به نام خدا

دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس ساختار و زبان کامپیوتر
نیم‌سال اول ۰۴-۰۳
استاد: دکتر اسدی

تمرین سری چهارم

- پرسش‌های خود را در سامانه CW و تالار مربوط به تمرین مطرح نمایید.
- پاسخ سوالات را تایپ نمایید.
- اسکرین‌شات‌ها، عکس‌ها، فایل‌های مربوط به سوال عملی، گزارش تمرینات و PDF قسمت تئوری را در پوشه با نام به فرمت HWNUM_StudentID1_StudentID2 ذخیره نمایید. سپس آن را zip نمایید و در صفحه درس بارگذاری نمایید. به عنوان مثال یک فایل بارگذاری شده قابل قبول باید دارای فرمت HW1_400123456_403123456.zip باشد.
- هر دانشجو می‌تواند حداکثر دو تمرین را با دو روز تأخیر بدون کاهش نمره ارسال نماید.
- تمرینات عملی به صورت گروه‌های دو نفر تحویل داده شود.
- هر دو عضو گروه موظف هستند تمرینات خود را بارگذاری کنند.
- عواقب عدم تطابق بین پاسخ دو عضو گروه برعهده خودشان است.
- تحویل تمرین به صورت انگلیسی مجاز نیست. در صورت تحویل تمرین به صورت انگلیسی (حتی بخشی از تمرین) نمره تمرین موردنظر صفر در نظر گرفته می‌شود.
- در صورت مشاهده تقلب برای بار اول نمره هر دو طرف صفر می‌شود. در صورت تکرار نمره کل تمرینات صفر خواهد شد.
- استفاده از ابزارهایی مانند ChatGPT به منظور ابزار کمک آموزشی مجاز است به شرط آن که به خروجی آن اکتفا نشود.
- توجه شود که پروژه نهایی درس در گروه‌های چهار نفر تحویل گرفته می‌شود.
- سوالات با عنوان **اختیاری** نمره‌ای ندارند اما جواب دادن به آن‌ها کمک به‌سزایی در یادگیری درس می‌کند.

تمارین تئوری

۱. کد سی زیر با به زبان اسمبلی MIPS بنویسید، دقت کنید که مجاز به استفاده از دستورهای شرطی و حلقه نیستید.

```
int a[3], b[3], c[3];
for (int i = 0; i != 3; i++) {
    c[i] = 4*a[i] - 8*b[i];
}
for (int i = 1; i != 3; i++) {
    c[i] = 2*c[i-1] + c[i];
}
```

۲. به سوالات زیر پاسخ دهید:

(آ) شبه‌دستور[1] را تعریف کنید و توضیح دهید که چه تفاوتی با دستورات واقعی دارند. دو مثال از این نوع دستورها بزنید.

(ب) تحلیل کنید که چرا استفاده از شبه‌دستور می‌تواند برای برنامه‌نویسان MIPS مفید باشد و چه محدودیت‌هایی ممکن است داشته باشد.

(ج) مقایسه کنید که استفاده از شبه‌دستور چگونه می‌تواند در مقایسه با نوشتن دستورات واقعی بهینه‌سازی کد کمک کند. به این سوال پاسخ دهید که در چه شرایطی استفاده از دستورهای مجازی ممکن است باعث کاهش عملکرد شود.

(د) بررسی کنید که آیا استفاده از شبه‌دستور می‌تواند در ایجاد آسیب‌پذیری‌های امنیتی تاثیرگذار باشد یا خیر. آیا ممکن است برخی از دستورهای مجازی باعث ایجاد رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی در کد شوند؟

(ه) توضیح دهید که دستور move چه عملکردی دارد و به چه صورت به دستورات واقعی ترجمه می‌شود.

(و) دستور li را توضیح دهید و ذکر کنید که چگونه می‌توان از آن برای بارگذاری مقادیر کمتر و بزرگتر از ۱۶ بیت استفاده کرد.

۳. به سوالات زیر در رابطه با دستورات MIPS پاسخ دهید.

(آ) کد ماشین زیر را به اسمبلی برگردانید و در هر خط، مقدار ثبات مقصد را به صورت دهدهی مشخص کنید.

```
    0x00842026
    0x34900001
    0x001087c0
    0x00108043
    0x00102782
```

(ب) کد زیر چه کاری انجام می‌دهد؟ کد ماشین آن را بنویسید.

```
    and $a0, $s0, $s1
    xor $a0, $s0, $a0
    or  $a1, $s0, $s1
    xor $a1, $a1, $s0
    sub $a0, $a0, $a1
```

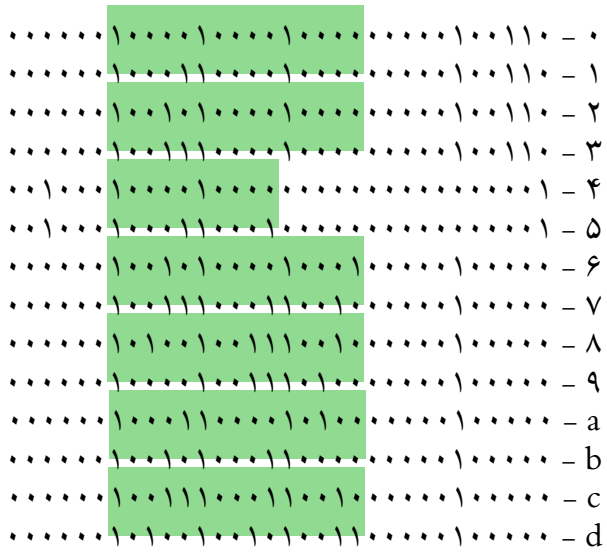
(ج) کد زیر چه کاری را انجام می‌دهد؟

```
    or  $a0, $s0, $s1
    and $a1, $s0, $s1
    addi $a1, $a1, 1
    ori $a2, $a2, 1
```

[1] pseudo instructions

```
    sll $a2, $a2, 31
    sra $a2, $a2, 31
    xor $a1, $a1, $a2
    addi $a1, $a1, 1
    and $a0, $a0, $a1
```

۴. ابتدا دستورات زیر را به اسمبلی تبدیل کنید و بعد از اجرای دستورات زیر مقدار ثبات های تغییر یافته را مشخص کنید. (اگر به مقدار اولیه ثبات یا حافظه نیاز داشتید صرفا کافیست آنرا با $mem_i[addr]$ و reg_i مشخص کنید.)



۵. پس از کامپایل کردن کد زیر توسط کامپایلر GCC، کد اسمبلی‌ای که در ادامه قرار گرفته است بدست آمده است. کامپایلر به واسطه سطح بهینه سازی تنظیم شده برای آن، ۳ مورد بهینه سازی بر روی این کد انجام داده است. با توجه به قسمت مشخص شده در کد اسمبلی‌ای که در ادامه قرار داده شده است، بهینه سازی‌های انجام شده را نام برده و به اختصار توضیح دهید هر کدام از این بهینه سازی‌ها باعث جلوگیری از چه سرباری می‌شوند.

```
#include <stdio.h>

#define SIZE 4

inline int add(int a, int b) {
    return a + b;
}

int main() {
    int array[SIZE] = {13, 2, 43, 24};
    int sum = 0;
    int i;

    for (i = 0; i < SIZE; i++) {
        int s = sum + array[i];
        sum = add(sum, array[i]);
    }

    printf("Sum: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

کد اسمبلی حاصل از کامپایل به فرم زیر است:

```
    .data
array:  .word 13, 2, 43, 24
format: .asciiz "Sum: %d\n" # Output format

    .text
    .globl main

main:
    # Prologue
    addi $sp, $sp, -16          # Create space on stack
    sw   $ra, 12($sp)           # Save return address
    sw   $s0, 8($sp)            # Save sum
    sw   $s1, 4($sp)            # Save array index pointer

    # Initialize variables
    li   $s0, 0                 # sum = 0
    la   $s1, array             # Load address of the array into $s1

    # Start of the loop
    lw   $t0, 0($s1)
    add  $s0, $s0, $t0
    lw   $t1, 4($s1)
    add  $s0, $s0, $t1
    lw   $t2, 8($s1)
    add  $s0, $s0, $t2
    lw   $t3, 12($s1)
    add  $s0, $s0, $t3
    # End of the loop

    # Print the result
    li   $v0, 1                 # Load syscall for printing integers
    move $a0, $s0               # Move the sum into $a0 for printing
    syscall                     # Print sum

    # Print newline
    li   $v0, 4                 # Load syscall for printing strings
    la   $a0, format            # Load address of format string
    syscall                     # Print format string

    # Epilogue
    lw   $ra, 12($sp)           # Restore return address
    lw   $s0, 8($sp)            # Restore sum
    lw   $s1, 4($sp)            # Restore array index pointer
    addi $sp, $sp, 16           # Restore stack pointer
    jr   $ra                    # Return from main
```

تمارین عملی

۱. بدون استفاده از دستورات branch یا هرگونه jump و دستور شرطی، برنامه‌ای بنویسید که تعیین کند آیا مقادیر درون $t1, $t2, $t3 می‌توانند طول اضلاع یک مثلث باشند یا خیر. در صورت جواب مثبت، عدد ۱ را در $t4 بنویسید و در غیر اینصورت عدد ۰ را بنویسید.

۲. برنامه‌ای به زبان اسمبلی MIPS بنویسید که در آن ابتدا ۳ عدد بین ۰ تا ۳۱ را ورودی بگیرد، سپس مراحل زیر را انجام دهد:

(آ) ابتدا این ۳ عدد را مرتب کرده و خروجی آن‌ها را نمایش دهد.

(ب) مقادیر دودویی[۲] اعداد را معکوس[۳] کرده و با همان ترتیب قبل آن‌ها را نمایش دهد.

توجه داشته باشید که نباید از هیچ دستور پرش، دستور شرطی و همچنین دستورات خارج اسلایدها استفاده کنید.

نمونه‌ی ورودی:

```
3 23 7
```

خروجی:

```
23 7 3
111010 111000 110000
```

۳. برنامه‌ای به زبان اسمبلی MIPS بنویسید که در ورودی، در خط اول یک عدد باینری ۶ بیتی و در خط دوم یک عدد طبیعی (بین ۰ تا ۶۳) دریافت کند. در دو خط اول خروجی، ابتدا عدد باینری را به صورت دهدهی و مبنای ۱۶ و سپس در دو خط بعدی، عدد دهدهی را به صورت باینری و مبنای ۱۶ نمایش دهد.

- ورودی‌ها در بازه‌ی اعداد ۶ بیتی بدون علامت هستند.
- خروجی و ورودی اعداد باینری به صورت ۶ بیتی و خروجی اعداد مبنای ۱۶ باید ۲ رقمی باشد.
- استفاده از دستورات شرطی، حلقه و تقسیم مجاز نیست؛ تنها مجاز به استفاده از دستوراتی که در کلاس آموختید، هستید.
- پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از تکرار دستورات مشابه، از ماکروها (macro) استفاده کنید.

نمونه‌هایی از ورودی و خروجی را می‌توانید در زیر مشاهده کنید:

```
input:
111111
6
output:
63
3f
000110
06
```

```
input:
001001
0
output:
9
09
000000
00
```

[۲] binary
[۳] reverse

۴. دستورات sra و srav (شیفت راست حسابی) را بدون دستورات شیفت حسابی و شیفت چپ و ضرب و تقسیم پیاده سازی کنید.

۵. فرض کنید مقادیر a، b، c و d به ترتیب به عنوان ضرایب چندجمله‌ای در حافظه ذخیره شده‌اند. برنامه‌ای در زبان اسمبلی MIPS بنویسید که:

۱. مقدار x را از ورودی کاربر دریافت کند.

۲. مقدار چندجمله‌ای زیر را با استفاده از x محاسبه کند:

$$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

۳. نتیجه محاسبه شده را به صورت عدد صحیح (integer) در خروجی نمایش دهد.