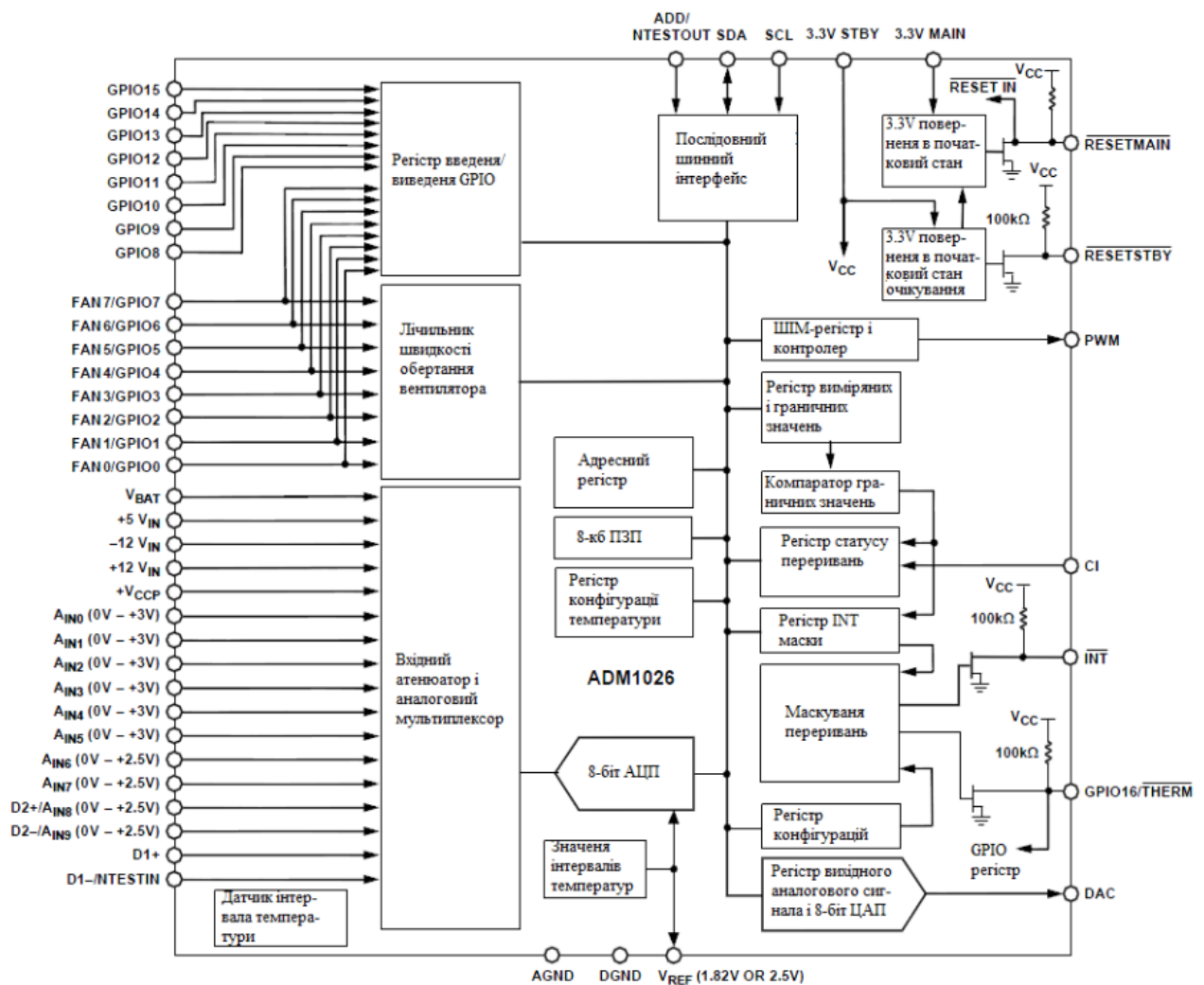


Рисунок 3.5 - Схема системи контролю апаратних засобів мікропроцесорного обладнання ADM1026.

Як і у всіх сучасних моделях пристроїв вимірювання і регулювання швидкості обертання вентилятора, на кристалі є датчик температури, що дозволяє контролювати локальну температуру. П'ять аналогових входів призначені для контролю напруги джерел живлення на +3,3, +5 і +12 В, а також напруги процесорного ядра. Виміряні значення контрольованих параметрів зчитуються через послідовну шину SMBus, за якою можуть бути передані і задаються граничні значення цих параметрів.

Точність вимірювання (локальних та дистанційних значень) температури в діапазоні 0-100°C в середньому дорівнює +1°C. Напруга живлення 3,3-5,5 В, споживаний струм в робочому режимі - 1,4-2,0 мА, в режимі очікування - 8-100мкА.

Слід зазначити, що фірми Dell Computer, Hewlett-Packard, Intel і NEC почали спільну розробку технічних умов на інтелектуальну платформу керуючого інтерфейсу (Intelligent Platform Management Interface - IPMI), але лише зараз такі виробники, як Analog Devices, почали приводити в своїх специфікаціях "відповідні" їм технічні умовні дані. У версії 1.1 IPMI-специфікації визначені вимоги до універсальних інтерфейсів "інтелектуальних" апаратних засобів, призначених для контролю фізичних параметрів сервера, таких як температура, напруга, швидкість обертання вентилятора, викиди джерела живлення [46].

Відстежуючи ці дані, виробники серверів сподіваються поліпшити безвідмовність своїх систем і скоротити необхідність їх ремонту або заміни, які суттєво впливають на вартість. І тут їм неоціненну допомогу нададуть засоби вимірювання і регулювання температури основних компонентів апаратного забезпечення комп'ютерів.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 56   |

### 3.2 Апаратне підключення зовнішніх температурних датчиків до компонентів ПК

Апаратною частиною пропонованого модуля контролю температурних режимів є наступні компоненти:

- датчі температури DS18B20;
- серійний адаптер DS9097E;
- персональний комп'ютер;
- кабелі та інтерфейси для зв'язку пристроїв з комп'ютером, а також між собою.

В якості температурних датчиків можна обрати DS18B20 [43-45] виробництва фірми Dallas Semiconductor, які на сьогоднішній день досить часто використовуються (рисунок 3.6), як джерело інформації про температуру компонента ПК, на якому вони встановлені.

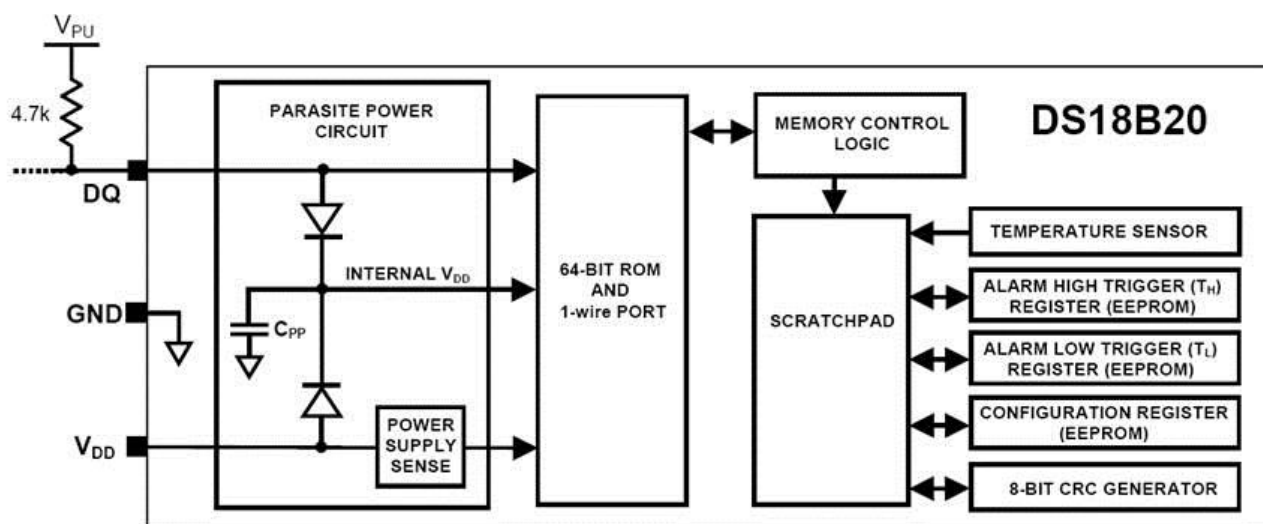


Рисунок 3.6 - Структурна схема температурного датчика DS18B20

DS18B20 - високоточний цифровий термометр з однопровідним інтерфейсом в стандарті MicroLAN. Діапазон вимірюваних температур від мінус 55 до +125°C. Зчитуваний з приладу цифровий код є прямим безпосереднім кодом вимірюваного значення температури і не потребує додаткових перетворень. Абсолютна похибка перетворення менша 0,5°C в діапазоні контрольованих температур від мінус 10 до +85°C. Максимальний час повного 12-ти розрядного перетворення ~750мс.

Основні функціональні можливості DS18B20 - його температурний перетворювач. Роздільна здатність температурного перетворювача може бути змінена користувачем і складає 9, 10, 11 або 12 бітів, відповідно до приростів (дискретності вимірювання температури) 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, и 0.0625°C. Роздільна здатність вбудованого АЦП по замовчуванню встановлена 12-біт. Після конвертування отримані дані запам'ятовуються в 2-байтовому регістрі температури в оперативній пам'яті, і DS18B20 повертається до неактивного стану.

Внутрішня енергонезалежна пам'ять температурних уставок забезпечує запис довільних значень верхньої та нижньої границі уставок. Крім того, мікросхема містить вбудований логічний механізм пріоритетної сигналізації в лінію про факт виходу температури за один із вибраних порогів.

Вузол 1-Wire-інтерфейсу приладу (рисунок 3.7) [44] організований таким чином, що існує теоретична можливість адресації необмеженої кількості подібних пристроїв на однопровідній лінії. Термометр має індивідуальний 64-розрядний реєстраційний номер (груповий код 028H) і забезпечує можливість роботи без зовнішнього джерела живлення, тільки за рахунок паразитного живлення однопровідної лінії. Живлення приладу через окремий зовнішній вивід здійснюється напругою від 3,0 до 5,5В. Термометр розміщений в транзисторному корпусі TO-92 або в 8-контактному корпусі SOIC для поверхневого монтажу.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 58   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

Після закінчення перетворення дані зберігаються в 2-байтовому температурному регістрі в оперативній пам'яті, а DS18B20 повертається в неактивний стан з низьким енергоспоживанням. Якщо пристрій використовується в режимі паразитного живлення, то в межах не пізніше 10 мкс (максимальна) після подачі команди пристрій управління повинен встановити високий рівень на шині на час тривалості перетворення ( $t_{conv}$ ).

Якщо DS18B20 живиться від зовнішнього джерела живлення, головний пристрій може зчитувати стан шини після команди «Конвертування температури» [44]. Якщо на шині логічний «0» - це означає, що DS18B20 виконує температурне перетворення. Якщо на шині логічна «1» – перетворення закінчене і можна зчитувати дані.

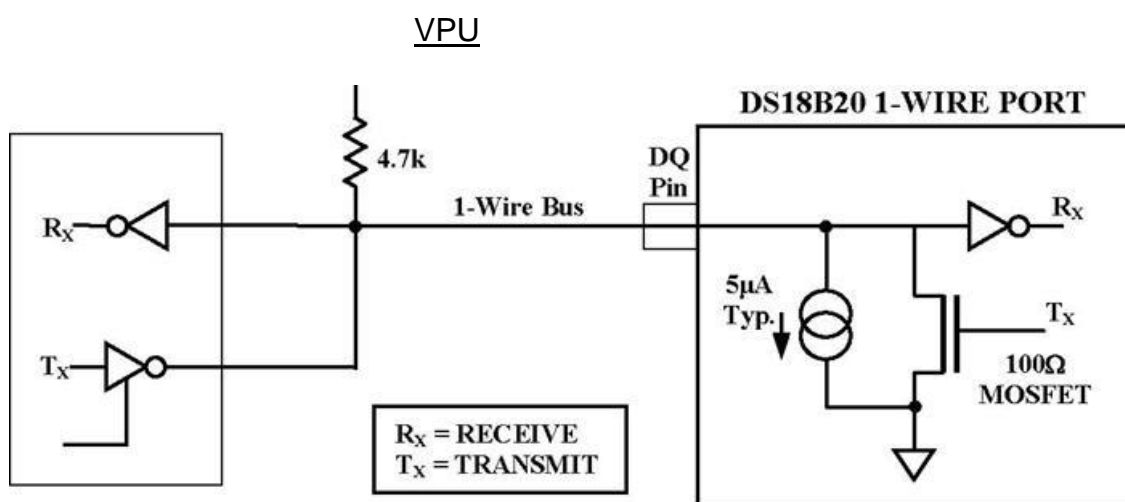


Рисунок 3.7 - Конфігурація шини 1-wire

В режимі використання паразитного живлення ця методика повідомлення не може використовуватись, так як шина повинна бути в високому стані протягом всього циклу перетворення температури.

Методика контролю часу перетворення по стану шини полягає в тому, що після команди конвертування температури пристрій управління повинен посилати на шину слот часу і контролювати біт стану, який видає DS18B20.

Якщо DS18B20 відповідає нулем, то конвертування іде, якщо 1 – конвертування виконано і можна зчитувати температуру.

Далі відправляється temp в буфер, використовуючи функцію sprintf(), і виводяться дані на екран.

Таким чином, температурні датчики даного класу мають наступні переваги:

- використовують стандартизований інтерфейс 1-wire;
- діапазон вимірюваних температур від -55°C до +125°C;
- спеціалізоване програмне забезпечення.

Серійний адаптер DS90C03 перетворює сигнали протоколу 1-wire в сигнали протоколу RS-232C, за яким працює COM-порт.

### 3.3 Дослідження температури жорсткого диску

Використання покращених систем охолодження не є оптимальним шляхом для зниження температур компонентів ПК. Крім того, деякі елементи системної плати, температура яких має тенденцію до зростання (North bridge, South bridge та ін.), не містять температурних датчиків. Відсутність засобів температурного контролю і засобів забезпечення встановлення оптимальних температурних режимів призводить до недостатності діагностичної інформації щодо ПК і, відповідно, низької ефективності відомих програмних засобів діагностування.

Зміна режимів навантаження компонентів ПК або конфігурації системи є причинами зміни температур. Для виявлення змін температур при зміні умов функціонування (режимів навантаження і зміни розташування) проведено експерименти з жорстким диском [8] Seagate при різних умовах функціонування. Більшість сучасних жорстких дисків мають вбудований температурний датчик, дані з якого можна отримати за допомогою технології

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 60   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |



S.M.A.R.T. Для експерименту встановлено на поверхню жорсткого диску зовнішні температурні давачі DS18B20 [45].

Дослідження режимів функціонування сучасних ПК та їх компонентів показало, що періодичні відхилення значень їх параметрів знижують надійність ПК та можуть привести їх до виходу з ладу. Так, наприклад, у конфігурації (процесор - Celeron-2000; системна плата – ASUS P4XP-X; оперативна пам'ять – 256 Мб), до складу якої входили 2 жорсткі диски Seagate 120 Гб і Seagate 160Гб при функціонуванні додатків більше 30 хвилин, що створюють значне навантаження (сучасні ігри, Matlab, графічні пакети), виявлено температурні відхилення на процесорі ( $71^{\circ}\text{C}$  при допустимій робочій температурі  $T < 68^{\circ}\text{C}$ ) і на одному з жорстких дисків ( $56^{\circ}\text{C}$  при допустимій робочій температурі  $T < 55^{\circ}\text{C}$ ).

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 61   |

## 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

У даному розділі дипломної роботи проводиться економічне обґрунтування доцільності розробки програмного засобу. Зокрема, здійснюється розрахунок витрат на розробку даного програмного забезпечення, експлуатаційних витрат, ціни на споживання проектного рішення, визначаються показники економічної ефективності нового програмного продукту, обґрунтовуються відповідні висновки.

Розроблений програмний засіб призначений для діагностики комп'ютерних систем.

### 4.1 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку і впровадження програмних засобів ( $K$ ) включають:

$$K = K_1 + K_2, \quad (4.1)$$

де  $K_1$  — витрати на розробку програмних засобів, грн;

$K_2$  — витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програми рішення задачі на комп'ютері, грн.

Витрати на розробку програмних засобів включають:

- витрати на оплату праці розробників ( $B_{оп}$ );
- витрати на відрахування у спеціальні державні фонди ( $Bф$ );
- витрати на покупні вироби ( $Пв$ );

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 62   |

- витрати на придбання спецобладнання для проведення експериментальних робіт (*Об*);
- накладні витрати (*Н*);
- інші витрати (*Ів*).

Витрати на оплату праці включають заробітну плату (ЗП) всіх категорій працівників, безпосередньо зайнятих на всіх етапах проектування. Розмір ЗП обчислюється на основі трудоемності відповідних робіт у людино-днях та середньої ЗП відповідних категорій працівників.

У розробці проектного рішення задіяні наступні спеціалісти - розробники, а саме: керівник проекту; студент-дипломант; консультант техніко-економічного розділу.

Таблиця 4.1 — Вихідні дані для розрахунку витрат на оплату праці

| № п/п | Посада виконавців                                | Місячний оклад, грн. |
|-------|--|----------------------|
| 1     | Керівник ДП, доцент                              | 5200                 |
| 2     | Консультант техніко-економічного розділу, Доцент | 5300                 |
| 3     | Студент  | 1089                 |

Витрати на оплату праці розробників проекту визначаються за формулою:

$$B_{оп} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M n_{ij} \cdot t_{ij} \cdot C_{ij}, \quad (4.2)$$

де  $n_{ij}$  — чисельність розробників  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, осіб;

$t_{ij}$  —затрачений час на розробку проекту співробітником  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, год;

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 63   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

$C_{ij}$  — годинна ставка працівника  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, грн.

Середньо годинна ставка працівника може бути розрахована за формулою:

$$C_{ij} = \frac{C_{ij}^0(1+h)}{PЧ_i}, \quad (4.3)$$

де  $C_{ij}$  — основна місячна заробітна плата розробника  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, грн.;

$h$  — коефіцієнт, що визначає розмір додаткової заробітної плати (при умові наявності доплат);

$PЧ_i$  - місячний фонд робочого часу працівника  $i$ -ої спеціальності  $j$ -го тарифного розряду, год. (приймаємо 168 год.).

Результати розрахунку записують до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 — Розрахунок витрат на оплату праці

| №<br>п/п | Посада виконавців                                       | Час<br>розробки,<br>год | Погодинна<br>заробітна<br>плата,<br>грн/год. | Витрати на<br>розробку, грн |
|----------|---|-------------------------|--|-----------------------------|
| 1        | Керівник ДП, доцент                                     | 20,5                    | 30,95  | 634,47                      |
| 2        | Консультант техніко-<br>економічного розділу,<br>доцент | 2                       | 31,5   | 63                          |
| 3        | Студент   | 240                     | 6,46   | 1550,4                      |
| Разом    |   |                         |  | 2247,87                     |

Величну єдиного соціального внеску визначають у відсотковому співвідношенні від суми основної та додаткової заробітних плат. Згідно

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 64   |

діючого нормативного законодавства сума відрахувань у спеціальні державні фонди складає 16,4% від суми заробітної плати, тобто

$$B_{\phi} = \frac{20,5}{100} \cdot 2247,87 = 460,8 \text{ грн.}$$

Витрати на використання комп'ютерної техніки включають витрати на амортизацію комп'ютерної техніки, витрати на користування програмним забезпеченням, витрати на електроенергію, що споживається комп'ютером. За даними обчислювального центру ТНЕУ для комп'ютера типу IBM PC/ATX вартість години роботи становить 5,3 грн. Середній щоденний час роботи на комп'ютері — 2 години.

У таблиці 4.3 наведений перелік купованих виробів і розраховані витрати на них.

Таблиця 4.3 — Розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі

| Найменування купованих виробів | Одиниця виміру | Ціна, грн. | Кількість купованих виробів | Сума, грн. | Транспортні витрати (10% від суми) | Загальна сума, грн |
|--------------------------------|----------------|------------|-----------------------------|------------|------------------------------------|--------------------|
| Папір (формат А4)              | уп             | 80,0       | 2                           | 160,00     | 16,0                               | 176,0              |
| Ручка кулькова                 | шт             | 4,0        | 2                           | 8,00       | 0,8                                | 8,80               |
| Диски CD-R                     | шт             | 2,0        | 2                           | 4,00       | 0,4                                | 4,40               |
| Зошит, 96 арк                  | шт             | 9,50       | 1                           | 9,50       | 0,95                               | 10,45              |
| Тонер для принтера             | уп             | 49         | 1                           | 49         | 4,9                                | 53,9               |
| Ліцензія середовища розробки   | шт             | 6000       | 1                           | 6000       | 0                                  | 6000               |
| Разом                          |                |            |                             |            |                                    | 6252,55            |

Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки приведений в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 — Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки

| №<br>п/п | Назва етапів робіт, при виконанні яких використовується комп'ютер | Час використання комп'ютера, год. | Витрати на використання комп'ютера грн. |
|----------|---|-----------------------------------|---|
| 1        | Проведення досліджень та оформлення їх результатів                | 60                                | 270                                     |
| 2        | Оформлення техніко-економічного розділу                           | 8                                 | 36                                      |
| 4        | Оформлення ДП   | 12                                | 54                                      |
| Разом    |   | 80                                | 360                                     |

Накладні витрати проектних організацій включають три групи видатків: витрати на управління, загальногосподарські витрати, невиробничі витрати. Вони розраховуються за встановленими відсотками до витрат на оплату праці. Середньостатистичний відсоток накладних витрат приймемо 50% від заробітної плати, тому  $H = 1,5 \cdot 2247,87 = 3371,8$  (грн.)

Інші витрати є витратами, які не враховані в попередніх статтях. Вони становлять 10% від заробітної плати:  $I = 2247,87 \cdot 0,1 = 224,8$  (грн.)

Витрати на розробку програмного забезпечення складають:

$$K_1 = B_{OP} + B_{\Phi} + B_{ПВ} + H + I$$

$$K_1 = 2247,87 + 460,8 + 6252,55 + 3371,8 + 224,8 = 12557,8 \text{ (грн.)}$$

Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту визначаємо за формулою:

$$K_2 = S_{м.з.} \cdot t_{від}, \quad (4.4)$$

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 66   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

де  $S_{м.г.}$  — вартість однієї машино-години роботи ПК, грн./год.

$t_{від}$  — комп'ютерний час, витрачений на відлагодження і дослідну експлуатацію створеного програмного продукту, год.

Загальна кількість днів роботи на комп'ютері дорівнює 30 днів. Середній щоденний час роботи на комп'ютері — 2 години. Вартість години роботи комп'ютера дорівнює 5,32 грн. Тому  $K_2 = 5,32 \cdot 60 = 319,2$  грн.

На основі отриманих даних складаємо кошторис витрат на розробку програмного забезпечення (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 — Кошторис витрат на розробку програмного забезпечення

| Найменування витрат   | Сума витрат, грн. |
|---|-------------------|
| Витрати на оплату праці   | 2247,87           |
| Відрахування у спеціальні державні фонди                              | 460,8             |
| Витрати на куповані вироби  | 6252,55           |
| Накладні витрати  | 3371,8            |
| Інші витрати  | 224,8             |
| Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту | 319,2             |
| Разом   | 12877,02          |

#### 4.2 Визначення експлуатаційних витрат

Для оцінки економічної ефективності розроблюваного програмного продукту слід порівняти його з аналогом, тобто існуючим програмним забезпеченням ідентичного функціонального призначення.

Експлуатаційні одноразові витрати по програмному забезпеченню і аналогу включають вартість підготовки даних і вартість роботи комп'ютера (за час дії програми):

$$E_n = E_{1n} + E_{2n}, \quad (4.5)$$

де  $E_n$  — одноразові експлуатаційні витрати на ПЗ (аналог), грн.;

$E_{1n}$  — вартість підготовки даних для експлуатації ПЗ (аналог), грн.;

$E_{2n}$  — вартість роботи комп'ютера для виконання проектного рішення (аналог), грн.

Річні експлуатаційні витрати  $B_{en}$  визначаються за формулою:

$$B_{En} = E_n \cdot N_n, \quad (4.6)$$

де  $N_n$  — періодичність експлуатації ПЗ (аналог), раз/рік.

Вартість підготовки даних для роботи на комп'ютері визначається за формулою:

$$E_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n n_i t_i c_i, \quad (4.7)$$

де  $i$  — категорії працівників, які приймають участь у підготовці даних;

$n_i$  — кількість працівників  $i$ -ої категорії, осіб;

$t_i$  — трудомісткість роботи співробітників  $i$ -ої категорії по підготовці даних, год.;

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 68   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |



$c_i$  — середнього годинна ставка працівника  $i$ -ої категорії з врахуванням додаткової заробітної плати, що знаходиться із співвідношення:

$$c_i = \frac{c_i^0(1+b)}{m}, \quad (4.8)$$

де  $b$  — коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату (прийmemo 0,57);  
 $m$  — кількість робочих годин у місяці, год.

Для роботи з даними як для проектного рішення так і аналогу потрібен один працівник, основна місячна заробітна плата якого складає:  $c = 1089$  грн. Тоді:  $c_1 = \frac{1089(1+0,57)}{22*8} = 9,7$  грн/год. Трудомісткість підготовки даних для проектного рішення складає 3 год., для аналога 3,5 год. Результати представлені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 — Розрахунок витрат на підготовку даних та реалізацію проектного рішення на комп'ютері

| Час роботи співробітників, год. | Середньогодинна заробітна плата, грн./год. | Витрати , грн. |
|---------------------------------|--|----------------|
| Проектне рішення                |  |                |
| 3                               | 9,7  | 29,1           |
| Аналог                          |  |                |
| 3,5                             | 9,7  | 33,95          |

Витрати на експлуатацію комп'ютера визначається за формулою:

$$E_{2П} = t * S_{MG}, \quad (4.9)$$

де  $t$  — витрати машинного часу для реалізації проектного рішення (аналогу), год.;

$S_{MG}$  — вартість однієї години роботи комп'ютера, грн./год.

$$E_{2n} = 3 \cdot 5,32 = 15,96 \text{ грн.}; \quad E_{2a} = 3,5 \cdot 5,32 = 18,62 \text{ грн.};$$

$$E_n = 29,1 + 15,96 = 45,06 \text{ грн.}; \quad E_a = 33,95 + 18,62 = 52,57 \text{ грн.};$$

$$B_{en} = 45,06 \cdot 252 = 11355,12 \text{ грн.}; \quad B_{ea} = 52,57 \cdot 252 = 13247,64 \text{ грн.}$$

#### 4.3 Розрахунок ціни споживання проектного рішення

Ціна споживання — це витрати на придбання і експлуатацію проектного рішення за весь строк його служби:

$$C_{C(\Pi)} = C_{\Pi} + B_{(E)NPV} \quad (4.10)$$

де  $C_{\Pi} = K(1 + \frac{Pr}{100}) + K_o + K_k$  — ціна придбання проектного рішення, грн.:

$K$  — кошторисна вартість;

$Pr$  — рентабельність;

$K_o$  — витрати на прив'язку та освоєння проектного рішення на конкретному об'єкті, грн.;

$K_k$  — витрати на доукомплектування технічних засобів на об'єкті, грн.

Отже,  $C_n = 12877 \cdot (1 + 0,3) = 16740,1$  грн.

Вартість витрат на експлуатацію проектного рішення (за весь час його експлуатації), грн.:

$$B_{enpv} = \sum_{t=0}^T \frac{B_{e\Pi}}{(1 + R)^t}, \quad (4.11)$$

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                               | 70   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               |      |

де  $B_{en}$  — річні експлуатаційні витрати, грн.;

$T$  — строк служби проектного рішення, років;

$R$  — річна ставка проценту банку.

$$\text{Отже, } B_{епрв} = \sum_{t=1}^3 \frac{11355,12}{(1+0,08)^t} = 31542 \text{ грн}; \quad B_{епрв} = \sum_{t=1}^3 \frac{13247,64}{(1+0,08)^t} = 36799 \text{ грн.}$$

Тоді ціна споживання проектного рішення дорівнюватиме:

$$Ц_{сн} = 16740,1 + 31542 = 48282,1 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначається ціна споживання для аналогу:

$$Ц_{са} = 14470,7 + 36799 = 51269,7 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Визначення показників економічної ефективності

Економічний ефект в сфері проектування рішення:

$$E_{пр} = Ц_{п} - Ц_{а} = 51269,7 - 48282,1 = 2986,9 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект в сфері експлуатації:

$$E_{кс} = B_{еа} - B_{еп} = 13247,64 - 11355,12 = 1892,52 \text{ грн.}$$

Додатковий економічний ефект у сфері експлуатації:

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 71   |

$$\Delta E_{екс} = \sum_{t=1}^T E_{екс} (1 + R)^{T-t} \text{ грн.}$$

$$\Delta E_{екс} = \sum_{t=1}^3 1892,52(1 + 0,08)^{3-t} = 6143,88 \text{ грн}$$

Сумарний ефект складає:

$$E = E_{пр} + \Delta E_{екс} = 9130,78 \text{ грн.}$$

Результати усіх здійснених вище розрахунків представлені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 — Показники економічної ефективності проектного рішення

| Найменування                           | Одиниці вимірювання | Значення показників |               |
|--|---------------------|---------------------|---------------|
|  |                     | Базовий варіант     | Новий варіант |
| Капітальні вкладення                   | грн.                | -                   | 12877,02      |
| Ціна придбання                         | грн.                | 14470,7             | 16740,1       |
| Річні експлуатаційні витрати           | грн.                | 13247,64            | 11355,12      |
| Ціна споживання                        | грн.                | 51269,7             | 48282,1       |
| Економічний ефект в сфері проектування | грн.                | -                   | 2986,9        |
| Економічний ефект в сфері експлуатації | грн.                | -                   | 1892,52       |
| Додатковий ефект в сфері експлуатації  | грн.                | -                   | 6143,88       |
| Сумарний ефект                         | грн.                | 9130,78             |               |

Отже, у даному розділі проведено розрахунок витрат на розробку програмного засобу, оплату праці, розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки, а також кошторис витрат на розробку даного програмного забезпечення. Отже, згідно проведеного економічного обґрунтування дане проектне рішення є конкурентоздатним. Отримано

економічний ефект у розмірі 9130,78 грн. і тому розробка і впровадження цього проектного рішення є економічно доцільними.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 73   |

## ВИСНОВКИ

В результаті розробки дипломного проекту:

- 1) проведено аналіз архітектури персональних комп'ютерів, що дало можливість виділити основні його складові та їх функції;
- 2) проведено дослідження факторів впливу на температурні режими компонентів ПК, що дозволило визначити вхідні змінні програмно-апаратного засобу контролю температури;
- 3) проведено аналіз сучасних апаратних засобів підтримання температурних режимів ПК та визначено найпоширеніші з них;
- 4) розроблено структурну схему модуля контролю температурних режимів ПК;
- 5) здійснено реалізацію проекту та його верифікацію;
- 6) визначено рекомендації щодо усунення підвищених температур компонентів ПК;
- 7) здійснено техніко-економічне обґрунтування.

Результати дипломного проектування плануються до впровадження (додаток Б).

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 74   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вебер Р. Конфигурирование ПК на процессорах Pentium, MMX, AMD / Р.Вебер. - М.: Мир, 1998. - 416 с.
2. Мюллер С. Модернизация и ремонт персональных компьютеров: пер. с англ./ С.Мюллер – М.: БИ98. - 944 с.
3. Локазюк В. М. Інтелектуальне діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем. Навчальний посібник для вузів / В.М. Локазюк, О.В. Поморова, А.О. Домінов. – К.: “Такі справи”, 2001. – 286 с.
4. Каган Б. М. Основы эксплуатации ЭВМ: Учебн. пособие для вузов / Под ред. Б.М.Кагана / Б.М.Каган, И.Б.Мкртумян. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 376 с.
5. Тарасенко В. П. Надійність комп’ютерних систем / В.П.Тарасенко, А.Ю.Маламан, Ю.П.Черніченко, В.І.Корнійчук. – К.: «Корнійчук», 2007. – 256 с.
6. Чайковський Д.Ю. Дослідження температурних режимів жорстких дисків персональних комп’ютерів / Д.Ю.Чайковський // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. - Т.6. – Харків. - 2007. – С. 72 - 76.
7. Поморова О.В. Аналіз і дослідження температурних режимів компонентів персональних комп’ютерів / О.В. Поморова, Д.Ю. Чайковський // Вісник Хмельницького національного університету. - Т.1, №3. – Хмельницький. - 2007. - С. 231 - 236.
8. Гук М. Аппаратные средства IBM PC: Энциклопедия / М.Гук. - СПб.: М., Нижний Новгород, Воронеж, Ростов н/Д, Питер, 2006. – 1072 с.
9. Локазюк В.М. Надійність, контроль, діагностика і модернізація ПК. Посібник / За ред. В.М. Локазюка./ В.М.Локазюк. - К.: Академія, 2004. - 376 с.
10. Минаси М. Модернизация и обслуживание ПК. Полное

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 75   |

руководство / Под ред. Д.М. Шевель./ М.Минаси. - К.: ВЕК+; М.: ЭНТРОП,  
1999. - 1040 с.

11.Мураховский В.И., Евсеев Г.А. Железо ПК- 2002: Практическое  
руководство. / В.И.Мураховский, Г.А.Евсеев. - М.: ДЕСС КОМ, 2002. - 672 с.

12.Томпсон Р.Б. Железо ПК. Энциклопедия: Настольный справочник. /  
Р.Б.Томпсон.- СПб.; М.; К.: Питер, 2004. - 956 с.

13.Программы для тестирования и диагностики ПК // Файловый архив  
sat-sputnik.mylivepage.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sat-sputnik.mylivepage.ru/file/647>.

14.Программы для тестирования и диагностики неисправности ПК //   
Компьютерные проблемы: помощь, диагностика, ремонт [Электронный ресурс].  
– Режим доступа: <http://www.nowa.cc/showthread.php?t=96460>.

15.CPUCool the Cool CPU Program // Podien's Shareware at [www.cpu-cool.de](http://www.cpu-cool.de) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cpu-cool.de/CPUCOOL.HTM>.

16.CPU-Z // CPUID – x86 technical resources [Электронный ресурс]. –  
Режим доступа: <http://www.cpubid.com/cpuz.php>.

17.GPU-Z // GPU-Z - Info-Tool für Grafikkarten und GPUs [Электронный  
ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gpu-z.de/>.

18.HDDScan – HDD Diagnostics And Recovery // HDDGuru – Everything  
About Hard Disc Drives [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://www.hddguru.com/content/en/software/>.

19.HWMonitor // CPUID – x86 technical resources [Электронный ресурс]. –  
Режим доступа: <http://www.cpubid.com/hwmonitor.php>.

20.Motherboard Monitor 5.3.7.0 Update 2 // Free Downloads Encyclopedia –  
SoftPedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://www.softpedia.com/get/System/System-Info/Motherboard-Monitor.shtml>.

21.Real Temp - Temperature Monitoring Program // techPowerUp! – The  
Latest in Hardware and Gaming [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 76   |



<http://www.techpowerup.com/realtemp/>.

22. System ANalyser, Diagnostic and Reporting Assistant // SiSoftware Zone [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sisoftware.co.uk/>.

23. SpeedFan - Access temperature sensor in your computer // Almico's Home Page [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.almico.com/speedfan.php>.

24. Intel Thermal Analysis Tool // techPowerUp! – The Latest in Hardware and Gaming [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.techpowerup.com/downloads/392/Intel\\_Thermal\\_Analysis\\_Tool.html](http://www.techpowerup.com/downloads/392/Intel_Thermal_Analysis_Tool.html).

25. HWiNFO32 - Hardware Information and Analysis Tools // HWiNFO Homepage [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.hwinfo.com/>.

26. PerfMonitor - Processor Performance Monitoring Tool // EXTREME Overcolcking – Tweaking PC Hardware To The Max [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://files.extremeoverclocking.com/file.php?f=186>.

27. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення.

28. Gartner Research Services [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.gartner.com/it/products/research/research\\_services.jsp](http://www.gartner.com/it/products/research/research_services.jsp).

29. Herbst G. Hitachi's Drive Temperature Indicator Processor (Drive-TIP) helps ensure high drive reliability. Hitachi Global Storage Technologies [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.hitachigst.com>.

30. HDD Temperature™ software [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.hddtemp.com>

31. Karbo M. PC Architecture [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.karbosguide.com/books/pcarchitecture/chapter27.htm](http://www.karbosguide.com/books/pcarchitecture/chapter27.htm).

32. Advanced Configuration & Power Interface [Електронний ресурс]. – Режим доступу: - <http://www.acpi.info/>.

33. Sassen S. Intel's BTX form factor, what to expect [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.hardwareanalysis.com/content/article/1763/>.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 77   |

34. Balanced Technology Extended (BTX) Interface Specification – Version 1.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.formfactors.org](http://www.formfactors.org).
35. ATX Specification - Version 2.2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.formfactors.org](http://www.formfactors.org).
36. ATX Thermal Design Suggestions - Version 1.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.formfactors.org](http://www.formfactors.org).
37. Asus PC Probe [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.asus.com/asuspcprobe.htm>.
38. MSI CoreCenter [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.msi.com.tw/program/support/software /swr /spt\\_sw\\_r\\_list.php?kind =1](http://www.msi.com.tw/program/support/software /swr /spt_sw_r_list.php?kind =1).
39. ABit µGuru [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.abit-usa.com/downloads/utility/>.
40. Ati overdrive Technology [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ati.amd.com>.
41. Апостолюк С.О. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи: Навч. посібник/ С.О.Апостолюк, В.С.Джигирей, А.С.Апостолюк [та ін.] – К.: Знання, 2006. – 215с.
42. Жидецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів. / В.Ц.Жидецький. – Львів: Афіша, 2000. – 176 с.
43. Карначев А.С. Микролокальные сети: интеллектуальные датчики, однопроводный интерфейс, системы сбора информации / А.С. Карначев, В.А. Белошенко, В.И. Титиевский. – Донецк: ДонФТИ НАНУ Украины, 2000. – 199 с.
44. Интерфейс 1-wire и температурный датчик *DS18B20* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.samou4ka.net/page/interfejs-1-wire-i-temperaturnyj-datchik-ds18b20>
45. DS18B20 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.invent-systems.narod.ru/DS18B20.htm>

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 78   |

46. Валентинова М. Компьютерные системы: с тепловым режимом все «о'кей»/ М. Валентинова. // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2001. - №1. – С.16-23.

47. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” напряму підготовки 6.050102 «Комп’ютерна інженерія» фахового спрямування «Комп’ютерні системи та мережі» / О.М. Березький, Л.О.Дубчак, Р.Б. Трембач, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько, С.В. Івасьєв / Під ред. О.М. Березького. - Тернопіль: ТНЕУ, 2016.–65 с.

|     |      |          |        |      |                               |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДП.КСМ.111855/16.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                               | 79   |