ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Experiência 5

Relatório

Turma: 02

2/05/2023

Nome	Número USP
Natanael Magalhães Cardoso	8914122
Tomas Gorescu Caldeira	9300881

5.5.1 - For Loop

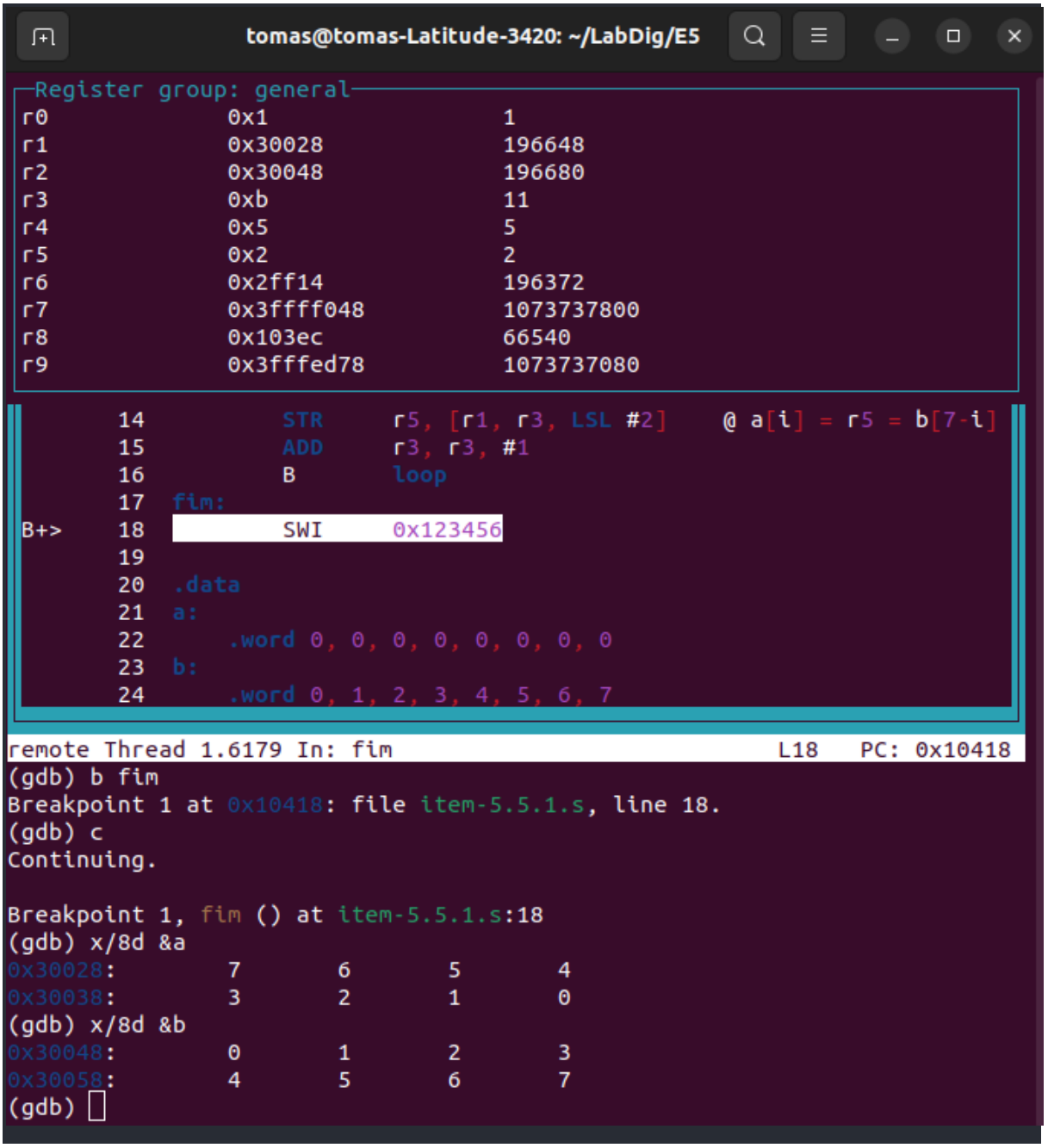
Code the following C code in assembly. The arrays a and b are located in memory at `0x4000` *and* `0x5000` *respectively. You may wish to type your code into the assembler to check for syntax.*

```
for (i=0; i<8; i++) {
      a[i] = b[7-i];
}
```

A listagem abaixo mostra a implementação do algoritmo

```
@ Descrição do algoritmo
@ ----------------------
@ Implementação da um loop for que itera sobre
@ um vetor e armazena seu valor em outro vetor
@ de forma inversa. Equivalente ao algoritmo:
@
@ for (i=0; i<8; i++) { a[i] = b[7-i]; }
@
@
@ Lista de Registradores
@ ----------------------
@ r1 : posição base do vetor a
@ r2 : posição base do vetor b
@ r3 : contador
@ r4 : tamanho da sequência
@ r5 : registrador de trabalho
@
@
@ Instruções de uso
@ -----------------
@ arm build ex_5_5_1.s (montagem)
@ arm debug (depuração)


.text
.global main
```

```
main:
 LDR   r1, =a       @ r1 = a
 LDR   r2, =b       @ r2 = b
 MOV   r3, #0       @ i = 0
 MOV   r4, #5       @ r4 = 8 (tamanho da sequência)

loop:
 CMP   r3, #10                @ compara r3 com 10
 BGT   fim                    @ encerra loop se i > 10
 RSB   r5, r3, #7             @ r5 = 7 - i
 LDR   r5, [r2, r5, LSL #2]   @ r5 = b[7-i]
 STR   r5, [r1, r3, LSL #2]   @ a[i] = r5 = b[7-i]
 ADD   r3, r3, #1
 B     loop

fim:
 SWI   0x123456
 .data
a:
 .word 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
b:
 .word 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

.space 100  @ abrindo um espaco de 100 bytes para armazenar a array
.align 1    @ align to even bytes REQUIRED!!!
```



5.5.2 Factorial Calculation

To take advantage of the idea of conditional execution, let's examine the algorithm for computing n!, where n is an integer, defined as:
For a given value of n, the algorithm iteratively multiplies a current product by a number one less than the number it used in the previous multiplication. The code would continue to loop until it is no longer necessary to perform a multiplication, first by subtracting one from the next multiplier value and stopping if it is equal to zero. Here we can use the concepts of:

- *conditional execution to conditionally perform the multiplication*
- *saving of the current product into a temporary register*

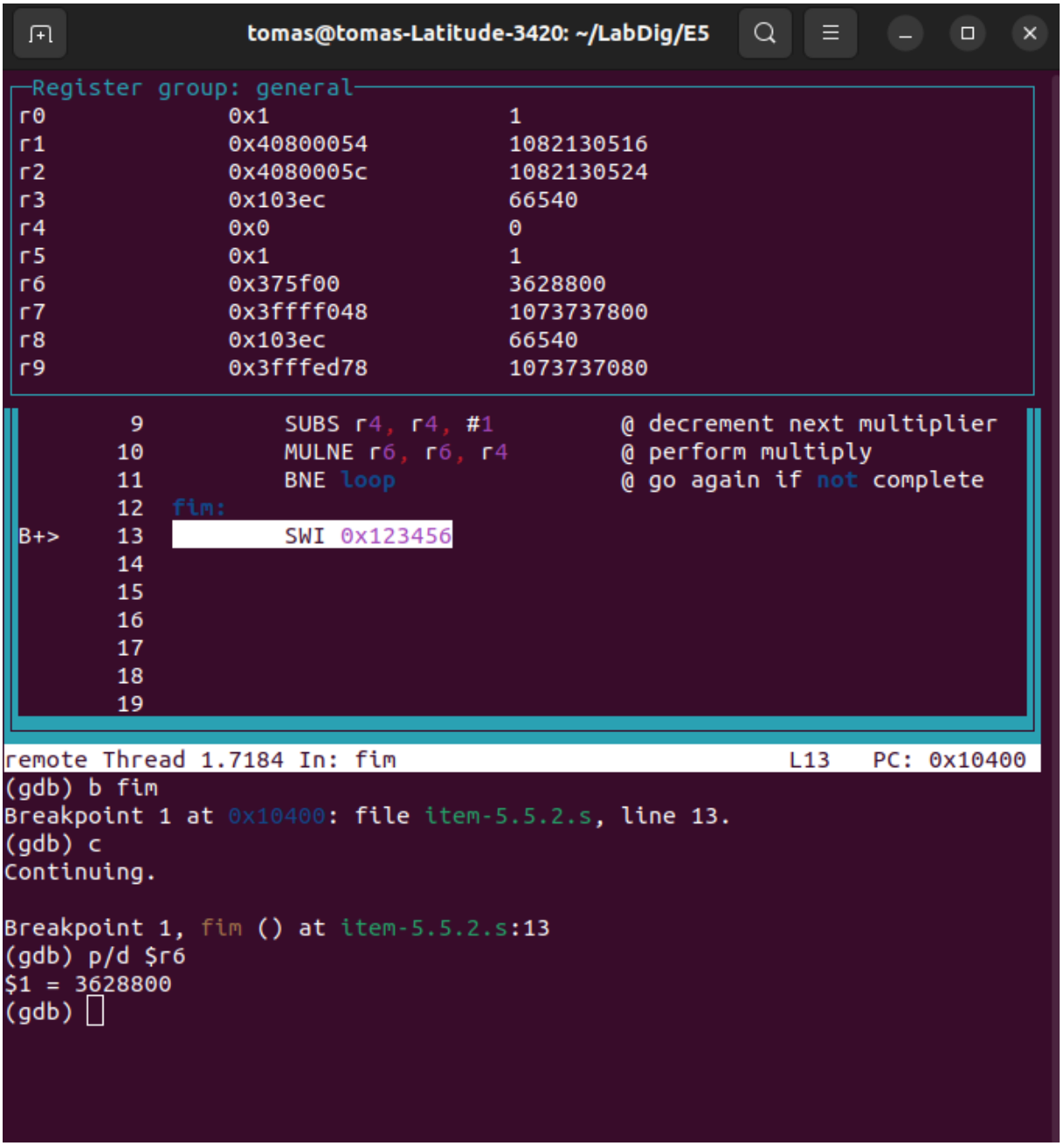
• *branch back to the start of the loop.*
In writing routines that have loops and branches, many programmers start with a nonzero value and count down, rather than up, because you can use the Z flag to quickly determine whether the loop count has been exhausted.
Fill in the blanks in the following code segment. Then run the code on the evaluation board by including the necessary header information and compiler directives. Using a starting value of 10 for n, demonstrate the result to your lab instructor and print out the register bank before and after the program runs.

```
factorial MOV r6,#0xA ; load 10 into r6
MOV r4,r6 ; copy n into a temp register
loop SUBS __________ ; decrement next multiplier
MULNE __________ ; perform multiply
MOVNE __________ ; save off product for another loop
BNE loop ; go again if not complete
```

Nesta implementação optamos por não usar a instrução MOVNE, pois, como não havia nenhuma instrução acerca de manter o valor de r6 inalterado, fomos armazenando o resultado do fatorial no próprio r6.
Nesse caso, a execução condicional permite não ter um branch direto para o “fim” na condição de parada.

```
@ Descrição do algoritmo
@ ----------------------
@ Algoritmo calcula fatorial de um número (n!)
@
@
@ Lista de Registradores
@ ----------------------
@ r6 : valor de n; ao final da execução, ele
@ armazena o valor de n!
@ r4 : registrador de trabalho
@
@
@ Instruções de uso
@ -----------------
@ arm build ex_5_5_2.s (montagem)
@ arm debug (depuração)

.text
```

```
.global main

main:
factorial:
 MOV r6, #0xA      @ load 10 into r6
 MOV r4, r6        @ copy n into a temp register

loop:
 SUBS  r4, r4, #1  @ decrement next multiplier
 MULNE r6, r6, r4  @ perform multiply
 BNE   loop        @ go again if not complete

fim:
 SWI 0x123456
```



5.5.3 Find maximum value

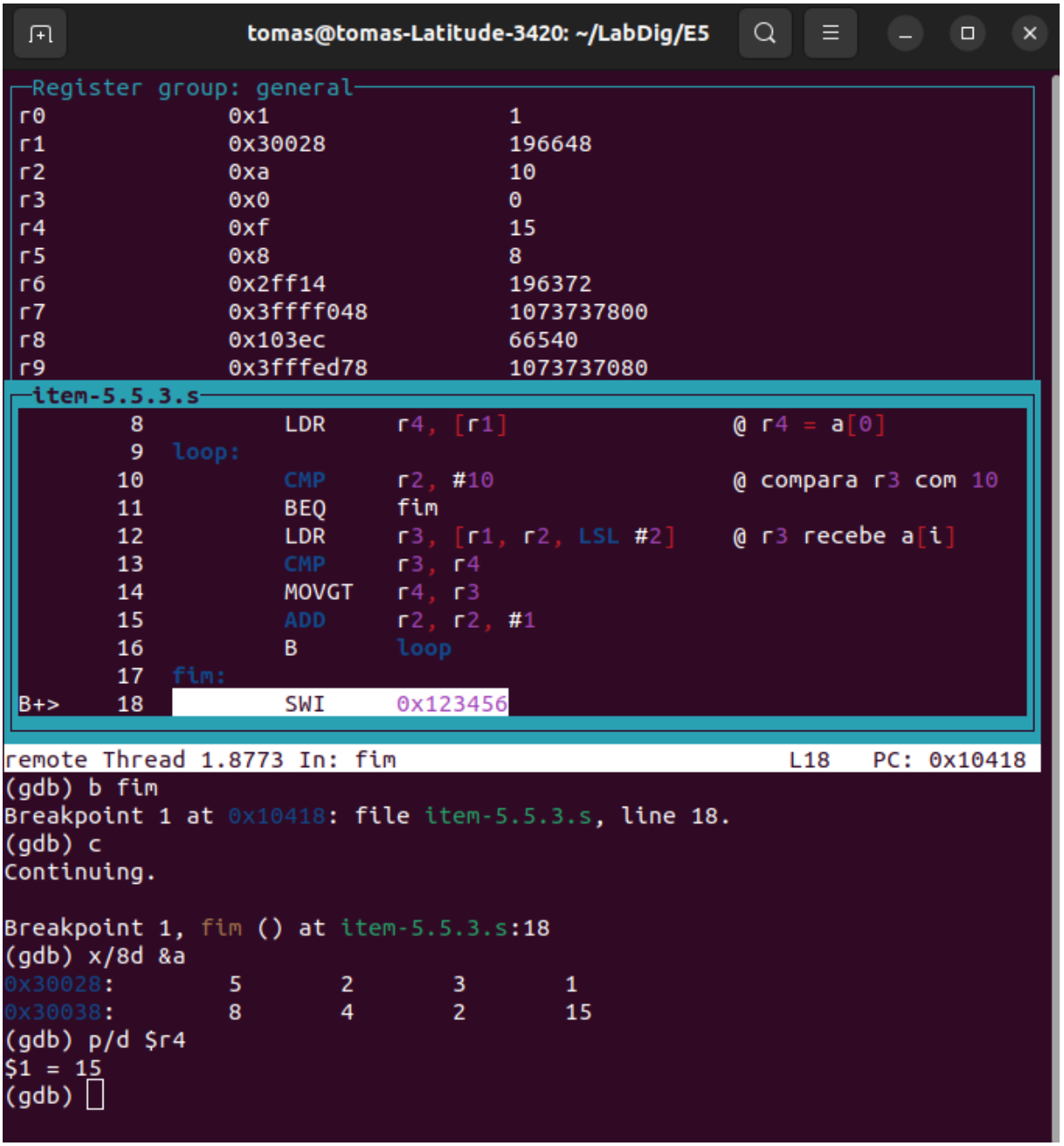
In this exercise, you are to find the largest integer in a series of 32-bit unsigned integers. The length of the series is determined by the value in register r5. The maximum value is stored in the memory location 0x5000 at the end of the routine. The data values begin at memory location 0x5006. Choose 11 or more integers to use. Use as much conditional

execution as possible when writing the code. Demonstrate the program to your lab instructor and print out the memory space starting at 0x5000 before and after the program runs. Be sure to include enough memory space to show all of your 32-bit integer values.

Tratamos esse problema como um quase idêntico aos de iterações sobre as posições de um *array,* mas com o diferencial que, ao ler uma nova posição, comparamos seu valor com o do registrador que contém o máximo, nesse caso o r4, e se a posição lida for maior que r4, mover esse valor para r4.

```
@ Descrição do algoritmo
@ ----------------------
@ Encontra o máximo valor de um array de inteiros
@ 32-bits sem sinal e armazena o valor encontrado
@ no registrador r4
@
@
@ Lista de Registradores
@ ----------------------
@ r1 : endereço base do vetor a
@ r2 : contador
@ r4 : máximo valor encontrado
@ r5 : tamanho do vetor a
@
@
@ Instruções de uso
@ -----------------
@ arm build ex_5_5_3.s (montagem)
@ arm debug (depuração)

.text
.global main

main:
 LDR r1, =a    @ r1 = a
 MOV r5, #8    @ r5 = 8 (tamanho da sequência)
 MOV r2, #0    @ r2 = 0
 LDR r4, [r1]  @ r4 = a[0]
```

```
loop:
 CMP   r2, #10               @ compara r3 com 10
 BEQ   fim                   @ sai do loop se contador = 10
 LDR   r3, [r1, r2, LSL #2]  @ r3 recebe a[i]
 CMP   r3, r4                @ compara a[i] com o maior valor atual
 MOVGT r4, r3                @ r4 = a[i], se r4 > a[i]
 ADD   r2, r2, #1            @ incrementa contador
 B     loop                  @ retorna ao loop

fim:
 SWI   0x123456              @ termina execução
 .data
a:
 .word 5, 2, 3, 1, 8, 4, 2, 15

.space 100  @ abrindo um espaco de 100 bytes para armazenar a array
.align 1    @ align to even bytes REQUIRED!!!
```



5.5.4 Finite state machines: a nonresetting sequence recognizer

1. Consider an FSM with one input X and one output Z. The FSM asserts its output Z when it recognizes an input bit sequence of b1011. The machine keeps checking for the sequence and does not reset when it recognizes the sequence.
Here is an example input string X and its output Z:
`X = ...0010110110...`

`Z = ...0000010010...`
Write ARM assembly to implement the sequence recognizer. Start with the initial input X in r1. Finish with the output Z in r2 at the end of the program.

2. Now write the code to recognize any sequence Y up to 32 bits. Start with the recognizing sequence Y in r8 and the size of Y in r9. For example, to recognize the sequence Y = b0110110, then r8 = 0x36 and r9 = 0x7 before program execution. Everything else should be the same is in Step 1. Make sure that your program works for every case, including the case when r9 = 1 or r9 = 32.

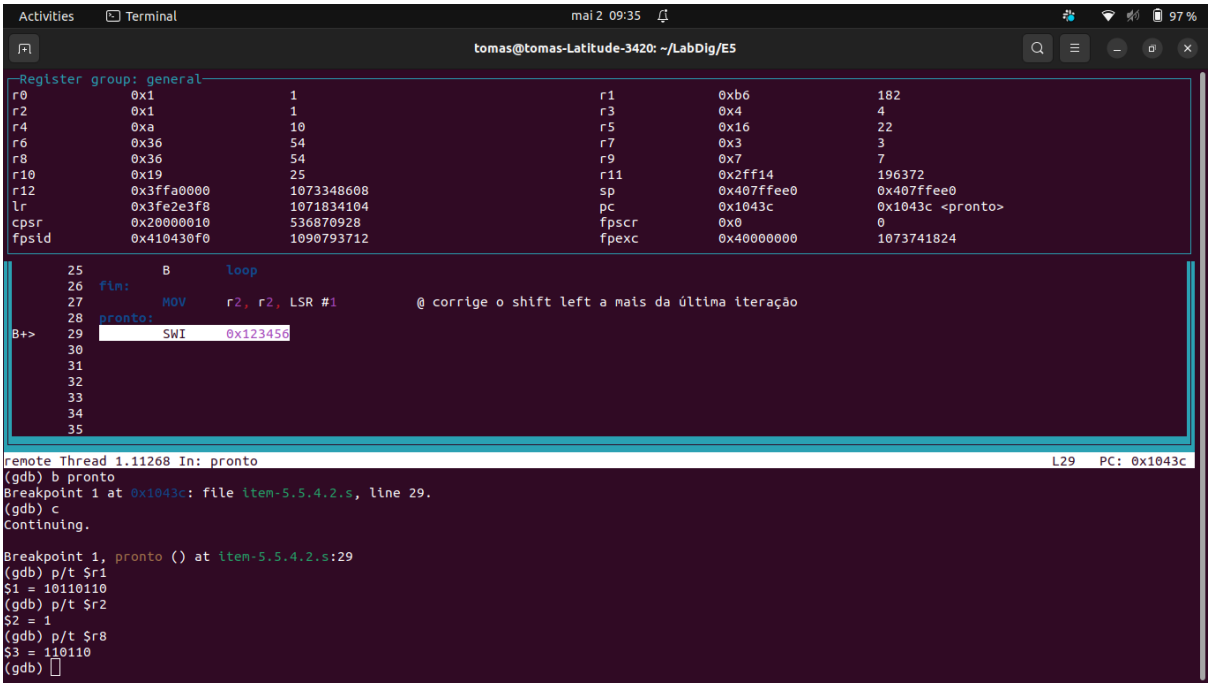
A ideia inicial para esta implementação era a de emular uma máquina de Mealy, com condições específicas para cada estado. Depois de começar a esboçar a máquina, percebemos que o requisito de que não “resetar” após reconhecer a sequência torna a resolução por esse caminho quase que “inviável”.
Para esse problema, basta isolar os fragmentos de tamanho igual a sequência a ser reconhecida, comparando-os.

```
@ Descrição do algoritmo
@ ----------------------
@ Reconhece uma padrão genérico em uma sequência
@ de bits
@
@
@ Lista de Registradores
@ ----------------------
@ r1 : entrada X
@ r2 : saída - posições onde o padrão foi encontrado
@ r3 : contador
@ r8 : padrão a ser detectado
@ r9 : número de bits do padrão
@
@
@ Instruções de uso
@ -----------------
@ arm build ex_5_5_4.s (montagem)
@ arm debug (depuração)



.text
```

```
.global main

main:
 LDR   r1, =0b0010110110 @ r1 = x
 LDR   r2, =0            @ r2 = z
 MOV   r3, #0            @ i = 0
 LDR   r8, =0x36         @ padrão a ser reconhecida
 LDR   r9, =0x7          @ tamanho em bits do padrão
 MOV   r4, #10           @ r4 = tamanho da sequência
 SUB   r7, r4, r9        @ r7 =tamanho sequência- tamanho do
reconhecido
 RSB   r5, r4, #32       @ r5 = 32 - tamanho da sequência
 RSB   r10, r9, #32      @ tamanho da palavra - tamanho da sequência
a ser reconhecida

loop:
 CMP   r3, r7            @ compara r3 com r4- condição de parada
 BGT   fim               @ encerra loop se maior
 ADD   r6, r5, r3        @ r6 = tamanho da palavra - tamanho da
sequência + i
 MOV   r6, r1, LSL r6    @ r6 = trecho de 4 bits a ser analisado
deslocado p/ esquerda
 MOV   r6, r6, LSR r10   @ desloca para direita para isolar segmento
de 4 bits

setado:                   @ label para ajudar a imprimir os valores
 CMP   r6, r8            @ compara r6 com sequência fornecida
 ADDEQ r2, r2, #1        @ 1 em r2 se for igual
 MOV   r2, r2, LSL #1    @ também passa r2 para próximo bit
 ADD   r3, r3, #1        @ incrementa contador
 B loop

fim:
 MOV   r2, r2, LSR #1    @ corrige o shift left a mais da última
iteração
```

```
pronto:
 SWI    0x123456
```

A figura abaixo mostra a depuração do programa usando as entradas indicadas na apostila:



A figura abaixo mostra a depuração do programa usando as entradas indicados no roteiro do experimento (moodle):