

Níveis de Abstração

TPC4 e Guião laboratorial

Luís Paulo Santos e Alberto José Proença

Objetivo geral

Este documento é o **guião** para apoio ao funcionamento da primeira sessão laboratorial de SC. **É indispensável a sua leitura/estudo prévio**, incluindo a resolução e **entrega dos exercícios propostos**.

Objetivo concreto

Assimilar, ao longo de uma sessão laboratorial, os vários **níveis de abstração** envolvidos no processo de desenvolvimento de *software* e respetivas representações usadas em cada nível, bem como os **mecanismos de conversão** entre esses níveis.

Para atingir os objetivos: desenvolver um programa em C, constituído por 2 módulos (em ficheiros distintos), e acompanhar e visualizar as várias fases, **usando ferramentas do Unix** `gcc`, `gdb` e `objdump`. Para garantir idênticos resultados em todos os trabalhos, **usar sempre** a máquina virtual que se disponibiliza remotamente, em ambiente Unix.

O acesso remoto faz-se usando o protocolo `ssh`. Uma vez na máquina remota usar o **username** e **password** que lhe foi/será enviado por correio electrónico, pela equipa técnica do DI.

Se estiver num ambiente Windows, use a aplicação PuTTY para a conectividade com sistemas Unix através do protocolo `ssh`: preencha no campo "Host" na janela do PuTTY "sc.di.uminho.pt" e selecione o botão "Open" para aceder à máquina virtual remota.

Em Unix/Linux ou MacOS usar simplesmente o comando `ssh` para aceder à máquina remota com o seu novo identificador, "username@sc.di.uminho.pt" indicando depois a sua nova **password**.

1. Linguagem de alto nível (HLL)

Considere os módulos em C apresentados na tabela que são para colocar em 2 ficheiros separados:

prog.c	soma.c
<pre>void soma (int); int main () { int x=2; soma (x); return 1; }</pre>	<pre>int accum=0; void soma (int p) { accum += p; }</pre>

Exercício 1. (TPC) Escolha um editor de texto e crie no servidor remoto os ficheiros **prog.c** e **soma.c**. Em que formato está representada a informação contida nestes ficheiros?

Exercício 2. (TPC) Qual o tamanho de cada um dos ficheiros?
(Calcule manualmente e verifique com um comando da *shell* do Linux)

2. Compilação

Por **compilação** entende-se a conversão de um programa escrito num dado nível de abstração noutra de nível inferior. Historicamente o termo surgiu da conversão de um programa escrito numa HLL para o nível do *assembly*. Contudo, a maior parte dos utilitários actuais conhecidos como "compiladores" permitem, com uma única linha de comando, passar diretamente do nível HLL para o nível da linguagem máquina, executando na realidade 4 programas distintos, correspondentes a 4 fases diferentes: pré-processamento, compilação, montagem (com o *assembler*) e união (com o *linker*). Uma descrição mais detalhada destas

fases encontra-se no texto que acompanha as aulas teóricas (*Introdução aos Sistemas de Computação*, Cap.3, com material retirado do livro CSAPP).

As diversas versões do manual do compilador de C distribuído pelo projeto GNU, o `gcc`, estão disponíveis online em <http://www.gnu.org/software/gcc/onlinedocs/>, em que a versão disponível na máquina virtual é a 3.2.3. Um sumário muito compacto do manual numa versão do `gcc` é incluído no fim deste guião.

Compile o módulo `soma.c` usando o comando

```
gcc -Wall -O2 -S soma.c
```

O *switch* `Wall` activa o envio de mensagens de diagnóstico relatando a existência de estruturas de código que poderão conter imprecisões ou potenciais fontes de erro, o *switch* `O2` indica ao compilador para usar o nível dois de otimização do código, enquanto o *switch* `S` indica que deve gerar apenas o código *assembly*. Este comando gera o ficheiro `soma.s`.

Exercício 3. (TPC) Em que formato está representada a informação contida neste novo ficheiro?

Exercício 4. Usando um programa adequado visualize o conteúdo de `soma.s`. Encontra texto para além das mnemónicas das operações, nomes de registos do IA-32 ou constantes? Como caracteriza esse texto e com que fim foi lá colocado?

Exercício 5. (TPC) Este programa (o ficheiro `soma.s`) pode ser executado diretamente pela máquina? Em que nível de abstração se encontra?

3. Compilação e montagem (uso do assembler)

Use o comando

```
gcc -Wall -O2 -c soma.c
```

para gerar o ficheiro `soma.o` (código binário resultante de compilação e montagem do módulo `soma.c`); o *switch* `-c` indica que o processo termina após a montagem. O código binário não pode ser visualizado usando um editor de texto, pois o formato da informação já não é ASCII.

Para visualizar o conteúdo de um ficheiro objeto (binário) pode-se usar um **debugger** (depurador) fornecido com o Linux. Neste caso, para se iniciar o processo de depuração, far-se-ia:

```
gdb soma.o
```

Uma vez dentro do depurador, pode-se ativar o comando:

```
(gdb) x/23xb soma
```

o qual irá examinar e mostrar (abreviado “**x**”) 23 “hex-formatted bytes” (abreviado para “**xb**”) a partir do início do código da função soma.

Exercício 6. O que representam os valores que está a visualizar?

Exercício 7. (TPC) Este programa (o ficheiro `soma.o`) pode ser executado diretamente pela máquina? Em que nível de abstração se encontra?

É possível ainda visualizar o código *assembly* a partir do ficheiro objeto, quer dentro do depurador (com o comando **disassemble soma**), quer ainda usando um **disassembler** (desmontador) do Linux. Este tem a vantagem de mostrar ainda o código binário para além do código *assembly*.

Assim, abandone o `gdb` (com o comando **quit**) e execute o comando

```
objdump -d soma.o
```

Exercício 8. O ficheiro `soma.o` desmontado, deveria conter apenas linhas de código *assembly* da GNU com instruções ISA-32 e respetivos operandos; contudo, encontra lá ainda outro tipo de informação. Identifique-o e encontre uma explicação para esse texto que lá encontra.

Exercício 9. Como está representada a variável `accum`? Porque razão é ela representada desta forma?

Exercício 10. Quantas instruções tem a função `soma`? Quantos *bytes* ocupa? Quais são as instruções mais curtas e quais as mais longas?

4. União (uso do *linker*) e execução

Para gerar o programa executável é necessário ligar os dois módulos entre si e com quaisquer outras funções de bibliotecas que sejam utilizadas, assim como acrescentar código que faz o interface com o sistema operativo. Este é o papel do *linker*. Execute o comando

```
gcc -Wall -O2 -o prog prog.c soma.o
```

Exercício 11. O resultado da execução deste comando é colocado no ficheiro `prog`. Qual o formato da informação aí contida? Este ficheiro pode ser executado diretamente pela máquina?

Desmonte este programa executável e guarde-o num ficheiro de texto, usando o comando

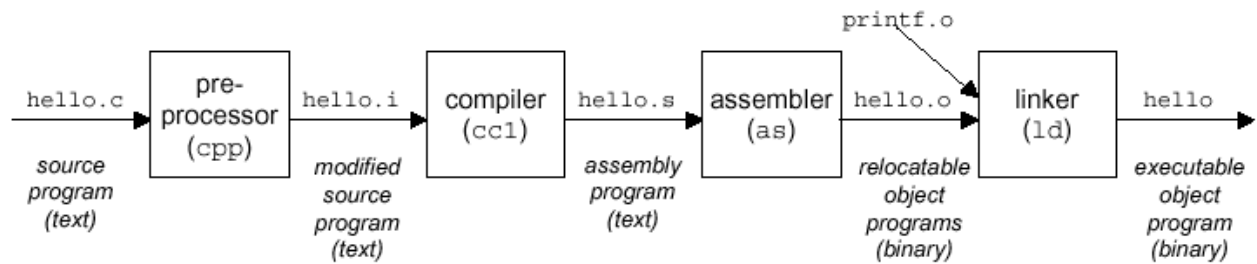
```
objdump -d prog > prog.dump
```

Exercício 12. Localize no ficheiro `prog.dump` a função `soma`. Como está representada a variável `accum`?

Exercício 13. Porque ordem são armazenados na memória os 4 *bytes* correspondentes ao endereço de `accum`? *Little-endian* ou *big-endian*? Confirme no ficheiro `prog.dump` (como?).

Exercício 14. Como é que a função `main` passa o controlo (invoca) a função `soma`?

5. Sumário do manual de gcc



GCC(1)

GNU Tools

GCC(1)

NAME

`gcc`, `g++` - GNU project C and C++ Compiler (gcc-3.43)

SYNOPSIS

`gcc [ option | filename ]...`

DESCRIPTION

The C and C++ compiler are integrated. Both process input files through one or more of four stages: preprocessing, compilation, assembly, and linking. Source file-name suffixes identify the source language, but which name you use for the compiler governs default assumptions:

`gcc` assumes preprocessed `(.i)` files are C and assumes C style linking.

Suffixes of source file names indicate the language and kind of processing to be done:

- `.c` C source; preprocess, compile, assemble
- `.i` preprocessed C; compile, assemble
- `.s` Assembler source; assemble
- `.o` Object file: pass to the linker.

OPTIONS

Overall Options

`-c -S -E -o file -pipe -v -x language`

C Language Options

Warning Options

Debugging Options

Optimization Options

Preprocessor Options

Assembler Option

Linker Options

Machine Dependent Options

Nº**Nome:****Turma:****Resolução dos exercícios**

(**Nota:** Apresente sempre os cálculos que efectuar no verso da folha; o não cumprimento desta regra equivale à não entrega do trabalho.)

1. **Crie** os ficheiros `prog.c` e `soma.c` no servidor remoto.
2. **Indique** em que formato está representada a informação contida nos ficheiros `prog.c` e `soma.c`.
3. **Indique** qual o tamanho de cada um dos ficheiros. Calcule manualmente (indique como fez) e verifique com um comando da *shell* do Linux (indique o comando usado).
4. **Indique** em que formato está representada a informação contida no ficheiro `soma.s`.
5. **Indique (i)** se o programa no ficheiro `soma.s` pode ser executado diretamente pela máquina (justifique a resposta) e **(ii)** em que nível de abstração se encontra.
7. **Indique (i)** se o programa no ficheiro `soma.o` pode ser executado diretamente pela máquina (justifique a resposta) e **(ii)** em que nível de abstração se encontra.