

# Übung Rechnerarchitekturen AIN 2 SoSe2024

## 2. Assemblerprogrammierung und MIPS Konventionen

Die Abgabe erfolgt durch Hochladen der Lösung in Moodle.  
Zusätzlich wird die Lösung in der Übung nach dem Abgabetermin  
stichprobenartig kontrolliert.

### Bearbeitung in Zweier-Teams

**Team-Mitglied 1:**

**Team-Mitglied 2:**

## Aufgabe 2.1 Daten und Arrays

Implementieren Sie in MARS ein Assemblerprogramm, das

1. im Speicher eine Zahl  $n$  und ein Array  $A$  mit  $n$  Integer-Werten anlegt und
2. die Summe der  $n$  Werte im Array bestimmt und in das Register  $\$v0$  schreibt

Wählen Sie als Beispiel  $n=6$ .

Verwenden Sie zum Anlegen der Werte im Speicher die Assembler Direktive `.word`. Laden Sie die Variable  $n$  sowie die Adresse des Arrays mit den Pseudo-Instruktionen `lw Register, Label` bzw. `la Register, Label`. (Kapitel 2.6 bzw. Hilfe in MARS)

## Aufgabe 2.2 Erste Prozedur

Implementieren Sie eine Prozedur (Label: `ISODD`) mit einem Integer-Wert  $x$  als Argument. Die Prozedur soll den Wert `1` zurückliefern, falls  $x$  ungerade ist und den Wert `0` zurückliefern, falls  $x$  gerade ist.

Tipp: Verwenden Sie die Instruktion `andi`.

Implementieren Sie eine zweite Prozedur (Label: `ISEVEN`), die komplementär zur ersten Prozedur arbeitet. Die Prozedur soll den Wert `1` zurückliefern, falls  $x$  gerade ist und den Wert `0` zurückliefern, falls  $x$  ungerade ist. Implementieren Sie diese Funktion, indem Sie die Funktion `ISODD` aufrufen und das Ergebnis invertieren.

Testen Sie die beiden Funktionen in MARS, in dem Sie sie nacheinander aufrufen und das Ergebnis in die Register  $\$s1$  und  $\$s2$  speichern.

Achten Sie auf die MIPS-Konventionen zur Implementierung von Prozeduren.

## Aufgabe 2.3 Prozeduren und Arrays

1. Erweitern Sie den Code aus Aufgabe 2.2 und legen Sie ein zweites Array  $B$  an, das zu Beginn mit  $n$  Nullen gefüllt ist.
2. Implementieren Sie eine Prozedur, die alle geraden Elemente eines Arrays  $A$  in ein Array  $B$  schreibt und die Anzahl der geraden Elemente zurückliefert. Argumente der Prozedur sind die Adressen der Arrays  $A$  und  $B$  sowie die Anzahl  $n$  der Elemente im Array. Der C-Code der Funktion ist unten gegeben. Halten Sie sich bei der Implementierung des Assembler-Code strikt an die Vorgaben der C-Funktion sowie die MIPS Konventionen.

```
int evenElem(int A[], int B[], int n) {
    int i=0;
    int j=0;
    while (i<n) {
        if (isEven(A[i])) {
            B[j]=A[i];
            j++;
        }
        i++;
    }
    return j;
}
```

3. Testen Sie ihre Prozedur mit dem Array  $A=[3, 4, 6, 8, 11, 13]$ .

## Aufgabe 2.4 Rekursive Funktion

Das Produkt zweier natürlicher Zahlen  $n \cdot m$  lässt sich rekursiv wie folgt berechnen:

$$n \cdot m = m \cdot (n-1) + m = (m-1) \cdot (n-1) + n + m - 1$$

Das Programm `rekmul.asm` berechnet das Produkt zweier natürlicher Zahlen rekursiv. Es steht in Moodle zum Download zur Verfügung und lässt sich leicht mittels des MIPS-Simulators Mars ausführen.

Beantworten Sie die folgenden Fragen zu diesem Programm:

- Was wird im Allgemeinen im Register `$ra` gespeichert? Erläutern Sie in diesem Zusammenhang die Zeilen 26 und 50 (`jal rekmul`), sowie Zeile 58 (`jr $ra`).
- An welcher Zeile wird das Programm nach Ausführung von Zeile 58 fortgeführt?

## Aufgabe 2.5 Implementierung einer rekursiven Funktion

Implementieren Sie die folgende rekursive Funktion als Prozedur in Assembler:

$$f(n, k) = \begin{cases} n + k + 5 & \text{für } k - n > 7 \\ f(n - 1, \max(8, g(k))) & \text{sonst} \end{cases}$$

Die Funktion  $g(k)$  befindet sich an der Speicheradresse mit Label `G`: und Sie können davon ausgehen, dass die Funktion entsprechend der MIPS-Konventionen implementiert ist.

- Halten Sie sich bei den Implementierungen an die MIPS-Konventionen.
- Verwenden Sie keine Pseudo-Instruktionen außer `move`
- Verwenden Sie für bedingte Sprünge nur die Instruktionen `beq` und `bne`
- Unten finden Sie die Funktion in C. Sie müssen den C Code nicht eins-zu-eins nach Assembler übersetzen, sondern könne auch eine eigene Implementierung finden.
- Anbei finden Sie ein Prozedur `G`, mit der Sie ihre Implementierung testen können. Die Testprozedur liefert  $G(k) = 200 + k$  und überschreibt dabei alle Register außer den `s`-Registern.

```
int f(int n, int k) {
    if (k-n>7) {
        return n+k+5;
    }else{
        return f(n-1,max(8,g(k)));
    }
}
```