Assembly do IA-32 em ambiente Linux

TPC6 e Guião laboratorial

Baseado no guia de Alberto José Proença

Objetivos e notas

Os exercícios propostos no TPC6 introduzem o **suporte a estruturas de controlo e a funções em C**, no IA-32, e a utilização de um depurador (*debugger*). Estes exercícios devem ser realizados no servidor remoto que foi usado na sessão laboratorial anterior (ver TPC4).

O texto de "**Introdução ao GDB *debugger***", no fim deste guião, contém informação necessária para esta sessão, e é uma sinopse ultra-compacta do manual; uma versão integral está disponível no site da GNU.

A resolução deverá ser entregue **impreterivelmente** no início da sessão PL, com a presença do estudante durante a sessão PL para que o TPC seja contabilizado na avaliação por participação. Não serão aceites trabalhos entregues fora da PL.

Passagem de parâmetros a funções

1. a) (TPC) **Crie** um ficheiro com o nome `while_loop.c` com seguinte função e execute a sua compilação para *assembly*, usando o comando `gcc -O2 -S while_loop.c`.

```
int while_loop(int x, int y, int n)
{
   do {
      x += n;
      y *= n;
      n--;
   } while (n > 0);
   return (x+y);
}
```

b) (TPC) Os argumentos `x`, `y` e `n` da função encontram-se armazenados na pilha (*stack*), sendo especificados pelo endereço de memória em `%ebp`, à distância 8, 12 e 16, respetivamente (i.e., `MEM[%ebp+8]`, etc). Analise o *Assembly* da função e **indique na tabela os registos atribuídos a cada variável**, com base na identificação das instruções que efetuam cópias dos valores da pilha (usando `%ebp` como endereço base) para os correspondentes registos (inclua também essas as instruções na tabela).

Variável	Registo atribuído pelo compilador	Instrução *Assembly*
x		
y		
n		

c) (TPC) **Confirme essa atribuição dos registos** identificando as três instruções no corpo do ciclo `do/while` que atualizam os valores de x, y e n.

d) (TPC) **Identifique** as instruções correspondentes à implementação da condição `n>0` do ciclo `do/while`.

Depuração do programa com gdb

e) **Utilize o gdb** para depurar o programa e visualizar os valores durante a execução:

i. (TPC) **Complete o ficheiro** `while_loop.c` acrescentando uma função `main` que chame a função `while_loop`, passando como argumentos os valores 4, 2 e 3.

ii. (TPC) **Crie um executável** para ser depurado, com o comando `gcc -Wall -O2 -g`; **desmonte** o executável com o comando `objdump -d` e encontre e anote a localização em `while_loop`, da 1ª instrução de cópia dos valores da pilha para os correspondentes registos, e a 1ª instrução logo a seguir à cópia desses valores.

iii. Invocando o *debugger* (com `gdb <nome_fich_executável>`), **insira dois pontos de paragem** (*breakpoint*) nos respetivos endereços anotados anteriormente.

iv. (TPC) Estime os valores atribuídos aos registos, **preenchendo esta tabela sem executar qualquer código** (apenas com base na análise do código *assembly*).

Variável	Registo	Break1	Break_	Break_	Break_	Break_
x						
y						
n						

v. **Confirme os valores** executando o programa dentro do *debugger*: após cada paragem num *breakpoint*, **visualize** o conteúdo dos registos com `print $reg` ou com `info registers` e preencha a tabela em baixo com os valores lidos:

Chamada/regresso de funções e estrutura de ativação (*stack frame*)

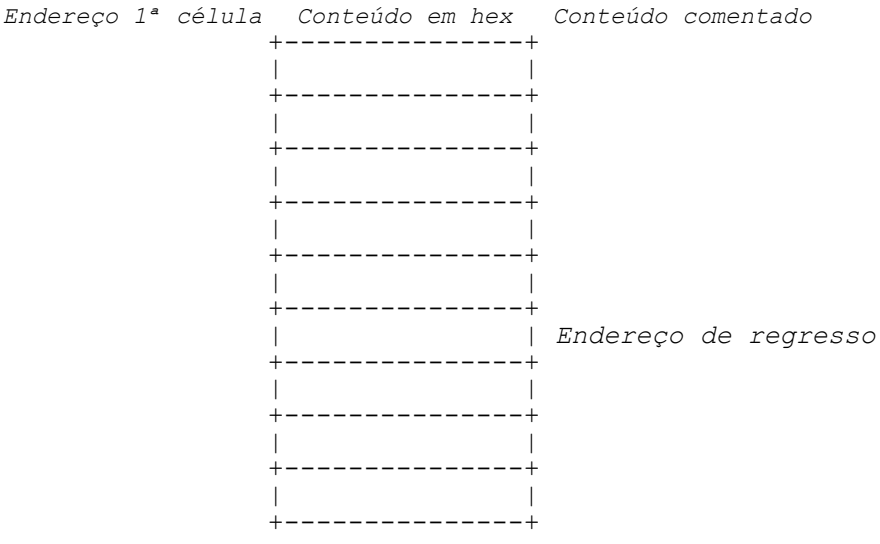
f) Considerando que a *stack* cresce para cima, pretende-se construir o diagrama da *stack frame* da função `while_loop` logo após a execução da instrução antes do *breakpoint*, com o máx. de indicações (endereços e conteúdos, ver 1ª linha da figura). Comente cada um dos conteúdos da *stack frame* (por ex., "*Endereço de regresso*").

Construa assim esse diagrama:

(i) estime os valores antes da execução do código, e

(ii) confirme posteriormente esses valores, com o depurador durante a execução do código

Nota: neste diagrama, cada caixa representa um bloco de 32-bits em 4 células.



Anexo: Introdução ao GNU *debugger*

O GNU *debugger* `GDB` disponibiliza um conjunto de funcionalidades úteis na análise e avaliação do funcionamento de programas em linguagem máquina, durante a sua execução; permite ainda a execução controlada de um programa, com indicação explícita de quando interromper essa execução – através de *breakpoints*, ou em execução passo-a-passo – e possibilitando a análise do conteúdo de registos e de posições de memória, após cada interrupção.
Use o `GDB` para confirmar as tabelas de utilização de registos e o valor dos argumentos nos exercícios. Nota: utilize primeiro `objdump` para obter uma versão "desmontada" do programa.

A tabela/figura seguinte (de CSAPP) ilustra a utilização de alguns dos comandos mais comuns para o IA-32.

Command	Effect
Starting and Stopping	
quit	Exit GDB
run	Run your program (give command line argum. here)
kill	Stop your program
Breakpoints	
break sum	Set breakpoint at entry to function `sum`
*break *0x80483c3*	Set breakpoint at address `0x80483c3`
disable 3	Disable breakpoint 3
enable 2	Enable breakpoint 2
clear sum	Clear any breakpoint at entry to function `sum`
delete 1	Delete breakpoint 1
delete	Delete all breakpoints
Execution	
stepi	Execute one instruction
stepi 4	Execute four instructions
nexti	Like `stepi`, but proceed through function calls
continue	Resume execution
finish	Run until current function returns
Examining code	
disas	Disassemble current function
disas sum	Disassemble function sum
disas 0x80483b7	Disassemble function around address `0x80483b7`
disas 0x80483b7 0x80483c7	Disassemble code within specified address range
print /x $eip	Print program counter in hex
Examining data	
print $eax	Print contents of `%eax` in decimal
print /x $eax	Print contents of `%eax` in hex
print /t $eax	Print contents of `%eax` in binary
print 0x100	Print decimal representation of `0x100`
print /x 555	Print hex representation of 555
print /x ($ebp+8)	Print contents of `%ebp` plus 8 in hex
*print *(int *) 0xbffff890*	Print integer at address `0xbffff890`
*print *(int *) ($ebp+8)*	Print integer at address `%ebp` + 8
x/2w 0xbffff890	Examine 2(4-byte) words starting at addr 0xbffff890
x/20b sum	Examine first 20 bytes of function `sum`
Useful information	
info frame	Information about current stack frame
info registers	Values of all the registers
help	Get information about GDB

Figure 3.27: **Example GDB Commands.** These examples illustrate some of the ways GDB supports debugging of machine-level programs.

Nº	Nome:	Turma:

Resolução dos exercícios (deve ser redigido manualmente)

1. Código em *assembly*

Transcreva aqui o código *assembly* de `while_loop.s` e classifique cada uma das instruções de acordo com seu propósito:

(i) copiar os valores dos argumentos `x`, `y` e `n` da pilha (*stack*) para registos
(ii) atualizar os valores das variáveis de `x`, `y` e `n` no corpo do ciclo `do/while`
(iii) implementar a condição `n>0` do ciclo `do/while`
(iv) chamada/regresso da função e gestão da pilha.
(v) calcular o valor de retorno da função

Preencha a tabela com os registos atribuídos a cada variável

Variável	Registo
`x`	
`y`	
`n`	

2. Simulação da execução

Escreva aqui o código C de um programa simples (`main`) que usa a função `while_loop` :

Coloque aqui a estimativa do que irá estar nos registos após cada ponto de paragem:

Variável	Registo	Break1	Break_	Break_	Break_	Break_
`x`						
`y`						
`n`						