Лабораторна робота №º6

з дисципліни "Архітектура комп’ютера"

для студентів напряму 6.050103 "Програмна інженерія"

**Програмування арифметичного співпроцесора мікропроцесорів х86**

**МЕТА РОБОТИ:** розвинути навики складання програми для арифметичного співпроцесора мовою асемблера для обчислення математичного виразу, відтранслювати і виконати в режимі відлагодження програму, складену відповідно до свого варіанту, обчислити заданий вираз в програмі мовою С та порівняти результати.

Арифметичний процесор або співпроцесор - це цифровий пристрій, призначений для апаратного виконання арифметичних операцій над дійсними числами або числами з рухомою/плаваючою комою. Наявність співпроцесора дозволяє значно прискорити роботу програм, що виконують обчислення з високою точністю, тригонометричні розрахунки та опрацювання інформації, яка повинна бути подана у вигляді дійсних чисел. В перших моделях мікропроцесорів Intel співпроцесора не було, він виготовлявся у вигляді окремої інтегральної мікросхеми і входив в склад комп’ютерів як опція. Починаючи з моделі i486DX співпроцесор розміщується на тому ж кристалі, що і основний процесор.

Співпроцесор має вісім 80-розрядних регістрів даних R0 … R7 для зберігання чисел з плаваючою комою, організованих у вигляді кільцевого стека. Номер регістра, який на даний момент перебуває на вершині стека, вказується в 3-бітовому полі ТОР, що міститься в слові стану співпроцесора. При написанні програм, в яких використовуються команди з плаваючою комою, до вершини стека можна звернутися за допомогою операнда ST(0) (або просто ST). В командах можна також використовувати відносні до вершини стека операнди SТ(1) ... ST(7). Абсолютні імена регістрів типу R0, R1, ... R7 використовувати не можна.

При виконанні команд з плаваючою комою їх операнди зберігаються в десятибайтових регістрах у розширеному форматі з подвійною точністю. При збереженні результату арифметичної операції в пам'яті співпроцесор автоматично перетворює його з розширеного формату в ціле або довге ціле число, а також в коротке або довге дійсне число.

Основний процесор і співпроцесор можуть обмінюватися значеннями з плаваючою комою тільки через оперативну пам'ять. Тому перед викликом команди співпроцесора її операнд завжди повинен міститися в пам'яті. При цьому співпроцесор завантажує число з пам'яті в свій стек регістрів, виконує над ним арифметичну операцію і результат зберігає в оперативну пам'ять.

Мнемоніки команд з плаваючою комою завжди починаються з літери F/f, щоб їх можна було відрізнити від інших команд основного процесора. Друга літера в мнемоніці (зазвичай це B/b або I/i) визначає спосіб інтерпретації операнда, що міститься в пам'яті. Літера В свідчить про те, що оператор поданий в двійково-десятковому коді (Binary-Coded Decimal, або BCD). Літера І говорить про те, що оператор поданий у вигляді цілочислового значення. Якщо ці літери не вказані, то вважається, що оператор міститься в пам'яті в одному з форматів чисел із плаваючою комою. До прикладу, команда FBLD оперує з двійково-десятковими числами (BCD-числами), команда FILD - з цілими числами, а FLD - з дійсними, поданими в форматі з плаваючою комою.

У командах з плаваючою комою можна вказати максимум два операнди, причому один з них - це ім'я одного з регістрів даних. Безпосередньо задані операнди не використовуються. Як операнди не можна також використовувати імена регістрів загального призначення основного процесора, таких як АХ або ЕВХ. Не дозволені також операції типу "пам’ять-пам’ять".

Команда fabs обчислює абсолютне значення в регістрі стека ST(0), результат зберігається на місці аргументу.

Команда fsin / fcos обчислює sin / cos кута в радіанах (360° = 2л радіан), заданого в регістрі вершини стека ST; аргумент не повинен перевищувати 263. Результат зберігається в регістрі вершини стека ST, на місці аргументу.

Команда fptan обчислює наближене значення tg вмісту вершини стека ST(0). Значення аргументу в співпроцесорах 8087-80287 обмежене проміжком 0 - π/4; в наступних поколіннях співпроцесорів верхня межа розширена до 263. Якщо значення аргументу виходить за допустимі межі, то операція не виконується і встановлюється прапорець С2; це означає, що абсолютне значення аргументу слід спочатку зменшити на величину, кратну 2π, командою fprem1. Після записування результату в ST(0) (на місце аргументу) в стек додатково завантажується число 1.0. У підсумку отримуємо: ST = 1.0, а тангенс поміщається в ST(1), що дозволяло за відсутності команд fsin та fcos прискорити обчислення функцій sin та cos через tg.

Команда fcom виконує порівняння даних з рухомою комою. Здійснюється порівняння дійсних чисел, одне з яких завжди перебуває на вершині стека, а інше - в зазначеному регістрі або в пам'яті. Якщо операнд в команді не заданий, порівнюються значення вмісту вершини стека ST та ST(1).

Для ознайомлення з командами співпроцесора розгляньте приклад простої програми, складеної мовою асемблера.

Приклад програми, яка обчислює вираз при a=4.8, c=8.5, d=2.3.

.686

.model flat,stdcall

.stack

.data

A REAL4 4.8

B REAL4 8.5; C variable

D REAL4 2.3

C1 REAL4 47.0

C2 REAL4 7.6

C3 REAL4 6.9

C4 REAL4 8.1

C5 REAL4 9.7

TOP REAL4 ?

BOT REAL4 ?

RES REAL4 ?

.code

main:

finit

fld D

fmul A

fcos

fld B

fmul B

fld C1

fmul A

fadd C2

fsqrt

fsubp

faddp

fst TOP

fld D

fmul C3

fld B

fdiv C4

fld C5

fmul A

fsubp

faddp

fst BOT

fld TOP

fdiv BOT

fst RES

RET

END main

1. Складіть програму обчислення виразу за допомогою команд співпроцесора для WINDOWS.

2. Перевірте результат роботи асемблерної програми, порівнявши його з результатом програми мовою Сі.

3. У звіті наведіть текст програми, копії вікон з результатами.

4. Зробіть висновки про виконану роботу.

Завдання для ПЗ-21

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | Вираз | Значення |
| 1 |  | a = 4.5 c=1.7 d=3.8 |
| 2 |  | a = 2.3 c=2.1 d=4.2 |
| 3 |  | a = 3.5 c=2.4 d=4.1 |
| 4 |  | a = 5.2 c=3.8 d=6.3 |
| 5 |  | a = 3.1 c=2.2 d=4.6 |
| 6 |  | a = 4.7 c=9.3 d=6.4 |
| 7 |  | a = 4.3 c=7.3 d=5.4 |
| 8 |  | a = 8.3 c=4.3 d=6.4 |
| 9 |  | a = 1.3 c=6.3 d=8.4 |
| 10 |  | a = 3.4 c=5.1 d=7.2 |
| 11 |  | a = 3.7 c=5.4 d=4.3 |
| 12 |  | a = 6.5 c=8.4 d=5.1 |
| 13 |  | a = 4.8 c=1.5 d=3.3 |
| 14 |  | a = 9.3 c=8.1 d=6.2 |
| 15 |  | a = 2.3 c=1.3 d=8.4 |
| 16 |  | a = 7.5 c=2.7 d=5.8 |
| 17 |  | a = 3.3 c=5.1 d=8.2 |
| 18 |  | a =3.5 c=8.4 d=2.1 |
| 19 |  | a = 9.2 c=2.8 d=8.3 |
| 20 |  | a = 4.1 c=5.2 d=1.6 |
| 21 |  | a = 2.7 c=6.3 d=7.4 |
| 22 |  | a = 5.3 c=2.3 d=9.4 |
| 23 |  | a = 4.3 c=7.3 d=8.4 |
| 24 |  | a = 2.3 c=4.3 d=6.4 |
| 25 |  | a = 8.4 c=3.1 d=2.2 |
| 26 |  | a = 8.7 c=9.4 d=2.3 |
| 27 |  | a = 9.5 c=6.4 d=3.1 |
| 28 |  | a = 7.8 c=8.5 d=2.3 |
| 29 |  | a = 5.3 c=4.1 d=7.2 |

Завдання для ПЗ-22

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | |
| ПЗ-22 | | |
| Варіант | Вираз | Значення |
| 1 |  | a = 5.3 c=7.3 d=5.4 |
| 2 |  | a = 6.3 c=4.3 d=6.4 |
| 3 |  | a = 3.3 c=6.3 d=8.4 |
| 4 |  | a = 2.4 c=5.1 d=7.2 |
| 5 |  | a = 4.7 c=5.4 d=4.3 |
| 6 |  | a = 7.5 c=8.4 d=5.1 |
| 7 |  | a = 5.8 c=1.5 d=3.3 |
| 8 |  | a = 6.3 c=8.1 d=6.2 |
| 9 |  | a = 4.3 c=1.3 d=8.4 |
| 10 |  | a = 5.5 c=2.7 d=5.8 |
| 11 |  | a = 2.3 c=5.1 d=8.2 |
| 12 |  | a =3.5 c=8.4 d=2.1 |
| 13 |  | a = 8.2 c=2.8 d=8.3 |
| 14 |  | a = 5.1 c=5.2 d=1.6 |
| 15 |  | a = 3.7 c=6.3 d=7.4 |
| 16 |  | a = 6.3 c=2.3 d=9.4 |
| 17 |  | a = 5.3 c=7.3 d=8.4 |
| 18 |  | a = 3.3 c=4.3 d=6.4 |
| 19 |  | a = 7.4 c=3.1 d=2.2 |
| 20 |  | a = 7.7 c=9.4 d=2.3 |
| 21 |  | a = 8.5 c=6.4 d=3.1 |
| 22 |  | a = 9.8 c=8.5 d=2.3 |
| 23 |  | a = 6.3 c=4.1 d=7.2 |
| 24 |  | a = 8.3 c=6.3 d=5.4 |
| 25 |  | a = 7.3 c=6.3 d=5.4 |
| 26 |  | a = 7.5 c=4.7 d=6.8 |
| 27 |  | a = 8.3 c=7.1 d=1.2 |
| 28 |  | a = 5.5 c=8.4 d=9.1 |
| 29 |  | a = 5.5 c=4.7 d=6.8 |
| 30 |  | a = 4.3 c=7.1 d=1.2 |

Завдання для ПЗ-23

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | Вираз | Значення |
| 1 |  | a = 7.2 c=3.8 d=6.3 |
| 2 |  | a = 6.1 c=2.2 d=4.6 |
| 3 |  | a = 6.7 c=9.3 d=6.4 |
| 4 |  | a = 5.3 c=7.3 d=5.4 |
| 5 |  | a = 2.3 c=4.3 d=6.4 |
| 6 |  | a = 9.3 c=6.3 d=8.4 |
| 7 |  | a = 8.4 c=5.1 d=7.2 |
| 8 |  | a = 7.7 c=5.4 d=4.3 |
| 9 |  | a = 4.5 c=8.4 d=5.1 |
| 10 |  | a = 5.8 c=1.5 d=3.3 |
| 11 |  | a = 3.3 c=8.1 d=6.2 |
| 12 |  | a = 8.3 c=1.3 d=8.4 |
| 13 |  | a = 3.5 c=2.7 d=5.8 |
| 14 |  | a = 8.3 c=5.1 d=8.2 |
| 15 |  | a =7.5 c=8.4 d=2.1 |
| 16 |  | a = 1.2 c=2.8 d=8.3 |
| 17 |  | a = 7.1 c=5.2 d=1.6 |
| 18 |  | a = 9.7 c=6.3 d=7.4 |
| 19 |  | a = 1.3 c=2.3 d=9.4 |
| 20 |  | a = 6.3 c=7.3 d=8.4 |
| 21 |  | a = 8.3 c=4.3 d=6.4 |
| 22 |  | a = 2.4 c=3.1 d=2.2 |
| 23 |  | a = 5.8 c=8.5 d=2.3 |
| 24 |  | a = 3.3 c=4.1 d=7.2 |
| 25 |  | a = 8.3 c=6.3 d=5.4 |
| 26 |  | a = 4.5 c=4.7 d=6.8 |
| 27 |  | a = 5.3 c=7.1 d=1.2 |
| 28 |  | a = 5.8 c=7.5 d=4.3 |
| 29 |  | a = 1.3 c=4.1 d=7.2 |
| 30 |  | a = 9.3 c=6.3 d=5.4 |

Завдання для ПЗ-24

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | Вираз | Значення |
| 1 |  | a = 4.7 c=2.3 d=6.4 |
| 2 |  | a = 4.3 c=4.3 d=5.4 |
| 3 |  | a = 8.3 c=9.3 d=6.4 |
| 4 |  | a = 1.3 c=5.3 d=8.4 |
| 5 |  | a = 3.4 c=2.1 d=7.2 |
| 6 |  | a = 3.7 c=4.4 d=4.3 |
| 7 |  | a = 6.5 c=2.4 d=5.1 |
| 8 |  | a = 4.8 c=7.5 d=3.3 |
| 9 |  | a = 9.3 c=3.1 d=6.2 |
| 10 |  | a = 2.3 c=8.3 d=8.4 |
| 11 |  | a = 7.5 c=9.7 d=5.8 |
| 12 |  | a = 3.3 c=8.1 d=8.2 |
| 13 |  | a =3.5 c=5.4 d=2.1 |
| 14 |  | a = 9.2 c=6.8 d=8.3 |
| 15 |  | a = 4.1 c=2.2 d=1.6 |
| 16 |  | a = 2.7 c=4.3 d=7.4 |
| 17 |  | a = 5.3 c=9.3 d=9.4 |
| 18 |  | a = 4.3 c=4.3 d=8.4 |
| 19 |  | a = 2.3 c=6.3 d=6.4 |
| 20 |  | a = 8.4 c=7.1 d=2.2 |
| 21 |  | a = 6.7 c=3.3 d=8.4 |
| 22 |  | a = 5.3 c=2.3 d=8.4 |
| 23 |  | a = 7.4 c=9.1 d=6.2 |
| 24 |  | a = 2.7 c=6.4 d=7.3 |
| 25 |  | a = 2.5 c=4.4 d=7.1 |
| 26 |  | a = 1.8 c=4.5 d=8.3 |
| 27 |  | a = 2.3 c=7.1 d=9.2 |
| 28 |  | a = 6.3 c=4.3 d=7.4 |
| 29 |  | a = 2.5 c=7.7 d=4.8 |
| 30 |  | a = 8.3 c=4.1 d=2.2 |

Завдання для ПЗ-25

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | Вираз | Значення |
| 1 |  | a = 1.5 c=2.4 d=4.1 |
| 2 |  | a = 8.2 c=3.8 d=6.3 |
| 3 |  | a = 7.1 c=2.2 d=4.6 |
| 4 |  | a = 7.7 c=9.3 d=6.4 |
| 5 |  | a = 9.3 c=7.3 d=5.4 |
| 6 |  | a = 3.3 c=4.3 d=6.4 |
| 7 |  | a = 9.3 c=6.3 d=8.4 |
| 8 |  | a = 7.4 c=5.1 d=7.2 |
| 9 |  | a = 6.8 c=1.5 d=3.3 |
| 10 |  | a = 4.3 c=8.1 d=6.2 |
| 11 |  | a = 2.3 c=7.3 d=8.4 |
| 12 |  | a = 3.5 c=2.7 d=5.8 |
| 13 |  | a = 9.3 c=5.1 d=8.2 |
| 14 |  | a =6.5 c=8.4 d=2.1 |
| 15 |  | a = 2.2 c=2.8 d=8.3 |
| 16 |  | a = 9.1 c=5.2 d=1.6 |
| 17 |  | a = 6.7 c=6.3 d=7.4 |
| 18 |  | a = 8.3 c=2.3 d=9.4 |
| 19 |  | a = 6.3 c=7.3 d=8.4 |
| 20 |  | a = 9.3 c=4.3 d=6.4 |
| 21 |  | a = 4.4 c=3.1 d=2.2 |
| 22 |  | a = 5.7 c=9.4 d=2.3 |
| 23 |  | a = 4.5 c=6.4 d=3.1 |
|  |  |  |

Завдання для ПЗ-26

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | Вираз | Значення |
| 1 |  | a = 4.2 c=3.8 d=6.3 |
| 2 |  | a = 5.1 c=2.2 d=4.6 |
| 3 |  | a = 1.7 c=9.3 d=6.4 |
| 4 |  | a = 6.3 c=7.3 d=5.4 |
| 5 |  | a = 9.3 c=4.3 d=6.4 |
| 6 |  | a = 8.3 c=6.3 d=8.4 |
| 7 |  | a = 5.4 c=5.1 d=7.2 |
| 8 |  | a = 6.7 c=5.4 d=4.3 |
| 9 |  | a = 8.5 c=8.4 d=5.1 |
| 10 |  | a = 5.8 c=1.5 d=3.3 |
| 11 |  | a = 3.3 c=8.1 d=6.2 |
| 12 |  | a = 4.3 c=1.3 d=8.4 |
| 13 |  | a = 6.5 c=2.7 d=5.8 |
| 14 |  | a = 9.3 c=5.1 d=8.2 |
| 15 |  | a =9.5 c=8.4 d=2.1 |
| 16 |  | a = 2.2 c=2.8 d=8.3 |
| 17 |  | a = 8.1 c=5.2 d=1.6 |
| 18 |  | a = 5.7 c=6.3 d=7.4 |
| 19 |  | a = 6.3 c=2.3 d=9.4 |
| 20 |  | a = 9.3 c=7.3 d=8.4 |
| 21 |  | a = 6.3 c=4.3 d=6.4 |
| 22 |  | a = 5.4 c=3.1 d=2.2 |
| 23 |  | a = 2.7 c=9.4 d=2.3 |
| 24 |  | a = 7.5 c=6.4 d=3.1 |