

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN

MÔN: Kiến trúc máy tính (CO2007)

Giảng viên hướng dẫn: Trần Thanh Bình

Nhóm sinh viên thực hiện:

Nguyễn Thiên Bảo	- 1912683 - L03
Lê Trung Hiếu	- 1913334 - L03
Nguyễn Ngô Gia Bảo	- 1912677 - L03

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 11 tháng 12 năm 2020

MỤC LỤC

I. ĐỀ BÀI	3
II. KIẾN THỨC CHUẨN BỊ	3
1. Giải thuật nhân hai số	3
2. Giải thuật chia hai số	4
III. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC	4
1. Áp dụng giải thuật nhân và chia, hiện thực bằng tập lệnh MIPS chuẩn	4
2. Hiện thực giải thuật chuyển đổi giữa hệ cơ số thập phân và hệ cơ số thập lục phân	4
3. Tương tác với người dùng thông qua console	4
IV. TRÌNH BÀY Ý TƯỞNG	4
1. Giải thuật nhân 2 số bằng phép dịch bit	4
2. Giải thuật chia 2 số bằng phép dịch bit	5
3. Giải thuật chuyển đổi hệ cơ số	6
3.1. Chuyển đổi hệ thập lục phân sang thập phân	6
3.2. Chuyển đổi hệ thập phân sang thập lục phân	8
V. CHẠY THỬ CHƯƠNG TRÌNH	10
1. Nhập giá trị từ bàn phím	10
2. Chạy chương trình	11
VI. THỐNG KÊ LỆNH, LOẠI LỆNH ĐÃ SỬ DỤNG	14
1. Thống kê trường lệnh được sử dụng	14
1.1. Đối với các giá trị nhập là số thập lục phân	14
1.2. Đối với các giá trị nhập là thập phân	15
2. Thống kê các loại lệnh được sử dụng	16
2.1. Đối các số được nhập là số thập lục phân	16
2.1. Đối với các số nhập vào là số thập phân	17
3. Tính thời gian thực thi của chương trình	18
VII. TÀI LIỆU THAM KHẢO	21
1. Slide bài giảng Computer Architecture	21
2. Sách bài giảng KIẾN TRÚC MÁY TÍNH, thầy Phạm	21
3. MIPS32™ Architecture For Programmers Volume II:	21

I. ĐỀ BÀI

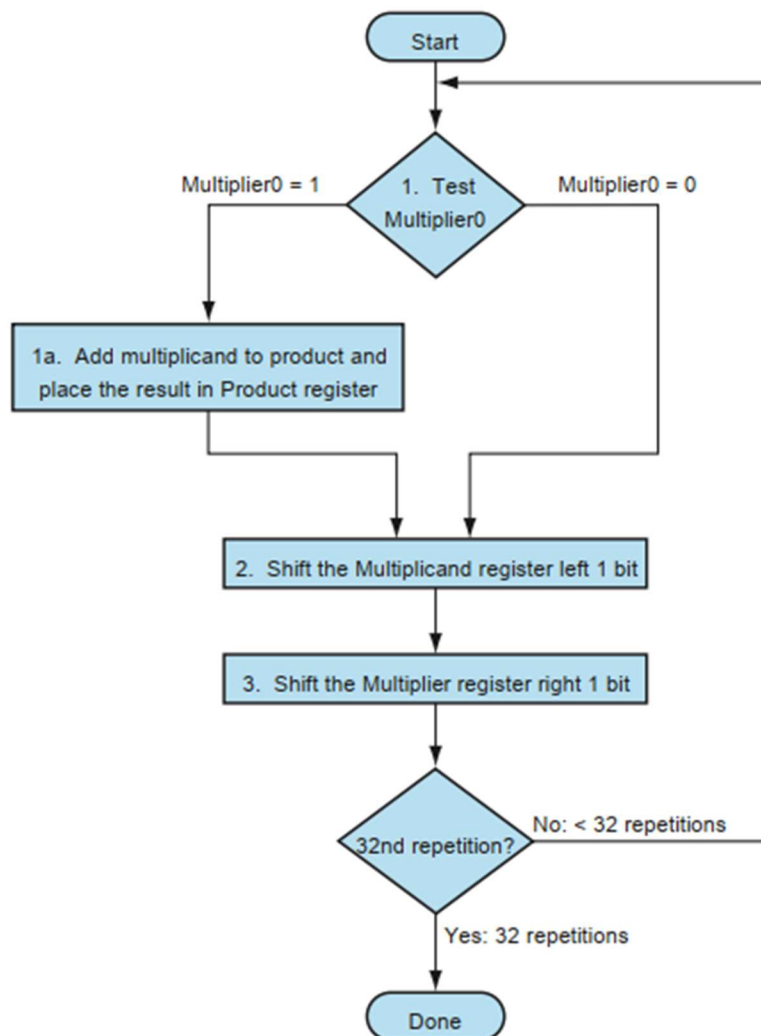
Nhân, chia 2 số nguyên.

Cho 2 số nguyên (integers) có dấu A và B. Sử dụng hợp ngữ assembly MIPS, viết thủ tục nhân, chia 2 số nguyên A, B. Phép chia ra kết quả chia làm 2 phần, phần thương (bit cao) và phần dư (bit thấp). Chương trình hỗ trợ nhập vào số HEX hoặc số thập phân, kết quả xuất ra tương ứng với mode đã nhập.

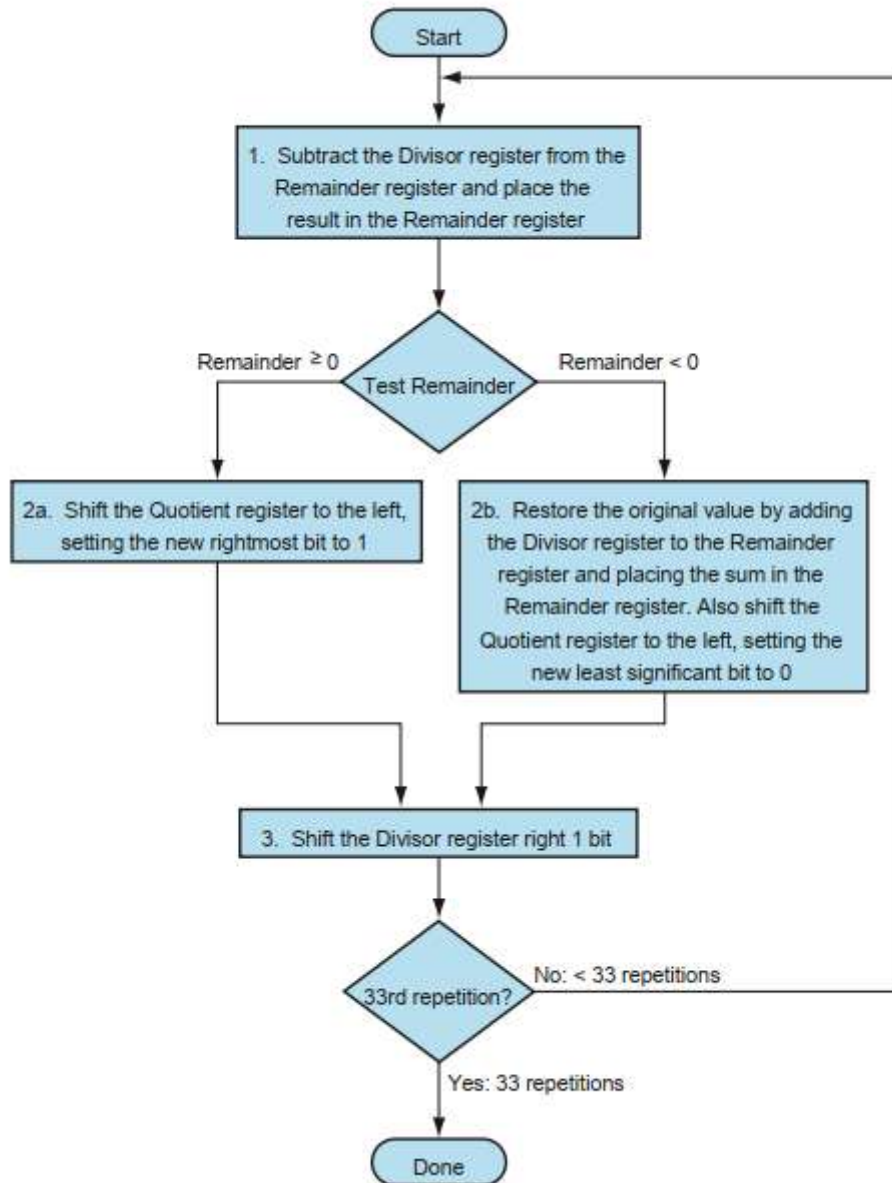
Chú ý: không dùng trực tiếp phép nhân/chia, mà phải hiện thực giải thuật nhân/chia theo textbook/slide.

II. KIẾN THỨC CHUẨN BỊ

1. Giải thuật nhân hai số



2. Giải thuật chia hai số



III. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

1. Áp dụng giải thuật nhân và chia, hiện thực bằng tập lệnh MIPS chuẩn.
2. Hiện thực giải thuật chuyển đổi giữa hệ cơ số thập phân và hệ cơ số thập lục phân.
3. Tương tác với người dùng thông qua console.

IV. TRÌNH BÀY Ý TƯỞNG

1. Giải thuật nhân 2 số bằng phép dịch bit

- Khởi tạo giá trị kết quả phép nhân ban đầu là 0 (tạm gọi là result). Ở flowchart sẽ check multiplier0 - nghĩa là bit cuối cùng bên phải của số multiplier. Ở đây chúng ta kiểm tra điều đó bằng cách AND multiplier cho 1, nếu

kết quả AND là 1 thì multiplier0 = 1 và ngược lại. Trong trường hợp multiplier0 = 1, chúng ta cộng dồn multiplicand vào result, ngược lại multiplier0 = 0 thì không cộng dồn.

- Sau đó, dịch trái multiplicand 1 bit và dịch phải multiplier 1 bit. Tất cả các bước trên được lặp lại 32 lần tương ứng với chiều dài 1 thanh ghi.

- Sau 32 lần lặp thì result = multiplicand x multiplier.

2. Giải thuật chia 2 số bằng phép dịch bit

Để thực hiện chia 2 số bằng phép dịch bit (phép chia tối ưu):

- + Bước 1: Khởi tạo giá trị của số bị chia vào thanh ghi Remainder và số chia vào thanh ghi Divisor.

- + Bước 2: Chạy vòng lặp. Dịch trái thanh ghi Remainder 1 bit bằng lệnh sll (Shift Left Logical), sau đó trừ 16 bit cao thanh ghi Remainder với thanh ghi Divisor và lưu vào 16 bit cao của thanh ghi Remainder.

- Nếu số dư lớn hơn hoặc bằng 0, chúng ta thực hiện đổi bit thấp nhất của thanh ghi số dư bằng cách cộng giá trị thanh ghi cho 1 (dùng lệnh addi).
- Nếu số dư bé hơn không, ta khôi phục lại giá trị cũ của thanh ghi số dư bằng cách cộng lại giá trị thanh ghi số chia (dùng lệnh add) và gán bit thấp nhất thanh ghi Remainder là 0(thật ra bước này không cần thiết vì khi thực hiện sll cho thanh ghi Remainder, đã có một số 0 chèn vào bit thấp nhất của thanh ghi).

Thực hiện vòng lặp này đúng 16 lần

- + Bước 3: Đọc kết quả trên thanh ghi

- 16 bit cao của thanh ghi Remainder chứa số dư của phép chia
- 16 bit thấp của thanh ghi Remainder chứa thương của phép chia

Về phép chia có dấu: Thực hiện phép chia giá trị tuyệt đối của số bị chia và số chia. Sau khi thực hiện

chia 2 số bằng phép dịch bit, ta tiến hành xét dấu kết quả để có đáp án chính xác.

3. Giải thuật chuyển đổi hệ cơ số

3.1. Chuyển đổi hệ thập lục phân sang thập phân

Người dùng nhập 1 chuỗi ký tự là các ký số thập lục phân (0 - 9, A - F) và lưu vào một vùng nhớ đã được cấp phát.

Ví dụ đổi với số $A100_{16}$:

+ Bước 1: Tải lên địa chỉ cơ sở của vùng nhớ chứa $A100_{16}$ (\$t0)

```
# str is stored hex number
```

```
la      $t0, str2
```

+ Bước 2: Chạy vòng lặp. Lấy địa chỉ cơ sở tương ứng với index truyền vào. Tải lên thanh ghi (\$t3) nội dung tại địa chỉ đó, lấy giá trị \$t3 trừ cho ký tự '0' (có số thự tự 48 trong bảng mã ASCII), giả sử được kết quả là \$t4, nếu \$t4 thuộc đoạn từ 0 đến 9, tương ứng các ký số thập phân, ngược lại, lấy \$t3 trừ cho ký tự 'A' (số thứ tự 55 trong bảng mã ASCII) để ra số thập phân tương ứng (ví dụ, 'A' - '0' = 10 trong hệ thập phân). Nhân ký số thập phân vừa tìm được với 16^n trong đó n là độ dài chuỗi số hiện tại trừ đi 1 ($A100$ có độ dài là 4, nên khi lấy ký tự A, ta có $Sum = 10 * 16^{4-1}$).

+ Bước 3: Thực hiện bước 2 đến khi hoàn thành, cộng dồn các giá trị Sum tìm được, ta sẽ được giá trị trong hệ thập phân.

$$\begin{aligned} A100_{16} &= 10 * 16^3 + 1 * 16^2 + 0 * 16^1 + 0 * 16^0 \\ &= 41216_{10} \end{aligned}$$

loop:

```
add      $t2, $t0, $t1          # Load address of
                                str's space where
                                hex number string is
                                contained

lb       $t3, 0($t2)            # Load first digit
```

```

    beq $t3, '\n', exit_convert    # Exit when the string
                                    is empty

    subi    $t4, $t3, '0'          # Get number in
                                    integer type

    slti    $t8, $t4, 10           # Compare $t4 with 10
    beq     $t8, $zero, letter     # That mean, digit
                                    has range from 10-
                                    15 (A-F)

    j       normal

letter:
    subi $t4, $t3, '7'    # Get value of digit in ascii
normal:
    addi $t5, $t1, 0      # Index of string

len_loop:                    # Calculate length of hex
                             string

    add $t6, $t0, $t5
    lb  $t7, 0($t6)
    beq $t7, '\n', exit_len_loop
    addi    $t5, $t5, 1
    j       len_loop

exit_len_loop:

    sub $t5, $t5, $t1

multiply:                    # Calculate dec number

    beq $t5, 1, exit_multiply
    sll $t4, $t4, 4
    subi $t5, $t5, 1
    j    multiply

```

```

exit_multiply:
    add    $s0, $s0, $t4
    addi   $t1, $t1, 1

```

```
j loop
```

3.2. Chuyển đổi hệ thập phân sang thập lục phân

+ Bước 1: Cần tạo một vùng trống (8 bytes) để chứa các ký tự là các ký số trong hệ hexa.

+ Bước 2: Thực hiện phép phép luận lý and với giá trị 0xf, sau đó so sánh giá trị vừa thu được, nếu thuộc khoảng từ 0 đến 9 thì ký tự hexa vẫn là 0 đến 9, nếu giá trị đó lớn hơn 9 thì ta chuyển đổi sang ký số hexa tương ứng bằng cách cộng giá trị đó cho ký tự '7' (số thứ tự 55 trong bảng mã ASCII). Sau đó dịch thanh ghi chứa giá trị cần chuyển đổi ban đầu sang phải 4 bits. Ta sẽ lưu ký số vừa tìm được trong ngăn xếp (stack)

+ Bước 3: Thực hiện bước 2 đúng 8 lần (tương ứng thanh ghi đã dịch 32 bits). Sau đó, lấy từng giá trị trong stack ra và lưu vào 1 vùng nhớ. Đọc vùng nhớ đó dưới dạng chuỗi, ta sẽ có giá trị thập lục phân cần tìm.

Đoạn code chuyển đổi thập lục phân sang thập phân

```

li        $t0, 8                # counter
la        $t3, result           # where answer will be
                                stored

Loop_div:
    beq    $t0, 0, _popStack    # branch to
                                popStack if counter
                                is equal to zero

    and    $t4, $s0, 0xf        # and with 1111

```



```

srl      $s0, $s0, 4           # Shift 4 low bits
                                # to right (remove it)

slti     $t8, $t4, 9           # digits have range
                                # from 0 - 9

beq      $t8, 1, _Sum
beq      $t4, 9, _Sum          # if less than or
                                # equal to nine,
                                # branch to sum

addi     $t4, $t4, 55          # if greater than 9,
                                # (55 is digit 7 in
                                # ascii table)

j        _End

_Sum:
addi     $t4, $t4, 48          # add 48 to result (48
                                # is digit 0 in ascii
                                # table)

_End:
subu     $sp, $sp, 4           # Create a location in
                                # stack

sb       $t4, ($sp)            # Store $t4 to stack

addi     $t0, $t0, -1          # decrement loop
                                # counter

j        Loop_div

_popStack:
beq      $t0, 8, __exit        # If popStack loop do
                                # 8 times, stop it

```

```

                                (stack empty)

lb      $t7, ($sp)              # Pick front value of
                                stack

addu    $sp, $sp, 4             # pop stack

sb      $t7, 0($t3)            # Store that value to
                                result space

addi    $t3, $t3, 1            # increase address by
                                1

addi    $t0, $t0, 1            # increase count by 1

j       _popStack

__exit:

```

V. CHẠY THỬ CHƯƠNG TRÌNH

1. Nhập giá trị từ bàn phím

```

Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number

```

- Người dùng nhập 1 nếu muốn nhập vào một số hexa, nhập 2 nếu muốn nhập vào một số thập phân
- Nếu nhập các giá trị khác 1 hoặc 2, chương trình sẽ thông báo yêu cầu người dùng nhập lại

```

Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
3
Your answer is incorrect! Please choose 1 for hex number or 2 for dec number
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number

```

- Chương trình sẽ hỏi người dùng nhập lần lượt 2 số vào màn hình consol

```

Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: A
Input second hexadecimal number: AB

```

- Chương trình tính lần lượt phép nhân và phép chia sau đó xuất ra màn hình console các giá trị tương ứng với mode nhập vào (nếu nhập vào số hexa thì kết quả xuất ra là hexa, tương tự đối với người dùng nhập vào số thập phân).

2. Chạy chương trình

+ TEST CASE 01: Nhập vào 2 số hexa B002 và A100

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: B002
Input second hexadecimal number: A100
Result of Multiplication: 6EB14200
Quotient of Division: 00000001

Remainder of Division: 00000F02

-- program is finished running --
```

+ TEST CASE 02: Nhập vào -123 và 21

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: -123
Input second decimal number: 21
Result of Multiplication: -2583
Quotient of Division: -5
Remainder of Division: -18

-- program is finished running --
```

+ TEST CASE 03: Nhập vào FFFFFFFF3 và 5

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: FFFFFFFF3
Input second hexadecimal number: 5
Result of Multiplication: FFFFFFFBF
Quotient of Division: FFFFFFFFE

Remainder of Division: FFFFFFFFD

-- program is finished running --
```

+ TEST CASE 04: Nhập vào 000A và AB

```

Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number          Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: 000A
Input second hexadecimal number: AB
Result of Multiplication: 000006AE
Quotient of Division: 00000000

Remainder of Division: 0000000A

-- program is finished running --

```

+ TEST CASE 05: Nhập vào -12340 và -234

```

Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number          Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: -12340
Input second decimal number: -234
Result of Multiplication: 2887560
Quotient of Division: 52
Remainder of Division: -172

-- program is finished running --

```

+ TEST CASE 06: Nhập vào 0A010020 và 000B0001

```

Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number          Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: 0A010020
Input second hexadecimal number: 000B0001
Result of Multiplication: 0B610020
Quotient of Division: 00000000

Remainder of Division: 00000020

-- program is finished running --

```

+ TEST CASE 07: Nhập vào -2 và 5

```

Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number          Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: -2
Input second decimal number: 5
Result of Multiplication: -10
Quotient of Division: 0
Remainder of Division: -2

-- program is finished running --

```

+ TEST CASE 08: Nhập vào A100 và 0A0B

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: A100
Input second hexadecimal number: 0A0B
Result of Multiplication: 0650EB00
Quotient of Division: 00000010

Remainder of Division: 00000050

-- program is finished running --
```

+ TEST CASE 09: Nhập vào 12562 và -3462

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: 12562
Input second decimal number: -3462
Result of Multiplication: -43489644
Quotient of Division: -3
Remainder of Division: 2176

-- program is finished running --
```

+ TEST CASE 10: Nhập vào 0 và 0A010203

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: 0
Input second hexadecimal number: 0A010203
Result of Multiplication: 00000000
Quotient of Division: 00000000

Remainder of Division: 00000000

-- program is finished running --
```

+ TEST CASE 11: Nhập vào 1234 và 0

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: 1234
Input second decimal number: 0
Result of Multiplication: 0
Invalid division because divisor is zero!
-- program is finished running --
```

+ TEST CASE 12: Nhập vào FFFFFFFF3 và 5

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: FFFFFFFF3
Input second hexadecimal number: 5
Result of Multiplication: FFFFFFFBF
Quotient of Division: FFFFFFFFE
Remainder of Division: FFFFFFFFD

-- program is finished running --
```

VI. THỐNG KÊ LỆNH, LOẠI LỆNH ĐÃ SỬ DỤNG

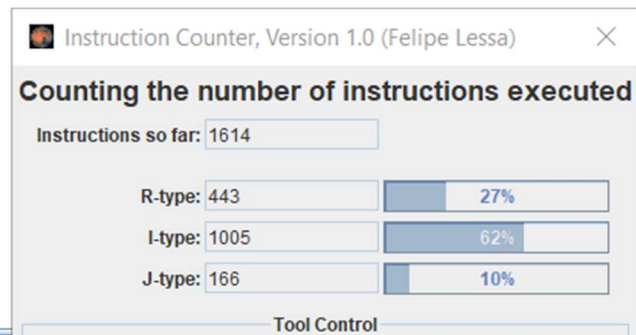
1. Thống kê trường lệnh được sử dụng

1.1. Đối với các giá trị nhập là số thập lục phân

Nhập vào test case 01

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: B002
Input second hexadecimal number: A100
Result of Multiplication: 6EB14200
Quotient of Division: 00000001
Remainder of Division: 00000F02

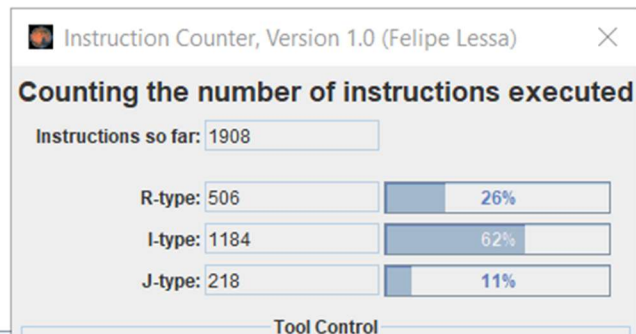
-- program is finished running --
```



Nhập vào test case 04

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: FFFFFFFF3
Input second hexadecimal number: 5
Result of Multiplication: FFFFFFFBF
Quotient of Division: FFFFFFFFE
Remainder of Division: FFFFFFFFD

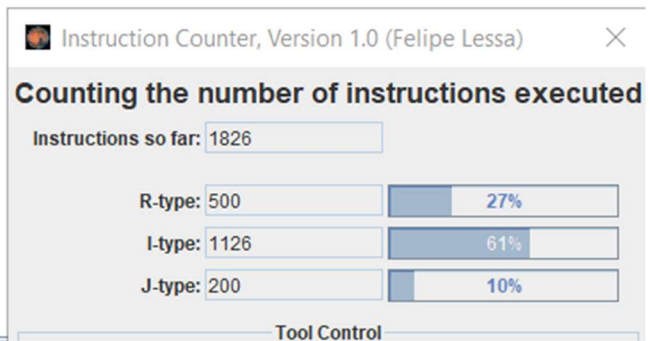
-- program is finished running --
```



Nhập vào test case 10

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: 0
Input second hexadecimal number: 0A010203
Result of Multiplication: 00000000
Quotient of Division: 00000000
Remainder of Division: 00000000

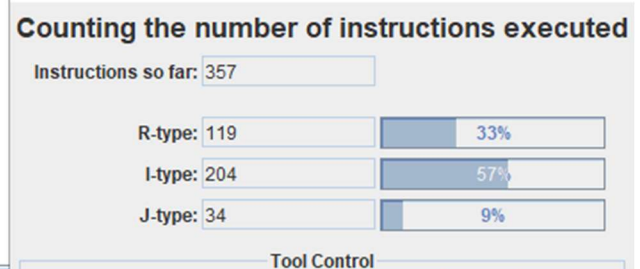
-- program is finished running --
```



1.2. Đối với các giá trị nhập là thập phân

Nhập vào test case 11

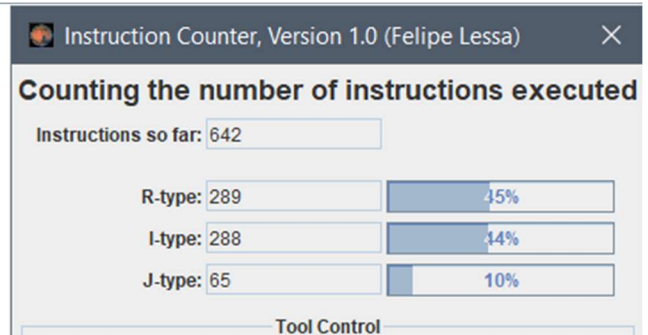
```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: 1234
Input second decimal number: 0
Result of Multiplication: 0
Invalid division because divisor is zero!
-- program is finished running --
```



Nhập vào test case 09

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: 12562
Input second decimal number: -3462
Result of Multiplication: -43489644
Quotient of Division: -3
Remainder of Division: 2176

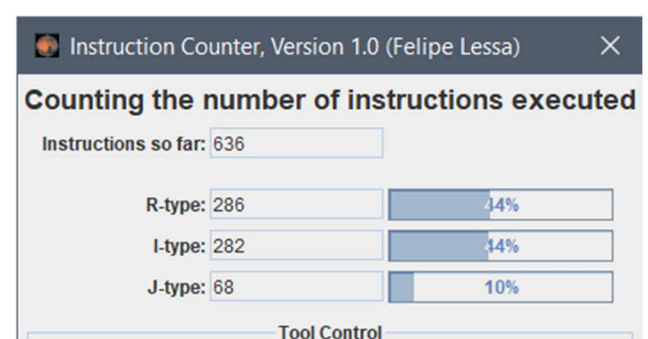
-- program is finished running --
```



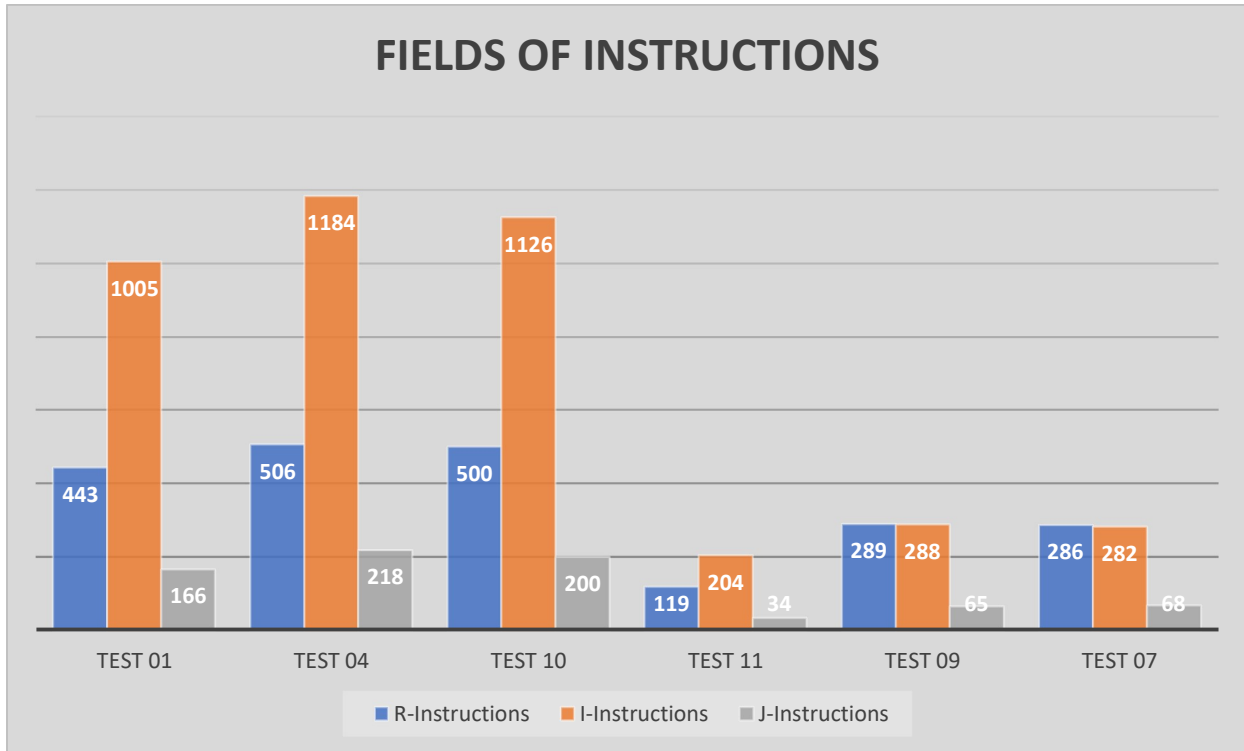
Nhập vào test case 07

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: -2
Input second decimal number: 5
Result of Multiplication: -10
Quotient of Division: 0
Remainder of Division: -2

-- program is finished running --
```



Biểu đồ thống kê trường lệnh
đã sử dụng trong 6 test case



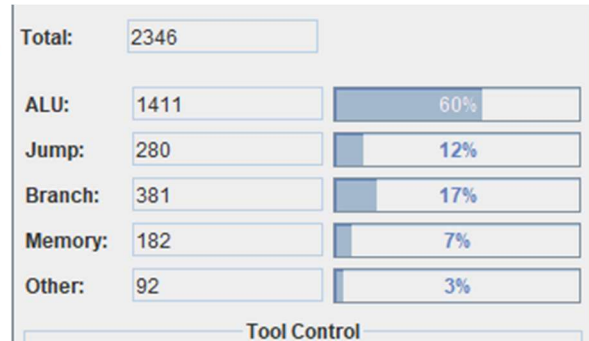
2. Thống kê các loại lệnh được sử dụng

2.1. Đối các số được nhập là số thập lục phân

Nhập vào test case 06

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: 0A010020
Input second hexadecimal number: 000B0001
Result of Multiplication: 0B610020
Quotient of Division: 00000000
Remainder of Division: 00000020

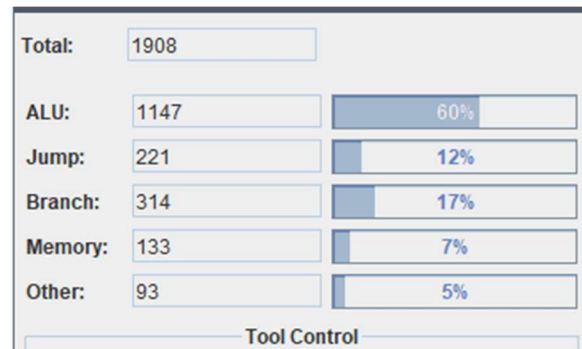
-- program is finished running --
```



Nhập vào test case 03

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: FFFFFFFF3
Input second hexadecimal number: 5
Result of Multiplication: FFFFFFFBF
Quotient of Division: FFFFFFFFE
Remainder of Division: FFFFFFFFD

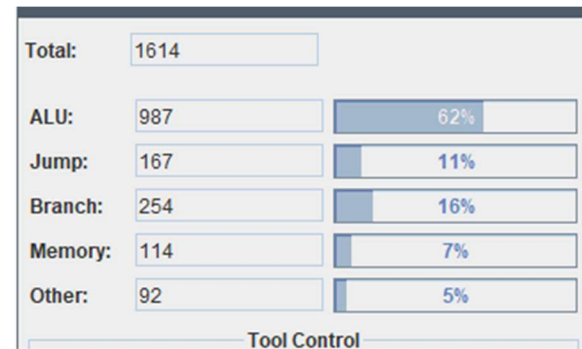
-- program is finished running --
```



Nhập vào test case 08

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
1
Input first hexadecimal number: A100
Input second hexadecimal number: 0A0B
Result of Multiplication: 0650EB00
Quotient of Division: 00000010
Remainder of Division: 00000050

-- program is finished running --
```

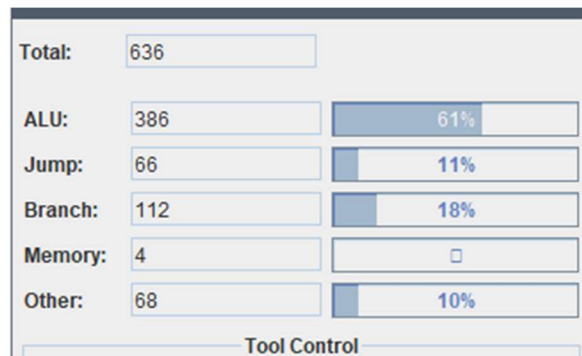


2.1. Đối với các số nhập vào là số thập phân

Nhập vào test case 05

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: -12340
Input second decimal number: -234
Result of Multiplication: 2887560
Quotient of Division: 52
Remainder of Division: -172

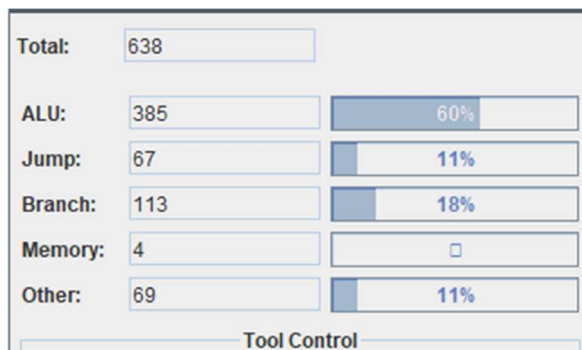
-- program is finished running --
```



Nhập vào test case 02

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: -123
Input second decimal number: 21
Result of Multiplication: -2583
Quotient of Division: -5
Remainder of Division: -18

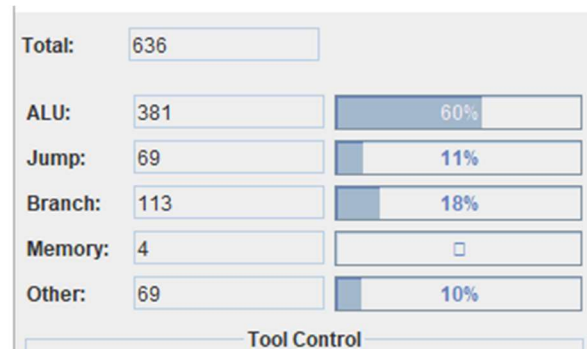
-- program is finished running --
```



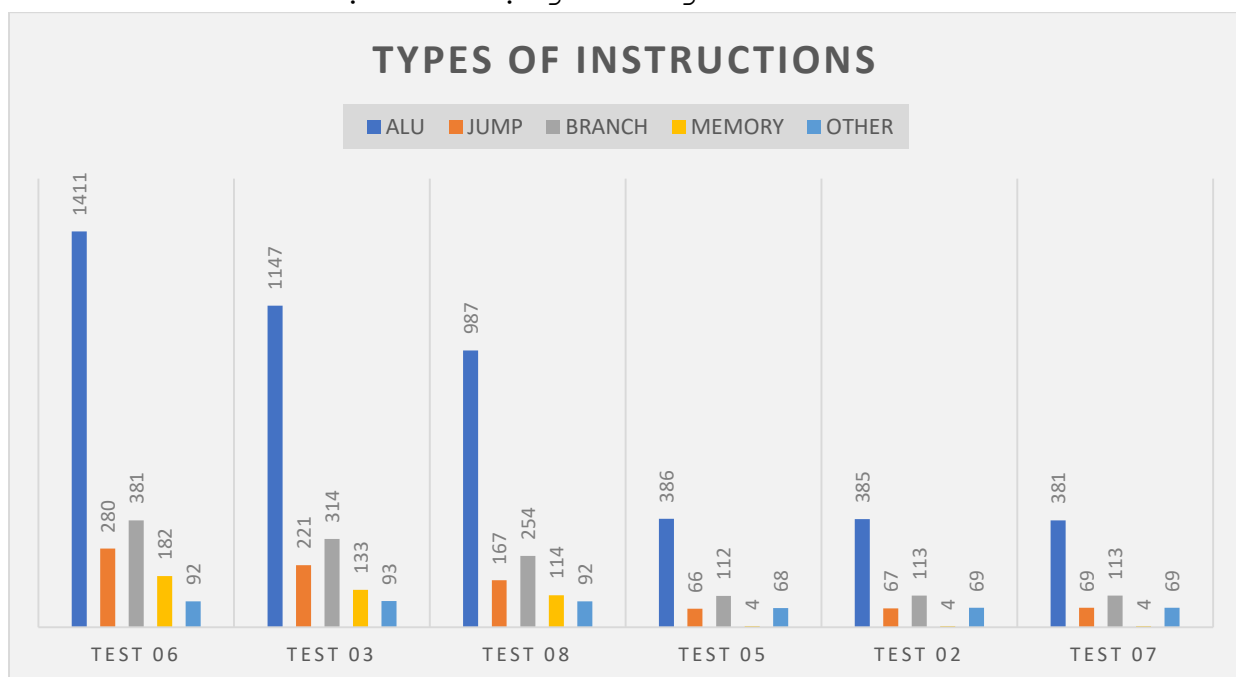
Nhập vào test case 07

```
Please input a Hexadecimal integer or Decimal integer
Type '1' for Hex number      Type '2' for Dec number
2
Input first decimal number: -2
Input second decimal number: 5
Result of Multiplication: -10
Quotient of Division: 0
Remainder of Division: -2

-- program is finished running --
```



Biểu đồ thống kê các loại lệnh
được sử dụng trong 6 test case



3. Tính thời gian thực thi của chương trình

$$\text{Excute Time} = \frac{\text{CPI} * \text{IC}}{f}$$

Trong đó:

Excute Time: là thời gian thực thi

CPI: là số chu kỳ cần cho 1 lệnh (trong phạm vi bài tập lớn này, $\text{CPI} = 1$)

IC: là tổng số lệnh thực thi

Chọn tần số là 2Ghz.

- Tính thời gian thực thi của:

+ TEST 01:

> Loại R : IC = 443

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 443}{2 \times 10^9} = 2.215 \times 10^{-7} s$$

> Loại I : IC = 1005

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 1005}{2 \times 10^9} = 5.025 \times 10^{-7} s$$

> Loại J : IC = 166

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 166}{2 \times 10^9} = 8.3 \times 10^{-8} s$$

> Tổng thời gian thực thi :

$$\text{Execute time} = 2.215 \times 10^{-7} + 5.025 \times 10^{-7} + 8.3 \times 10^{-8} = 8.07 \times 10^{-7} s$$

+ TEST 04:

> Loại R : IC = 506

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 506}{2 \times 10^9} = 2.53 \times 10^{-7} s$$

> Loại I : IC = 1184

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 1184}{2 \times 10^9} = 5.92 \times 10^{-7} s$$

> Loại J : IC = 218

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 218}{2 \times 10^9} = 1.09 \times 10^{-7} s$$

> Tổng thời gian thực thi:

$$\text{Execute time} = 2.53 \times 10^{-7} + 5.92 \times 10^{-7} + 1.09 \times 10^{-7} = 9.54 \times 10^{-7} s$$

+ TEST 10:

> Loại R : IC = 500

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 500}{2 \times 10^9} = 2.5 \times 10^{-7} s$$

> Loại I : IC = 1126

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 1126}{2 \times 10^9} = 5.63 \times 10^{-7} s$$

> Loại J : IC = 200

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 200}{2 \times 10^9} = 1 \times 10^{-7} s$$

> Tổng thời gian thực thi :

$$\text{Execute time} = 2.5 \times 10^{-7} + 5.63 \times 10^{-7} + 1. \times 10^{-7} = 9.13 \times 10^{-7} s$$

+ TEST 11:

> Loại R : IC = 119

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 119}{2 \times 10^9} = 5.95 \times 10^{-8} s$$

> Loại I : IC = 204

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 204}{2 \times 10^9} = 1.02 \times 10^{-7} s$$

> Loại J : IC = 34

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 34}{2 \times 10^9} = 1.7 \times 10^{-8} s$$

> Tổng thời gian thực thi:

$$\text{Execute time} = 5.95 \times 10^{-8} + 1.02 \times 10^{-7} + 1.7 \times 10^{-8} = 1.785 \times 10^{-7} s$$

+ TEST 09:

> Loại R : IC = 289

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 289}{2 \times 10^9} = 1.445 \times 10^{-7} s$$

> Loại I : IC = 288

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 288}{2 \times 10^9} = 1.44 \times 10^{-7} s$$

> Loại J : IC = 65

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 65}{2 \times 10^9} = 3.25 \times 10^{-8} s$$

> Tổng thời gian thực thi :

$$\text{Execute time} = 1.445 \times 10^{-7} + 1.44 \times 10^{-7} + 3.25 \times 10^{-8} = 3.21 \times 10^{-7} s$$

+ TEST 07:

> Loại R : IC = 286

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 286}{2 \times 10^9} = 1.43 \times 10^{-7} s$$

> Loại I : IC = 282

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 282}{2 \times 10^9} = 1.41 \times 10^{-7} s$$

> Loại J : IC = 68

$$\text{Execute time} = \frac{CPI \times IC}{f} = \frac{1 \times 68}{2 \times 10^9} = 3.4 \times 10^{-8} s$$

> Tổng thời gian thực thi :

$$\text{Execute time} = 1.43 \times 10^{-7} + 1.41 \times 10^{-7} + 3.4 \times 10^{-8} = 3.18 \times 10^{-7} s$$

VII. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Slide bài giảng **Computer Architecture**
2. Sách bài giảng KIẾN TRÚC MÁY TÍNH, thầy Phạm Quốc Cường
3. MIPS32™ Architecture For Programmers Volume II:
The MIPS32™ Instruction Set textbook