

Níveis de Abstracção

TPC4 e Guião laboratorial

Luís Paulo Santos e Alberto José Proença

Objectivo geral

Este documento é o **guião** para apoio ao funcionamento da sessão laboratorial da semana 6. **É indispensável a sua leitura e estudo prévio, incluindo a resolução dos exercícios propostos.**

Objectivo concreto

Assimilar, ao longo de uma aula prática, os vários **níveis de abstracção** envolvidos no processo de desenvolvimento de *software* e respectivas representações usadas em cada nível, bem como os **mecanismos de conversão** entre esses níveis.

Para atingir estes objectivos ir-se-á desenvolver um pequeno programa em C, constituído por 2 módulos, e, **usando ferramentas do Linux** - `gcc`, `gdb` e `objdump` - acompanhar e visualizar as várias fases desse processo.

1. Linguagem de alto nível (HLL)

Escreva em 2 ficheiros, usando o editor de texto que considerar mais adequado, os 2 módulos em C apresentados na tabela.

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

Exercício 1. (TPC) Em que formato está representada a informação contida nestes ficheiros?

Exercício 2. (TPC) Qual o tamanho da 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 abstracção 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 directamente 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 *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).

A versão mais actualizada do manual do compilador de C distribuído pelo projecto GNU, o `gcc`, está disponível *online* em <http://www.gnu.org/software/gcc/onlinedocs/>. Um sumário muito compacto do manual 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 optimização 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 informação simbólica neste programa? Qual?

Exercício 5. (TPC) Este programa (o ficheiro `soma.s`) pode ser executado directamente pela máquina? Em que nível de abstracção 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 objecto (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 activar o comando:

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

o qual irá **ex**aminar e mostrar (abreviado “x”) **23** “hex-formatted **b**ytes” (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 directamente pela máquina? Em que nível de abstracção se encontra?

O conteúdo dum ficheiro objecto pode também ser visualizado usando **disassemblers** (desmontadores), com uma vantagem: estes geram também código *assembly* a partir do ficheiro objecto. Execute o comando

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

Exercício 8. Este programa contém informação simbólica? Qual?

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 bibliotecas de funções 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 directamente pela máquina?

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

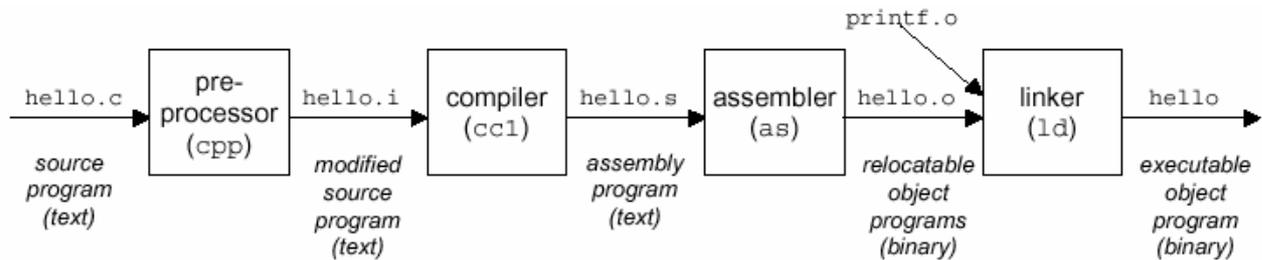
```
objdump -d prog > prog.dump
```

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*?

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. **Indique** em que formato está representada a informação contida nos ficheiros `prog.c` e `soma.c`.
2. **Indique** qual o tamanho da cada um dos ficheiros. Calcule manualmente e verifique com um comando da *shell* do Linux (que comando usou?).
3. **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 directamente pela máquina, e (ii) em que nível de abstracção se encontra.
7. **Indique** (i) se o programa no ficheiro `soma.o` pode ser executado directamente pela máquina, e (ii) em que nível de abstracção se encontra.