МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Комп'ютерно-інтегровані системи керування»
обов'язкових компонент
освітньо - професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Електромеханіка

за темою № 3 - Основні пристрої бортових цифрових обчислювальних машин (БЦОМ)

Харків 2022

ЗАТВЕРДЖЕНО
Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2022 № 8

СХВАЛЕНО
Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу
Протокол від 22.08.2022 № 1

ПОГОДЖЕНО
Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 15.08.2022 № 1

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Стущанський Ю.В.

Рецензенти:
1. Заступник директора коледжу з навчальної та виховної роботи КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Шмельов Ю.М.
2. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.

План лекції:

1. Склад бортової цифрової обчислювальної машини.
2. Загальна класифікація обчислювальних машин

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна література:

1. В.П. Харченко, І.В. Остроумов. Авіоніка. Навчальний посібник. К.: НАУ,2013.-272с.
2. Авіаційні радіоелектронні системи / О.О.Чужа, О.Г. Ситник, В.М. Хімін, О.В. Кожохіна. – К.:НАУ, 2017. – 264с.;
3. В.О. Рогожин. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синєглазов, М.К. Філяшкин. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с.
4. А.В.Скрипець.Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.:НАУ, 2003. – 396с.;
5. А.П.Бамбуркін, В.Н.Неделько, М.И.Рубец. Аеронавігаційні радіотехнічні системи. Навчальний посібник/ Під.ред. М.И.Рубця — Кіровоград. Видво ГЛАУ, 2002.- 520с.
6. П.В.Олянюк, Авіаційне радіообладнання. Підручник для ВУЗів. М:Транспорт 1989р. – 318 с.
7. В.І.Бойко ,,Основи схемотехніки електронних систем“ Підручник, В.Школа, 2004., 527 с.
8. Ю.В.Стущанський. Компютерні інтегровані системи авіоніки. Навчальний посібник. КЛК НАУ. 2011. – 182 с.

Допоміжна література:

1. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-2 - М.: Департамент повітряного транспорту, 1996.
2. Конспекти лекцій з базової підготовки технічного персоналу згідно вимог Part-66, Part-147 (Модуль 3, 4, 5, 13, 14)

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. Системи індикації ПС. https://studfiles.net/preview/6810198/page:28/
2. Бортова система попередження зіткнень http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/TM058196.htm
3. HELLI — TAWS http://www.fcs-modification.com/?go=news&n=6&new_language=0

Текст лекції

1. Склад бортової цифрової обчислювальної машини.

Будь-яка БЦОМ включає наступні основні пристрої: процесор, оперативний пристрій (ОЗУ), постійний запам’ятовуючий пристрій (ПЗУ), пристрої введення-виведення (УВВ) . Частіше БЦОМ також містить зовнішній пристрій.

Процесор - пристрій, що забезпечує обробку даних, що розміщуються в ОЗУ, за заданою програмою. При наявності в БЦОМ кількох процесорів часто один з них поряд з обробкою інформації виконує також функції управління всією БЦВМ, він називається центральним процесором. Процесори можуть бути паралельними і послідовними: паралельний процесор обробляє одночасно всі розряди машинного слова (8/16/32/64 розряду), послідовний процесор обробляє по одному розряду.

Процесор містить одне або кілька пристроїв обробки, званих звичайно аріфметико-логічними пристроями, пристрій управління, локальну пам'ять і, при необхідності, засоби контролю і діагностики.

Арифметичне-логічний пристрій (АЛП) призначено для виконання арифметичних і логічних операцій над числами, представленими з фіксованою або плаваючою крапкою. Логічні операції виконуються над числовими наборами n-розрядної довжини. АЛП містить один або кілька суматорів і регістри для зберігання перетворень. Воно може бути розширено спеціалізованими пристроями: двигуном, швидкомноженням, десятковим суматором, конвертером, співпроцесором і ін.

У процесі обробки інформації в режимі з фіксованою точкою Валуєв виробляються ознаки переповнення і передачі керування. Ознака переповнення розрядної сітки виробляється при виконання операцій над числами і надходить в пристрої управління на схеми переривання обчислювального процесу. В цьому випадку машина або зупиняється, або відбувається повторне рішення даної ділянки програми.

Пристрій управління (ПУ) управляє процесами передачі і обробки інформації в процесорі (приймає і розшифровує команди, формує послідовність керуючих сигналів, сигналів синхронізації і ін). ПУ може бути з жорсткою логікою і мікропрограмним.

Локальна пам'ять процесора складається в основному з різноманітних регістрів – регістрів загального призначення (РЗН), регістрів-покажчиків, робочих регістрів, керуючих регістрів і ін. Локальна пам'ять може також включати буфери команд і даних, спеціальну пам'ять для зберігання таблиць, перетворення адрес і ін.

Оперативний пристрій - частина пам'яті БЦВМ, яка в процесі переробки інформації безпосередньо взаємодіє з АЛУ. Воно призначене, головним чином, для зберігання вхідної інформації БЦВМ, а також проміжних і кінцевих результатів обчислень. У ОЗУ проводиться як запис, так і зчитування інформації. Зазвичай ОЗУ реалізується у вигляді одного або декількох блоків, забезпечених загальним пристроєм управлення . Основними характеристиками ОЗУ є час звернення до ОЗУ ємність. Під часом звернення розуміється час, необхідний для запису або зчитування однієї неподільної одиниці інформації (машинне слово, байт) з будь-якої комірки пам'яті. В процесі проектування, розробки і створення БЦВМ необхідно, щоб час звернення до ОЗУ було не більше часу виконання короткої операції в АЛП (найчастіше операції додавання двох операндів). Ємність пам'яті - це максимально можливе число машинних слів певної довжини, що зберігаються в ОЗП одночасно.

Постійний запам'ятовуючий пристрій - специфічний тип пам'яті БЦВМ. Особливість ПЗУ полягає в тому, що інформація може бути записана туди тільки один раз. У ПЗП зберігається інформація, яка не підлягає зміни в процесі функціонування БЦВМ: програми роботи БЦВМ і використовуються константи. У порівнянні з ОЗУ зберігання інформації в ПЗУ набагато надійніше, виключена можливість спотворення цієї інформації при збоях. Також час звернення до ПЗУ зазвичай менше, ніж до ОЗУ. Запис (програмування ПЗУ) проводиться на заводі-виробнику БЦВМ.

Зовнішній пристрій виконує функції зберігання не оперативних даних. Обсяг ВЗУ зазвичай значно перевищує ОЗУ. До ВЗУ відносяться диски типу «вінчестер», магнітні стрічки і т.п.

Пристрої введення-виведення служить для зв'язку БЦВМ з зовнішнього середовища і об'єктом управління. Часто УВВ виконують також деяку обробку вхідний і вихідний інформації, спрямовану на підвищення її достовірності за рахунок використання наявної інформаційної ізбиточності. При проектуванні пристроїв введення необхідно встановити кількість вхідних величин, що підлягають перетворенню, робочі діапазони, точність вимірювання вхідних сигналів, форму, швидкість зміни вимірюваної величини, спосіб перетворення інформації, масштаб представлення відповідних величин в машині. При проектуванні пристроїв виведення необхідно встановити форму видається сигналу, його робочий діапазон, допустиму диск точність вимірювання вхідних сигналів, форму, швидкість зміни вимірюваної величини, спосіб перетворення інформації, масштаб представлення відповідних величин в машині. При проектуванні пристроїв виведення необхідно встановити форму видається сигналу, його робочий діапазон, допустиму дискретність за рівнем і обмеження по тимчасовій дискретності видачі сигналів.

При побудові комплексів бортового обладнання найчастіше застосовують багатомашинні системи. До складу багатомашинних систем в якості окремих елементів можуть входити БЦВМ або обчислювачі всіх розглянутих типів. Структура і характеристики багатомашинних систем дуже різноманітні і визначаються вимогами конкретного застосування.

Спільними рисами багатомашинних систем є:

- багаторівнева ієрархічна організація;
- модульність структури і конструкції;
- наявність уніфікованих засобів інформаційного обміну.

Ще більш автономні структури класу MIMD є обчислювальні мережі, які складаються з територіально рознесених вузлів з'єднують їх ліній зв'язку.

Проміжне становище між багатопроцесорними системами з загальною пам'яттю і багатомашиній системами займають багатопроцесорні системи з розподіленою пам'яттю. У цих машинах пам'ять розподіляється між вузлами (процесорними елементами) і всі вузли з'єднуються між собою за допомогою того чи іншого типу мережі. Доступ до пам'яті може бути локальним або віддаленим. Спеціальні контролери, що розміщуються в вузлах мережі, можуть на основі аналізу адреси звернення прийняти рішення про те, чи знаходяться необхідні дані в локальній пам'яті даного вузла, або розміщуються в пам'яті віддаленого вузла. В останньому випадку контролера віддаленої пам'яті надсилається повідомлення для звернення до необхідних даних.

Для авіаційного застосування багатопроцесорні ЦВМ також дуже зручні, оскільки дозволяють досягти високої продуктивності за рахунок об'єдіненіянескольких щодо малопотужних процесорів, а також тому, що дозволяють будувати толерантні БЦВМ, які сохраняютработоспособность при відмові одного або декількох процесорів.

За способом доступу процесорів до загальних ресурсів багатопроцесорні ЦВМ можна розділити на структури: із загальною магістральної шиною, з багато входовою пам'яттю і з матричним комутатором.

2. Загальна класифікація обчислювальних машин

Існує безліч типів цифрових обчислювальних машин (ЦОМ). Спроби провести їх класифікацію поки не привели до створення стрункої загальноприйнятої системи: завжди знаходяться машини, що не укладаються в запропоновану схему. Тому в даний час паралельно існує кілька класифікацій. Розглянемо основні типи ЦОМ, користуючись при цьому найбільш відомою класифікацією М.Флінна за типами потоку команд і потоку даних. Під потоком команд розуміється послідовний ряд операцій (команд), які

виконуються ЦВМ, а під потоком даних - послідовний ряд операндів (даних), що викликаються потоком команд, включаючи проміжні результати.

Машина, що виконує одновременнотолько одну команду, називається ЦВМ з одиночним потоком команд, а машина, здатна одночасно виконати декілька команд називається ЦВМ з множинним потоком команд. Машина, обробна одночасно тільки один операнд (одиницю даних), називається ЦВМ з одиночним потоком даних, а машина, у якій одночасно в однаковій стадії обробки знаходиться декілька операндів, називається ЦВМ з множинним потоком даних. За типами потоків команд і даних ЦВМ поділяються на чотири основні класи:

1. SISD (single instruction stream / single data stream) - з одиночним потоком команд і одиночним потоком даних;
2. SIMD (single instruction stream / multiple data stream) - з одиночним потоком команд і множинним потоком даних;
3. MISD (multiple instruction stream / single data stream) - з множинним потоком команд і одиночним потоком даних;
4. MIMD (multiple instruction stream / multiple data stream) - з множинним потоком команд і множинним потоком даних.

Існують також обчислювальні машини, що володіють здатністю в процесі функціонування змінювати тип структури і переходити з одного класу в інший. Всі ці класи можуть використовуватися в бортових системах.

3. Цифрові обчислювальні машини класу SISD.

Клас SISD представляють собою звичайні структури фон-Неймановская типу. У таких ЦВМ є тільки один потік команд, всі команди обробляються послідовно один за одним і кожна команда ініціює одну операцію з одним потоком даних. З точки зору класифікації попотокам команд і даних не має значення той факт, що для збільшення швидкості обробки команд і швидкості виконання арифметичних операційв ЦВМ цього класу може застосовуватися конвеєрна обробка.

До класу SISD відносяться, дере за все, Класичні послідовні машини. Структурно це найпростіший і найпоширеніший тип ЦВМ, більшість використовуваних в бортовому обладнанні ЛА універсальних БЦВМ і спеціалізованих обчислювачів відносяться до цього класу, наприклад, БЦВМ серій «Орбіта», «Аргон», ЦВМ80.

Переваги ЦВМ класу SISD:

1. Спрощений набір команд.
2. Команди фіксованою довжини і форми.
3. Прості способи адресації, що дозволяє спростити логіку.
4. Більшість команд виконується за один цикл процесора.
5. Взаємодія з ОП обмежується операціями пересилання даних.
6. Позволяет використовувати велику кількість регістрів, можливість використання високошвидкісної пам'яті.

Недоліки класу SISD:

1. Низька швидкодія.

В процесі еволюції обчислювальних машин класу SISD оніпріобрелі розвинену систему команд: з великою кількістю машинних команд, багато з яких складні і виконуються за багато тактів, з великою кількістю методів адресації, великою кількістю форматів команд різної розрядності, з переважанням двоадресний формату команд, наявністю команд обробки типу регістр-пам'ять. Аналіз процесорів показав, що приблизно 80% часу виконується лише 20% великого набору команд. Прагнучи підвищити загальну проізводітельностьЦВМ, кількість команд різко зменшили, а складні команди стали виконувати у вигляді послідовностей команд з обраного мінімуму. Різко зменшили і кількість способів адресації пам'яті. Більш складні і рідко зустрічаються в реальних програмах способи адресації стали реалізовувати за допомогою додаткових команд, що взагалі кажучи призводить до збільшення розміру програмного коду. Однак таке збільшення довжини програми окупається можливістю простого збільшення тактової частоти процесорів. В результаті з'явилися процесори стали базою комп'ютерів зі скороченим набором команд-RISC-процесори (RISC -Reduced Instruction Set Computer). Структура процесорів різко спростилася, а час виконання програм - скоротилося. Новий підхід до архітектури процесора значно скоротила площу, необхідну для нього на кристалі інтегральної мікросхеми. Це дозволило збільшити число регістрів. У сучасному RISC-процесорі використовується не менше 32 регістрів, часто більш 100, в той час, як в класичних ЦВМ зазвичай 8-16 регістрів загального призначення. В результаті процесор на 20% -30% рідше звертається до оперативної пам'яті, що також підвищило швидкість обробки даних. Крім того, наявність великої кількості регістрів спрощує роботу компілятора з розподілу регістрів під змінні. Спростилася топологія процесора, що виконується у вигляді однієї інтегральної схеми, скоротилися терміни її розробки, вона стала дешевше.

Після появи RISC-процесорів традиційні процесори отримай Позначку CISC - тобто з повним набором команд (Complete Instruction SetComputer).

Завдяки своїй простоті і вартості в даний час RISC-процесори набув широкого розповсюдження.

Недолік швидкодії частково усувається конвеєризацією - в RISC-процесорах обробка машинної команди розділена на кілька ступенів, кожний ступінь обслуговують окремі апаратні засоби і організована передача даних від одного ступеня до наступної.

4. Цифрові обчислювальні машини класу SIMD.

До класу SIMD відносяться матричні БЦМ. Особливістю структури є те, що загальна будова управління визначає всім n процесорним елементам (ПЕ) однакові команди для кожного етапу обчислення програми. Всі процесори одночасно виконують одну і ту ж операцію - кожен з них над своїми даними,

які зберігаються в локальній пам'яті (ЛП) кожного з процессоров.К УУ пред'являються високі вимоги по швидкодії, так як необхідно забезпечити безперервність потоку команд, які обирають з основної оперативної пам'яті .

Команди переходів виконуються безпосередньо УУ з урахуванням стану ПЕ на момент завершення попередньої команди. За своєю структурою ПЕ однорідні і являють собою арифметико-логічні пристрої, що володіють досить високою швидкодією. Блоки управління окремими ПЕ містять засоби для дешифрування команд, управління їх реалізацією, формування ознак результатів операцій і звернення до локальнойпамяті ПЕ. При виконанні потоку команд окремі ПЕ можуть пропустити і не виконати деякі з них, якщо на вході ПЕ немає відповідних даних.

До класу SIMD часто відносять векторні процесори, хоча їх високаяпроізводітельность залежить від іншої форми паралелізму конвейерной організації машини. При виконанні векторної команди одна і та жеопераціязастосовується до всіх елементів вектора (або найчастіше ксоответствующім елементів пари векторів). Для настройки конвеєра на виконання конкретної операції може знадобитися некотороеустановочное час, проте потім операнди можуть надходити в конвеєр з максимальною швидкістю, що допускається можливостями пам'яті. При цьому не виникає пауз ні у зв'язку з вибіркою нової команди, ні в зв'язку з визначенням гілки обчислень при умовному переході.

Таким чином, головний принцип обчислень на векторній машині полягає у виконанні певної елементарної операції або комбінації з декількох елементарних операцій, які повинні повторно застосовуватися до деякого блоку даних. Таким операціям в початковій програмі відповідають невеликі компактні цикли. До класу SIMD також відносяться асоціативні ЦВМ. У них доступ кданним здійснюється не за адресою, а по асоціативному ознакою.

5.Цифрові обчислювальні машини класу MISD.

До класу MISD відносять конвейєрні ЦВМ, в яких дві або більше команди виконуються одночасно, хоча і на різних стадіях: одна з команд може знаходитися в стані завершення, інша - в стані очікування операнда з оперативной пам'яті

Конвеєрна ЦВМ містить кілька функціональних процесорів (ФП), які спеціалізуються на різних операціях над даними, тому можуть мати різну внутрішню структуру і характеристики, кожен з них може мати свою локальну пам'ять. Роботою всіх функціональних процесорів (ФП) управляє єдиний пристрій управління (ПУ). Програма конвеєрної ЦВМ складається з мікрокоманд, кожна з яких містить n команд (по числу ФП), що вказують, що повинен в кожному такті робити кожен ФП. Потік даних проходить через конвеєр функціональних процесорів, кожен ФП виконує операцію над блоком даних, після чого передає його наступному процесору, а сам від попереднього процесора приймає на обробку новий блок даних.

Якщо надходить команда переходу (в програмі реалізується розгалуження або цикл), природний порядок обробки команд порушується, все заздалегідь лічені з пам'яті в ФП команди, які йдуть за командою переходу, не виконуються. Тому функціонування конвеєра припиняється до моменту зчитування з пам'яті макрокоманди, якій передано управління, що призводить до значного зниження швидкодії конвеєра.

Можуть бути різні типи конвеєрних ЦВМ. Статичний конвеєр відрізняється незмінністю своєї структури в процесі обробки даних, в той час як динамічний конвеєр може перебудовуватися відповідно до виконуваної програмою. Розрізняють також синхронні і асинхронні конвеєрні ЦВМ. При синхронної конвеєрної обробці на виконання команди всім процесорам відводиться один і той же час, яке вибираетсяравним тривалості виконання найтривалішою команди. Функціональний процесор, який завершив обробку раніше, знаходиться в режимі очікування. При асинхронної обробки функціональний процесор передає результати наступного процесору, як тільки сам завершить свою операцію, після чого очікує дані від попереднього процесора (якщо вони до цього часу ще не готові). Простої в цьому випадку будуть менше, ніж при синхронній обробці.

6.Цифрові обчислювальні машини класу MIMD.

До класу MIMD відносяться багатопроцесорні (мультипроцесорні) ЦВМ і однорідні обчислювальні середовища. До цього ж класу можна отнестіраспределенние обчислювальні системи, призначені для решення одної спільної справи. Вони можуть являти собою багатомашинні сістемиу обчислювальні мережі.

Многопроцессорная ЦВМ містить кілька повноцінних і незалежних процесорів, які спільно використовують загальні ресурси - пам'ять або пристрої введення-виведення - і функціонують під управлінням єдиної операційної системи. Багатопроцесорні системи за поширеністю йдуть на другому местепосле класу SISD. Як приклади багатопроцесорних ЦВМ можна назвати Intel Paragon, CRAY T3D.

Для авіаційного застосування багатопроцесорні ЦВМ також дуже зручні, оскільки дозволяють досягти високої продуктивності за рахунок об'єдіненіянескольких щодо малопотужних процесорів, а також тому, що дозволяють будувати толерантні БЦВМ, які сохраняютработоспособность при відмові одного або декількох процесорів.

За способом доступу процесорів до загальних ресурсів багатопроцесорні ЦВМ можна розділити на структури: із загальною магістральної шиною, з багато входовою пам'яттю і з матричним комутатором.

При побудові комплексів бортового обладнання найчастіше застосовують багатомашинні системи. До складу багатомашинних систем в якості окремих елементів можуть входити БЦВМ або обчислювачі всіх розглянутих типів.

Структура і характеристики багатомашинних систем дуже різноманітні і визначаються вимогами конкретного застосування.

Спільними рисами багатомашинних систем є:

- багаторівнева ієрархічна організація;
- модульність структури і конструкції;
- наявність уніфікованих засобів інформаційного обміну.

Ще більш автономні структури класу MIMD є обчислювальні мережі, які складаються з територіально рознесених вузлів з'єднують їх ліній зв'язку.

Проміжне становище між багатопроцесорними системами з загальною пам'яттю і багатомашиній системами займають багатопроцесорні системи з розподіленою пам'яттю. У цих машинах пам'ять розподіляється між вузлами (процесорними елементами) і всі вузли з'єднуються між собою за допомогою того чи іншого типу мережі. Доступ до пам'яті може бути локальним або віддаленим. Спеціальні контролери, що розміщуються в вузлах мережі, можуть на основі аналізу адреси звернення прийняти рішення про те, чи знаходяться необхідні дані в локальній пам'яті даного вузла, або розміщуються в пам'яті віддаленого вузла. В останньому випадку контролера віддаленої пам'яті надсилається повідомлення для звернення до необхідних даних.