

Assembly na Prática

Versão 1.0

Fernando Anselmo

Copyright © 2021 Fernando Anselmo

PUBLICAÇÃO INDEPENDENTE

<http://fernandoanselmo.orgfree.com>

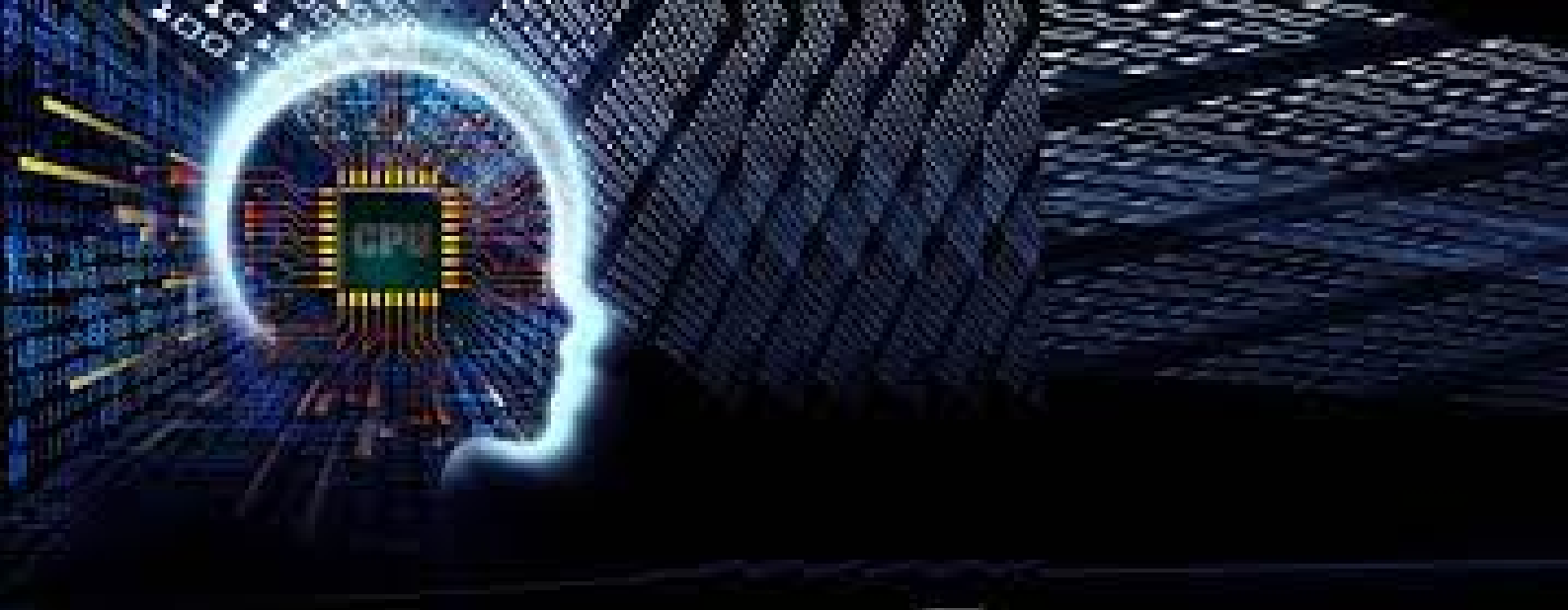
É permitido a total distribuição, cópia e compartilhamento deste arquivo, desde que se preserve os seguintes direitos, conforme a licença da Creative Commons 3.0. Qualquer marca utilizada aqui correspondem aos seus respectivos direitos de marca são reservados. Logos, ícones e outros itens inseridos nesta obra, são da responsabilidade de seus proprietários e foram utilizadas somente como característica informativa. Não possuo qualquer intenção na apropriação da autoria relativo a nenhum artigo de terceiros. Caso não tenha citado a fonte correta de algum texto que coloquei em qualquer seção, basta me enviar um e-mail que farei as devidas retratações, algumas partes podem ter sido cópias (ou baseadas na ideia) de artigos que li na Internet e que me ajudaram a esclarecer muitas dúvidas, considere este como um documento de pesquisa que resolvi compartilhar para ajudar os outros usuários e não é minha intenção tomar crédito de terceiros.



Sumário

1	Conceitos Introdutórios	5
1.1	Do que trata esse livro?	5
1.1.1	O que é NASM?	6
1.1.2	Sobre o Editor	6
1.2	Programa 1 - Hello World	6
1.2.1	Magia Negra	7
1.2.2	Explicação do Programa	8
1.2.3	Mostrar a mensagem	9
1.2.4	Faltou um comando	10
1.3	Programa 2 - Entrada	11
1.3.1	Entrada do nome	13
1.3.2	Compilação e Linkedição	14
1.4	Programa 3 - Comparar Valores	15

1.5	Programa 4 - Converter	17
1.5.1	Criar o nosso programa	18
1.5.2	Realização de Conversão	20
1.6	Programa 5 - Calculadora	22
1.6.1	Novas funcionalidades a biblioteca	22
1.6.2	Menu de Sistema	23
2	União com C++	27
2.1	Porquê fazer isso?	27
2.2	Programa 5 - Troca de Informações	27
2.2.1	Agora sim vamos para o Assembly	28
2.2.2	Modificar o arquivo makefile	29
2.3	Programa 6 - Questão	29
2.4	Programa 7 - Parâmetros	31
2.5	Programa 8 - Fibonacci	32
2.6	Programa 9 - Dupla Chamada	34
2.7	Acabou?	37
3	Quebrar a Cabeça	39
3.1	Aprendizado e desafios	39
3.2	Programa 10 - Quadrado	40
3.3	Programa 11 - Pirâmide	42
A	Considerações Finais	47
A.1	Sobre o Autor	47



1. Conceitos Introdutórios

F O novo Google Plus deixa a impressão de que tudo está errado no Facebook. (Hans Peter Anvin - Líder dos projetos NASM e SYSLINUX)

1.1 Do que trata esse livro?

Muitas vezes parei para pensar em como é ensinado a linguagem Assembly, os livros por exemplo são mais complicados que a própria linguagem, já os cursos é sempre algo que o aluno deve possuir um microprocessador no cérebro (provavelmente por isso optei pela imagem da capa). Desejo quebrar isso, se vai dar certo não tenho a menor ideia. Porém tudo começou com o lançamento do curso "*Assembly na Prática*" no meu canal do YouTube, sinceramente pensava que ninguém iria acessá-lo pois se trata de uma linguagem bem antiga e arcaica, qual não foi minha surpresa quando constatei que é o vídeo mais acessado do meu canal.

A família de vídeos no canal resolveu então crescer com "*Assembly na Prática com Raspberry PI*" e "*Assembly na Prática com Ubuntu*", sendo este último o uso nativo. E agora nasce mais um membro desta família. Este livro é uma reunião e organização das ideias do curso e aqui conterá todos os programas, conceitos e detalhes vistos nos vídeos, além disso todos os programas conterão seus descritivos em gráficos de fluxogramas para facilitar o entendimento e a visualização dos mesmos.

Se engana quem pensa que vai encontrar aqui milhares de conceitos teóricos e blá-blá-blá técnico, não foi esse meu objetivo com os vídeos disponibilizados no YouTube assim como não é neste livro. Meu desejo foi ensinar a linguagem Assembly de forma mais prática a possível. Assim se preferir corra para um manual de 800 páginas e terá um monte desses conceitos teóricos aqui entraremos na prática.

1.1.1 O que é NASM?

O compilador e linkeditor que utilizaremos durante todo o transcorrer desse livro será o NASM que é a sigla para "The Netwide Assembly". NASM foi originalmente escrito por Simon Tatham com a assistência de Julian Hall. Em 2016 é mantido por uma pequena equipe liderada por H. Peter Anvin. Sua página oficial é <https://www.nasm.us/>.

Para o Ubuntu um simples comando instala o NASM a partir do terminal:

```
$ sudo apt install nasm
```

Dica 1 — Sobre MEU AMBIENTE. Um detalhe que incomoda muito no Assembly e sua exigência de hardware e software compatível. Meu ambiente é o Ubuntu, uma distribuição do Linux, assim todos os programas aqui mostrados foram escritos e criados para ele. Tenho o Windows, posso usar esse livro? A resposta categórica é "Não". Para Windows existe o WASM e recomendo que você pare de ler agora e procure um livro para ele pois infelizmente o que está escrito aqui não servirá para você.

As pessoas se chateiam por ser franco, mas prefiro não lhe dar esperanças que não posso cumprir do que lhe dizer, usuário Windows leia esse livro que aprenderá algo, a única coisa que provavelmente aprenderá é me odiar por não ter lhe avisado e feito perder seu tempo.

1.1.2 Sobre o Editor

No curso em vídeo utilizei vários editores mas como isso é um livro ele não será necessário assim recomendo o que você se sinta mais confortável, seja do Vim ao Visual Studio Code. Os únicos editores que não são possíveis utilizar estão na linha do MS-Word ou Writer (LibreOffice) por introduzirem códigos no programa, mas qualquer outro é possível.

1.2 Programa 1 - Hello World

Abra seu editor favorito e digite o seguinte programa:

```
section .data
    msg db 'Hello World!', 0xA, 0xD
    tam equ $- msg

section .text

global _start

_start:
    mov eax, 4
    mov ebx, 1
    mov ecx, msg
    mov edx, tam
    int 0x80

; saida
    mov eax, 1
    mov ebx, 0
```

```
int 0x80
```

Que pode ser descrito conforme o seguinte fluxograma:

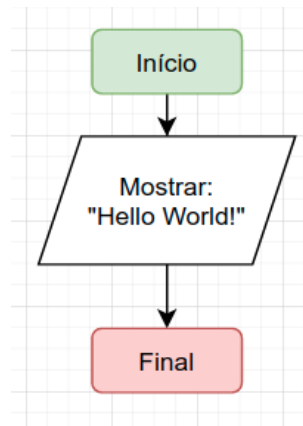


Figura 1.1: Fluxograma do Programa **Hello World**

Salvamos este como `hello.asm`. Agora em um terminal e digitamos o seguinte comando para compilar o programa:

```
$ nasm -f elf64 hello.asm
```

Uma vez executado sem erros, o seguinte comando para linkeditar o programa:

```
$ ld -s -o hello hello.o
```

E podemos executá-lo com o seguinte comando:

```
$ ./hello
```

E aparece a mensagem: **Hello World!** no nosso terminal.

1.2.1 Magia Negra

Sei o que vai dizer: "Está bem parecido a algo relacionado com magia negra", mas compreenda que criamos esse programa apenas para saber que tudo está funcionando corretamente e olhe o fluxo dele verá que é algo bem simples.

O problema é que as pessoas se preocupam demais em querer aprender tudo em uma simples frase ou mesmo um único vídeo de 8 minutos colocado no YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=cnBP3G29KM8>). Relaxa pois ainda estamos arranhando a superfície. Temos muito mais coisa para vermos.

Vamos fazer um acordo se ao término dessa seção não compreender o que fizemos, aí sim pode chorar, reclamar e inclusive parar de ler esse livro. Tirando isso digo de coração para determinadas pessoas: **Para de ser chato** e vai produzir algo ao invés de ficar criticando o trabalho dos outros.

1.2.2 Explicação do Programa

Vamos começar entendendo a estrutura do programa, ele se divide em 2 partes, uma seção ".data" que é aonde declaramos nossas constantes que utilizaremos ao longo do programa e uma seção ".text" que iremos iniciar nossos marcadores. Um marcador em particular deve ser o primeiro e definido através do comando "global" e padronizado com o nome "_start". Sendo assim a estrutura deve ser essa:

```
section .data

section .text

global _start

_start:
```

Porém se tentar executar isso verá que teremos um erro, muito comum chamado "*Exec format error*", ou seja, o Sistema Operacional está nos comunicando que não existe nada aí para fazer, e precisamos de um conjunto mínimo de ações para que possa executar sem apresentar qualquer falha. Este mínimo é obtido com as 3 últimas linhas do nosso programa:

```
section .data

section .text

global _start

_start:
    mov eax, 1
    mov ebx, 0
    int 0x80
```

E agora não apresenta mais erro, e nenhuma informação. Mas o que essas linhas querem dizer? Assembly trabalha com registradores de memória e isso corresponde a uma tabela que sempre devemos ter em mente quando programamos com esta linguagem:

64 bits	32 bits	Utilização
rax	eax	Valores que são retornados dos comandos em um registrador
rbx	ebx	Registrador preservado. Cuidado ao utilizá-lo
rcx	ecx	Uso livre como por exemplo contador
rdx	edx	Uso livre em alguns comandos
rsp	esp	Ponteiro de uma pilha
rbp	ebp	Registrador preservado. Algumas vezes armazena ponteiros de pilhas
rdi	edi	Na passagem de argumentos, contém a quantidade desses
rsi	esi	Na passagem de argumentos, contém os argumentos em si

Além desses, existem os registradores de **r8** a **r15** (de 64 bits) e **r8d** a **r15d** (de 32 bits) que são utilizados nas movimentações correntes durante a nossa programação.

Show demais e isso mas na prática? Bem temos que conhecer como age o comando **MOV**, este transporta valores de um lugar para outro, porém sua ordem é a seguinte: **mov destino, origem**. Ou seja, o segundo

valor é que será transportado para o primeiro (tem pessoas que leem inversamente). Assim o comando:

```
mov eax, 1
```

Está na verdade colocando o valor numérico 1 no registrador **EAX**. Mas o que isso significa? Esse registrador armazena algumas informações destinadas ao Sistema Operacional e devemos "decorar" esses valores, então vamos fazendo isso a medida que formos utilizando.

Para o registrador "eax":

Numérico	Hexadecimal	Utilização
1	0x1	Indica o final de operação, corresponde a System.exit

Ou seja, ao movermos o valor 1 queremos dizer que estamos realizando uma operação de final de execução, sendo que o valor de **EBX** é meramente informativo:

```
mov ebx, 0
```

Como assim "informativo"? Podemos colocar um valor qualquer, usamos o zero como um padrão para indicar que tudo ocorreu bem com o nosso programa. Troque-o para qualquer outro valor e veja que o resultado será igual. Para que serve então? Para avisar a um outro programa que nos chamou, obviamente o outro deve saber disso.

Por fim mandamos a informação para o sistema operacional com:

```
int 0x80
```

Esse valor hexadecimal corresponde a 128 em decimal e indica ao SO que agora é com ele que pode realizar as ações sem problemas. Então a programação é feita assim, preparamos tudo e falamos para o SO: Pode executar.

1.2.3 Mostrar a mensagem

Com tudo o que vimos acima apenas expandimos a ideia para mostrar uma mensagem na saída do terminal, porém primeiro precisamos declarar duas constantes que é feito na seção `.data`, são elas:

```
section .data
    msg db 'Hello World!', 0xA, 0xD
    tam equ $- msg
```

O que queremos dizer com isso? queremos dizer que lá vem mais uma tabela para decorarmos:

Sigla	Tipo	Significado
db	byte	variável de 8 bits
dw	word	variável de 16 bits
dd	double	variável de 32 bits
dq	quad	variável de 64 bits
ddq	double quad	variável de 128 bits - para inteiros
dt	float	variável de 128 bits - para decimais

Então temos uma variável chamada "msg" de 8 bits de espaço e os dois valores em hexadecimal significam: **0xA** o final de linha (line feed) e **0xD** um caracter que corresponde ao nulo (não possui efeito visual se o tirarmos, mas é um padrão de boa prática adotado).

A variável chamada "tam" contém a quantidade de caracteres que se encontra em "msg", isso é realizado pelo comando "\$- variável". A palavra chave **equ** está apenas firmando e declarando que "tam" é uma constante.

Agora a segunda parte no qual fazemos os movimentos e dizemos para o SO, todo seu:

```
mov eax, 4
mov ebx, 1
mov ecx, msg
mov edx, tam
int 0x80
```

Mais dois valores para decorarmos o que pode acontecer com o registrador **EAX**:

Numérico	Hexadecimal	Utilização
3	0x3	Para operações de leitura, corresponde a read
4	0x4	Para operações de saída, corresponde a write

E o registrador **EBX** passa a ganhar importância e deve receber valores correspondentes a:

Numérico	Hexadecimal	Utilização
0	0x0	Indica uma entrada de valor, corresponde a System.in
1	0x1	Indica uma saída de valor, corresponde a System.out
2	0x2	Indica uma erro de operação, corresponde a System.err

Os movimentos realizados nesse registrador são extremamente importantes, ao enviarmos o valor 4 para ele significa que realizaremos uma saída de informação, sendo assim o registrador **EBX** indica aonde isso será feita, e ele disse 1, ou seja, na saída padrão (ou no caso o terminal). O próximo registrador **ECX** contém o conteúdo em caractere do que desejamos mostrar e por fim o registrador **EDX** com a quantidade de caracteres que será mostrada (precisa disso? sim o Assembly EXIGE isso).

E assim obtemos nossa mensagem "Hello World!" no terminal.

1.2.4 Faltou um comando

Tá certo sei que faltou:

```
; saída
```

Mas esse não precisamos nos incomodar, trata-se apenas de um comentário, em Assembly do NASM tudo o que estiver depois do ";" será desprezado pelo compilador, e normalmente as pessoas programam colocando este em cada linha para indicar o que cada linha está fazendo:

```
; hello.asm
; programa para mostrar uma mensagem Hello World!
;
```

```
; Secao de variaveis
section .data
    msg db 'Hello World!', 0xA, 0xD ; Mensagem a mostrar
    tam equ $- msg                  ; Quantidade de caracteres da mensagem

; Secao do Programa
section .text

global _start

; Marcador inicial
_start:
    mov eax, 4      ; Informa que se trata de uma saida
    mov ebx, 1      ; Indica que deve ser realizada no terminal
    mov ecx, msg    ; Conteudo da saida
    mov edx, tam    ; Quantidade de caracteres
    int 0x80        ; Envia a informacao ao Sistema Operacional

; saida
    mov eax, 1      ; Informa que terminamos as acoes
    mov ebx, 0      ; Informa o estado final do programa - 0 sem erro
    int 0x80        ; Envia a informacao ao Sistema Operacional
```

E apesar de ter bem mais informações (poluição visual), fica bem mais claro escrito dessa forma. Então tente tornar isso um hábito quando for escrever seus programas em Assembly.

1.3 Programa 2 - Entrada

Outra boa prática que podemos realizar quando se programa com Assembly é colocar todos os dados, que vimos nas tabelas como descritivos de valores. Porém devemos compreender que quando programamos em Assembly temos uma paixão por hexadecimais e normalmente colocamos tudo nessa base.

Nosso programa pode ser descrito conforme o seguinte fluxograma:

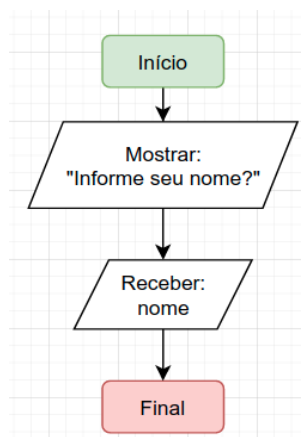


Figura 1.2: Fluxograma do Programa **Entrada**

Ao invés de mostrar o programa inteiro, como fizemos (e provavelmente complexei um monte de leitores) veremos parte a parte deste e assim o montaremos até o resultado final (ou seja iremos assembling¹ o programa).

Iniciamos nossa implementação com a adição de um segmento de dado denominado "segment .data", criamos um novo programa chamado "entrada.asm" e digitamos a seguinte informação:

```
; entrada.asm
; Programa para Entrada de Dados
;
segment .data
    LF      equ 0xA    ; Line Feed
    NULL    equ 0xD    ; Final da String
    SYS_EXIT equ 0x1    ;Codigo de chamada para finalizar
    RET_EXIT equ 0x0    ; Operacao com Sucesso
    STD_IN  equ 0x0    ; Entrada padrao
    STD_OUT equ 0x1    ; Saida padrao
    SYS_READ equ 0x3    ; Operacao de Leitura
    SYS_WRITE equ 0x4   ; Operacao de Escrita
    SYS_CALL equ 0x80   ; Envia informacao ao SO
```

Colocamos todos os valores que já vimos anteriormente em uma tabela associativa de variáveis, assim quando precisamos de algum deles basta chamar pelo nome desta. Mas tem valores repetidos como por exemplo SYS_EXIT e STD_OUT porquê não deixar um só? Pois a intenção é mapear os valores e não confundir quando formos escrever o comando, não existe o menor motivo de não gastar variáveis a mais para deixarmos o código mais simples e bem escrito.

Próxima parte e iniciarmos nosso programa com a declaração das variáveis que iremos utilizar e aprendermos uma nova seção:

```
section .data
    msg db "Entre com seu nome: ", LF, NULL
    tam equ $- msg

section .bss
    nome resb 1

section .text

global _start

_start:
```

Já vimos o que significa a seção .data, porém qual sua diferença para .bss? Essa seção é uma abreviatura de *Block Starting Symbol* e nela colocamos todas as variáveis que serão modificadas pelo programa. Para definir seus valores podemos usar mais uma tabela:

¹ Pode parecer meio esquisito isso mas saiba que muitas pessoas usavam a palavra *Assemblar* como verbo sinônimo para montar - afinal esse é o significado da palavra, até que o termo caiu em desuso.

Sigla	Tipo	Significado
resb	byte	variável de 8 bits
resw	word	variável de 16 bits
resd	double	variável de 32 bits
resq	quad	variável de 64 bits
resdq	double quad	variável de 128 bits

O comando da seção `.bss` é bem diferente da seção `.data`, nessa segunda por exemplo fazemos:

```
bVar db 10
```

E isso significa que criamos uma variável chamada **bVar** com o valor 10 nela e esse valor foi armazenado em uma variável de 8 bits. Porém se definirmos em `.bss`:

```
bVar resb 10
```

Estamos agora com um *array* de bytes contendo 10 elementos, repare que é uma diferença bem gritante. Por isso dizemos que em `.data` colocamos as constantes (mas na verdade também são expressões variáveis), pois lá recebem valores iniciais enquanto que `.bss` temos as variáveis (e na verdade são arrays de elementos).

Então conforme explicamos e com o auxílio da nossa tabela, criamos uma variável chamada "nome" que contém 1 elemento como array de bytes, que será utilizada para armazenar o valor que informaremos. O próximo bloco mostra ao usuário que ele deve informar um nome:

```
mov eax, SYS_WRITE
mov ebx, STD_OUT
mov ecx, msg
mov edx, tam
int SYS_CALL
```

Ao utilizarmos as variáveis que criamos no segmento, observe que a sintaxe do programa começa a ficar um pouco mais clara, "msg" e "tam" foram definidos na seção `.data` e contém respectivamente a frase que desejamos mostrar e o tamanho desta.

1.3.1 Entrada do nome

Próximo bloco corresponde a entrada da informação propriamente dita:

```
mov eax, SYS_READ
mov ebx, STD_IN
mov ecx, nome
mov edx, 0xA
int SYS_CALL
```

Os movimentos dos registradores são exatamente os mesmos porém temos uma passagem diferente dos valores das informações, e aí que está toda graça de Assembly pois vemos que transações de entradas e saídas são as mesmas. Para o registrador **EAX** temos o valor correspondente a uma operação de leitura ao invés de uma escrita. Para o registrador **EBX** temos o valor correspondente a uma entrada padrão (teclado) ao invés de uma saída padrão (monitor). Os registradores **ECX** e **EDX** permanecem com as mesmas informações variável (a diferença que agora o valor informado será armazenado na variável ao

invés de obtermos seu conteúdo) e o tamanho.

E esta último preenchimento torna-se um problema, isso limita a entrada do usuário, nesse caso usamos o hexadecimal 0xA que corresponde ao decimal 10, assim sendo o usuário só pode colocar um nome contendo 10 caracteres, se ultrapassar esse valor a informação será cortada. Em breve resolveremos isso, mas por enquanto deixaremos como está.

A última parte do programa também já vimos:

```
mov eax, SYS_EXIT
mov ebx, RET_EXIT
int SYS_CALL
```

Que avisa ao sistema operacional que encerramos todas as atividades e agora pode encerrar os usos desse programa limpando as áreas de memória ou outras alocações realizadas por ele.

1.3.2 Compilação e Linkedição

Ao invés de ficarmos sofrendo tendo que inserir 2 comandos (até parece que é muita coisa) para compilar e linkeditar nosso programa, vamos criar um arquivo especial que realiza esse trabalho. Obrigatoriamente seu nome deve ser **makefile**, então crie um arquivo com esse nome e digite os seguintes comandos:

```
NOME = entrada

all: $(NOME).o
    ld -s -o $(NOME) $(NOME).o
    rm -rf *.o;

%.o: %.asm
    nasm -f elf64 $<
```

Pode parecer bem estranho mas este programa faz exatamente o que esses três comandos fariam:

```
$ nasm -f elf64 entrada.asm
$ ld -s -o entrada entrada.o
$ rm entrada.o
```

No início criamos uma variável **NOME** facilitando assim sua modificação nos próximos programas pois basta modificar essa variável para o nome do programa atual e tudo está pronto. Para executar esse programa digite o seguinte:

```
$ make
```

Não erramos na digitação é assim mesmo, disse que era um arquivo especial. E pronto, uma vez executado corretamente o programa sera compilado e linkeditado. Ao executá-lo com:

```
$ ./entrada
```

Será mostrado:

```
$ Entre com seu nome:
```

E o cursor espera que seja informado algo e pressionado a tecla ENTER para dar continuidade ao programa.

1.4 Programa 3 - Comparar Valores

Neste programa vamos realizar comparações entre valores e compreender como saltos condicionais e incondicionais funcionam na linguagem. Assembly realiza comparações com 2 comandos, um deles normalmente é o comando **CMP** (outros fazem esse mesmo serviço) que possui a sintaxe:

```
$ cmp registrador1, registrador2
```

E aí pergunta-se: está comparando os registradores como? Aí entra um segundo comando que executará o salto para determinado ponto do programa, vamos para mais uma tabela:

Mnemônico	Significado	Contrário	Significado
JE	Salta se igual	JNE	Salta se não igual
JG	Salta se maior	JNG	Salta se não maior
JL	Salta se menor	JNL	Salta se não menor
JGE	Salta se maior ou igual	JNGE	Salta se não maior ou igual
JLE	Salta se menor ou igual	JNLE	Salta se não menor ou igual

Esses saltos são chamados de "condicionais", ou seja, dependem que uma comparação ocorra. Porém ainda existe o comando **JMP** que é um salto "incondicional", isso é, não depende que nada ocorra. E posto tudo isso o nosso programa deveria ter a aparência conforme o primeiro fluxograma (e assim ficaria em linguagens de alto nível), porém no Assembly nosso programa terá a aparência do segundo:

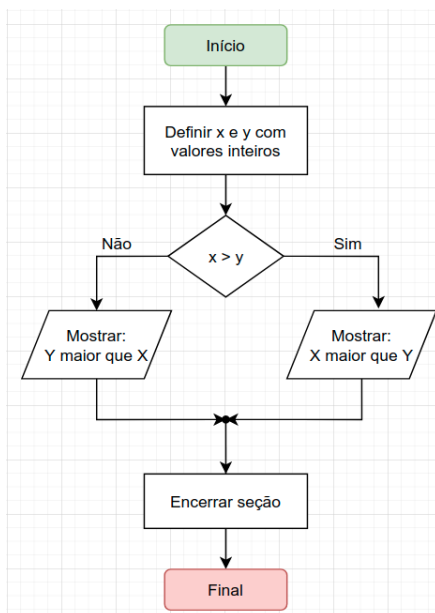


Figura 1.3: Fluxograma estruturado

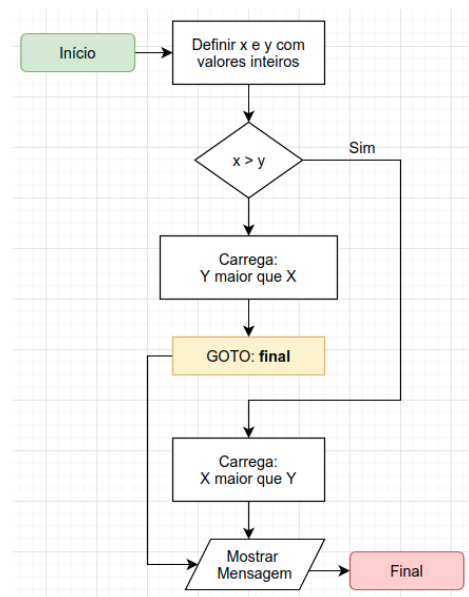


Figura 1.4: Do programa **Comparar Valores**

Mas qual o motivo dessa diferença tão gritante? Assembly não possui um comando interno que toma uma decisão e faz blocos de desvios, os blocos de desvio do Assembly são simplesmente pontos "etiquetados" do nosso programa. Lembra no início que criamos um "_start:", pois bem isso não é uma função (como seria em linguagens de alto nível) isso é um *label* (ou um MARCADOR se prefere a palavra em português que é a palavra que usamos neste livro).

Vamos iniciar um programa chamado maiornum.asm, copiamos o nosso segmento de dados (os mesmos

vistos anteriormente) e criamos as seguintes variáveis na seção **.data**:

```
segment .data
    LF      equ 0xA  ; Line Feed
    NULL    equ 0xD  ; Final da String
    SYS_EXIT equ 0x1  ; Codigo de chamada para finalizar
    RET_EXIT equ 0x0  ; Operacao com Sucesso
    STD_IN  equ 0x0  ; Entrada padrao
    STD_OUT equ 0x1  ; Saida padrao
    SYS_READ equ 0x3  ; Operacao de Leitura
    SYS_WRITE equ 0x4 ; Operacao de Escrita
    SYS_CALL equ 0x80 ; Envia informacao ao SO

section .data
    x dd 10
    y dd 50
    msg1 db 'X maior que Y', LF, NULL
    tam1 equ $ - msg1
    msg2 db 'Y maior que X', LF, NULL
    tam2 equ $ - msg2
```

Temos duas variáveis a primeira chamada **x** que possui o valor de 10 e a segunda **y** com o valor de 50, ao término altere esses valores para testar completamente o programa. Temos também **msg1** que mostra "X maior que Y" e **msg2** para mostrar o inverso, ou "Y maior que X" além de **tam1** e **tam2** para armazenar o tamanho das mensagens respectivamente. Agora vamos começar nosso programa propriamente dito pela seção **.text**:

```
section .text

global _start

_start:
    mov eax, DWORD [x]
    mov ebx, DWORD [y]
```

Iniciamos com 2 movimentos de **x** e **y** para os registradores **EAX** e **EBX** fazendo uma conversão relativa para **DWORD**. Não é possível mover o conteúdo de um DD diretamente para estes registradores.

```
    cmp eax, ebx
    jge maior
```

Em seguida procedemos a comparação entre os dois registradores e perguntamos se o registrador **EAX** (o primeiro) é maior ou igual (**JGE**) que **EBX** (o segundo), caso seja salta para uma etiqueta chamada **maior**. Caso não seja maior ou igual o programa continuará em seu fluxo normal.

```
    mov ecx, msg2
    mov edx, tam2
    jmp final
```

No fluxo normal colocamos a **msg2** no registrador **ECX** e seu tamanho em **EDX**, e fazemos um salto incondicional para uma etiqueta chamada **final**.

```
maior:
    mov ecx, msg1
    mov edx, tam1
```

Declaramos a etiqueta **maior** e colocamos a **msg1** no registrador ECX e seu tamanho em EDX.

```
final:
    mov eax, SYS_WRITE
    mov ebx, STD_OUT
    int SYS_CALL
```

Declaramos a etiqueta **final**, sendo aqui que os dois pontos do programa se encontram. Fazemos os dois movimentos finais para mostrar o resultado, como já carregamos **ECX** e **EDX** anteriormente a mensagem será mostrada de forma correta.

```
    mov eax, SYS_EXIT
    mov ebx, RET_EXIT
    int SYS_CALL
```

E fazemos o movimento final encerrando a seção. Pronto agora podemos executar (compilar e linkeditar com uma cópia do arquivo MAKEFILE visto anteriormente, modificar valor da variável NOME) e testar vários valores para X e Y.

1.5 Programa 4 - Converter

Antes mesmo de começarmos nosso programa, vamos criar uma biblioteca e assim parar de copiar os códigos da "segment .data", além de começarmos a criar alguns marcadores globais que podemos usar de uma forma mais consistente.

Para criar uma biblioteca, crie um novo arquivo com o nome "bibliotecaE.inc" e neste insira a seguinte codificação:

```
segment .data
    LF      equ 0xA ; Line Feed
    NULL    equ 0xD ; Final da String
    SYS_EXIT equ 0x1 ; Codigo de chamada para finalizar
    RET_EXIT equ 0x0 ; Operacao com Sucesso
    STD_IN   equ 0x0 ; Entrada padrao
    STD_OUT  equ 0x1 ; Saida padrao
    SYS_READ equ 0x3 ; Operacao de Leitura
    SYS_WRITE equ 0x4 ; Operacao de Escrita
    SYS_CALL equ 0x80 ; Envia informacao ao SO

    TAM_BUFFER equ 0xA

segment .bss
    BUFFER resb 0x1
```

Agora para o nosso programa que chamaremos de "converte.asm" na primeira linha insira o seguinte

código:

```
%include 'bibliotecaE.inc'
```

A definição de **TAM_BUFFER** e **BUFFER** veremos nos marcadores propostos, por enquanto só precisamos saber que a segunda é um binário que carrega um determinado valor a ser utilizado.

E estamos prontos, daqui para frente salvo qualquer outra observação sempre que criarmos um programa o primeiro passo será copiar o conteúdo da "bibliotecaE.inc" e adicionar a cláusula **%include**. Além obviamente do arquivo "Makefile" para compilarmos e linkeditarmos o programa. Sempre partirei (para não me tornar repetitivo) do princípio que essas ações já aconteceram.

Vamos começar adicionando um simples marcador, que já vimos ser executado várias vezes, e deve ser adicionada na "bibliotecaE.inc":

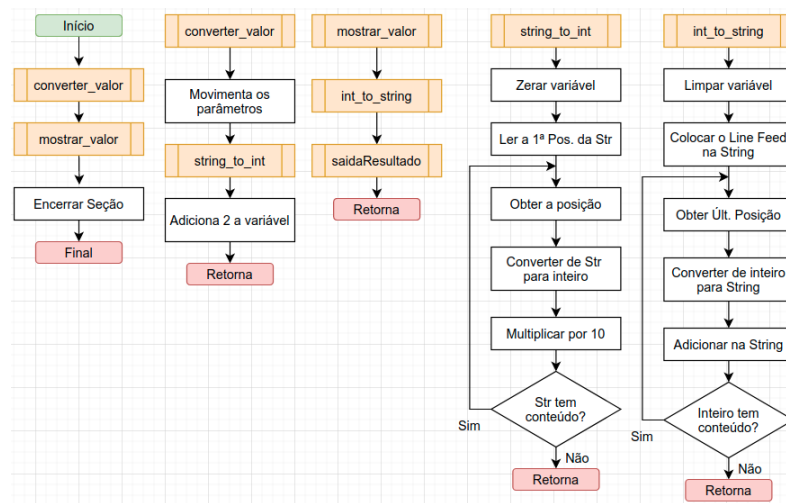
```
segment .text

; -----
; Saida do Resultado no Terminal
; -----
; Entrada: valor String em BUFFER
; Saida: valor no terminal
; -----
saidaResultado:
    mov eax, SYS_WRITE
    mov ebx, STD_OUT
    mov ecx, BUFFER
    mov edx, TAM_BUFFER
    int SYS_CALL
    ret
```

Marcadores são criadas na biblioteca para nossa comodidade, acho que o único detalhe que ainda precisamos entender é esse comando **ret**, pois para o resto basta olhar desde o primeiro programa que construímos para entender seu funcionamento. Quando saltos são dados (sejam eles condicionais ou incondicionais) não existe um retorno ao ponto de partida, ao chamarmos um marcador é diferente esperamos que retornem, é exatamente isso que faz o comando **RET**, desvia o fluxo de volta para a próxima instrução onde este marcador foi chamado (ou seja por um comando **CALL**).

1.5.1 Criar o nosso programa

Neste programa vamos compreender 2 ações muito comuns que acontece em programação a conversão de uma cadeia de caracteres para um número e vice versa. Observe seu fluxograma:

Figura 1.5: Fluxograma do Programa **Converter**

Uma característica bem curiosa que o programa será completamente "modular" ou seja, será dividido em pequenos blocos. Vamos começar a montagem inicial:

```

section .data
    v1 dw '105', 0xa

section .text
global _start

_start:
    call converter_valor
    call mostrar_valor
    mov eax, SYS_EXIT
    mov ebx, RET_EXIT
    int SYS_CALL
  
```

Na seção **.data** criamos o valor que iremos converter em uma variável chamada **v1** do tipo Double Word (ou seja um caracter). Já quando começamos o programa em si temos 2 comandos **CALL**, que no fluxograma corresponde as duas primeiras caixas laranjas, este comando é responsável por chamar um ponto do programa (marcado), aguardar seu retorno e continuar a partir desse ponto. E encerramos a nossa seção do programa, ou seja, podemos dizer que o principal é só isso, e observe realmente que pelo fluxo está totalmente correto.

```

converter_valor:
    lea esi, [v1]
    mov ecx, 0x3
    call string_to_int
    add eax, 0x2
    ret
  
```

O próximo módulo é responsável por transpor o valor de **v1** para o registrador **ESI** e seu tamanho para **ECX**, em seguida chamar o marcador **string_to_int** para realizar a conversão dessa variável em inteiro. O valor de convertido estará contido no registrador **EAX** e a ele adicionaremos mais 2 (apenas para testar se

realmente virou inteiro) e retornamos ao ponto que chamou.

O comando **LEA** permite que calculemos efetivamente o endereço de qualquer elemento em uma tabela (ou um endereço) e elimina este endereço em um registrador. Ou seja, diferente do comando **MOV** é um caminho mais seguro em se tratando de movimentações de variáveis para registradores.

```
mostrar_valor:
    call int_to_string
    call saidaResultado
    ret
```

Este trecho chama o marcador **int_to_string** para realizar a conversão da variável (que deve estar no registrador EAX) de volta para uma cadeia de caracteres como forma a dar saída no terminal através do marcador (contida em nossa biblioteca) "saidaResultado".

Agora podemos escolher se colocaremos esses dois trechos no programa ou na biblioteca, recomendamos sempre que criar uma novo trecho marcado coloque-o primeiro no programa e teste-o, caso tudo funcione corretamente transfira-o para a biblioteca. Porém as bibliotecas que usaremos não devem conter sujeira (códigos não utilizáveis pelo programa) pois senão gerariamos apenas lixo e aumento do tamanho desnecessário no nosso executável final. Ou seja, mantenha esses trechos de código a mão quando necessários o seu uso, mas não os coloque sempre para QUALQUER programa que crie.

1.5.2 Realização de Conversão

Antes de começarmos a ver as conversões devemos entender que os operadores: AH, AL, BH, BL, CH, CL, DH e DL são o que chamamos de segmentos de 8 bits. Toda vez que tratamos de um único caractere temos um byte isolado (ou seja 8 bits) e podemos usar esses operadores para realizar algumas transformações como veremos a seguir.

Convertendo da cadeia de caracteres para inteiro:

```
string_to_int:
    xor ebx, ebx

.prox_digito:
    movzx eax, byte[esi]
    inc esi
    sub al, '0'
    imul ebx, 0xA
    add ebx, eax
    loop .prox_digito
    mov eax, ebx
    ret
```

Este trecho espera que o registrador **ESI** contenha o valor a ser convertido e **ECX** a quantidade de caracteres deste. O primeiro passo é zerar o registrador **EBX**, o comando **XOR** é um comparador de bit no qual se ambos forem iguais (isto é, ambos 0 ou 1) o resultado será 0 para aquela posição de bit, isso é uma forma elegante de dizer que algo recebe 0 ao invés de simplesmente enviar 0x0.

O comando **MOVZX** é abreviatura para *Move with Zero-Extend*, isso significa que os bits superiores do

operador de destino serão preenchidos com zero. Próximo passo é incrementar a posição do registrador **ESI** e achar o valor correspondente da letra. A instrução "*sub al,'0'*" converte o caractere em **AL** isso corresponde a um número entre 0 e 9.

Agora multiplicamos o registrador **EBX** por 10 e adicionamos o conteúdo de **EAX** a este. O comando **LOOP** salta para pegar o próximo registro e assim será realizado até que todos os caracteres da cadeia tenha sido lidos. Ao término movemos o conteúdo de **EBX** para **EAX** de modo a retornar o valor.

Vamos na prática, nosso valor é "105", então o primeiro caractere é "1" e será convertido para inteiro, **EBX** inicial vale 0 que será multiplicado por 10 resultando 0 e assim **EBX** terá o valor 1. Na próxima interação vem o caractere "0" que é convertido e **EBX** que contém 1 multiplicado por 10, adicionado a 0 permanece 10. Na última interação o caractere "5" que é convertido e **EBX** que contém 10 é multiplicado por 10, adicionado a 5 o resultado é 105. Ou seja, o mesmo valor da cadeia de caracteres.

Convertendo da cadeia de caracteres para inteiro:

```
int_to_string:
    lea esi, [BUFFER]
    add esi, 0x9
    mov byte[esi], 0xA
    mov ebx, 0xA

.prox_digito:
    xor edx, edx
    div ebx
    add dl, '0'
    dec esi
    mov [esi], dl
    test eax, eax
    jnz .prox_digito
    ret
```

Este trecho espera que um valor inteiro esteja armazenado no registrador **EAX**, o primeiro passo é associar o conteúdo de **BUFFER** ao registrador **ESI**, ou seja, tudo o que fizermos com este será refletido para o conteúdo de **buffer**. Adicionamos o valor 9 a **ESI** e o movemos 10 para a posição final deste (isso é realizado para que a cadeia possa conter o Line Feed), iniciamos **EBX** com o valor 10.

No marcador de repetição zeramos **EDX** e realizamos uma divisão entre **EBX** e **EDX**, a instrução "*add dl,'0'*", transforma o valor correspondente ao caractere na tabela ASCII. Agora decrementamos 1 posição de **ESI** e adicionamos esse valor convertido. Próximo passo é testar (comando **TEST**) o registrador **EAX** para saber se ainda existem valores a serem adicionados, se sim salta de volta para obter esse próximo registro caso contrário retorna para a posição de quem chamou este marcador.

Na prática, nosso valor será 107, começamos montando a cadeia com um "LF", e pegamos o primeiro elemento que é o valor 7, convertemos este e adicionamos na cadeia que agora será "7LF", no próximo passo o valor 0 é obtido que resulta em "07LF", e por fim, o valor 1 resultando na cadeia final "107LF".

Mas qual o sentido da divisão? Note que quando convertemos da cadeia para inteiro fomos percorrendo caractere a caractere pois podemos fazer isso em uma cadeia, porém em um número isso é impossível ir de frente para trás, então temos que andar de trás para frente.

Pronto já podemos compilar, linkar e executar o programa. Lembre-se que se for testar com valores

diferentes de 3 casas modificar o registrador ECX, na instrução "*mov ecx,0x3*", para refletir esta mudança. Além disso qualquer valor colocado será aumentado em 2 graças a instrução "*add eax,0x2*".

1.6 Programa 5 - Calculadora

Como último programa para fecharmos esse capítulo vamos construir o menu completo para uma calculadora que realiza as quatro operações básicas. Na primeira parte solicita 2 valores e em seguida qual operação deve realizar adicionar, subtrair, multiplicar ou dividir. Porém não fique triste pois não iremos realizar as operações apenas mostrar uma saída informando que chegamos ao ponto correto.

Para realizar cada uma das operações seriam necessárias muitas movimentações, mas prometo que em breve faremos isso, por enquanto precisamos apenas fixar esses conhecimentos básicos e o uso dos registradores "E"(de 32 bits) para podermos seguir adiante.

1.6.1 Novas funcionalidades a biblioteca

Observe que um menu existem muitas saídas de dados, e isso é uma característica preocupante pois temos que repetir várias vezes os mesmos comandos, além de criar aquela variável que guarda o tamanho da cadeia de caracteres. Então vamos resolver esses dois problemas primeiro e adicionar dois novos marcadores principais na nossa biblioteca.

```
; -----
; Calcular o tamanho da String
; -----
; Entrada: valor String em ECX
; Saida: tamanho da String em EDX
; -----
tamStr:
    mov edx, ecx
proxchar:
    cmp byte[edx], NULL
    jz terminei
    inc edx
    jmp proxchar
terminei:
    sub edx, ecx
    ret
```

Vamos passar uma cadeia de caracteres no registrador **ECX** e de modo bem simples vamos contar (tem que ser manualmente pois não existe um comando que realize isso) caractere a caractere, observe que no inicio mantemos o valor de **ECX** em **EDX**, o conteúdo do centro é simples conta todos os caracteres até achar o valor NULL (0xD). O pulo do gato está no comando **SUB** (que possui a sintaxe *sub destino, secundário*). Isso parece bem esquisito para quem vem das linguagens de alto nível: **EDX** contém 2 valores, o primeiro é a cadeia de caracteres e o segundo um valor inteiro contendo os incrementos que fizemos no centro, se queremos somente o valor inteiro basta remover essa cadeia de caracteres (para isso subtraímos).

```
; -----
; Saida do Resultado no Terminal
; -----
```

```

; Entrada: String em ECX
; Saida: valor no terminal
; -----
mst_saida:
    call tamStr
    mov eax, SYS_WRITE
    mov ebx, STD_OUT
    int SYS_CALL
    ret

```

Para nosso marcador de saída, recebemos a cadeia de caractere através do registrador **ECX**, chamamos o marcador descrito anteriormente para obtermos tamanho que virá em **EDX**. Agora basta finalizar com os valores de **EAX**, **EBX** e informar ao sistema operacional que pode processar.

1.6.2 Menu de Sistema

Nosso processo começa com a declaração de todas as variáveis que utilizaremos ao longo do programa:

```

#include 'bibliotecaE.inc'

section .data
    tit      db LF,'+-----+',LF,'| Calculadora |',LF,'+-----+', NULL
    obVal1   db LF,'Valor 1:', NULL
    obVal2   db LF,'Valor 2:', NULL
    opc1     db LF,'1. Adicionar', NULL
    opc2     db LF,'2. Subtrair', NULL
    opc3     db LF,'3. Multiplicar', NULL
    opc4     db LF,'4. Dividir', NULL
    msgOpc   db LF,'Deseja Realizar?', NULL
    msgErro  db LF,'Valor da Opcao Invalido', NULL
    p1       db LF,'Processo Adicionar', NULL
    p2       db LF,'Processo Subtrair', NULL
    p3       db LF,'Processo Multiplicar', NULL
    p4       db LF,'Processo Dividir', NULL
    msgfim   db LF,'Terminei.', LF, NULL

section .bss
    opc      resb 1
    num1     resb 1
    num2     resb 1

```

Um fator importante é que cada cadeia de caracteres deve obrigatoriamente terminar com o caractere **NULL**, senão nossa marcador de conta calculará totalmente errado. Temos 3 variáveis na seção **.bss** a opção que o usuário pode escolher e os dois valores para realizar a operação.

```

section .text
global _start

_start:
    mov ecx, tit      ; '+-----+',LF,'| Calculadora |',LF,'+-----+'
    call mst_saida

```


Começamos nossa programação mostrando o título inicial que como resultado deve mostrar no terminal:

```
+-----+
| Calculadora |
+-----+
```

```
mov ecx, obVal1 ; Valor 1:
call mst_saida
mov eax, SYS_READ
mov ebx, STD_IN
mov ecx, num1
mov edx, 0x3
int SYS_CALL
```

Solicitamos a entrada do primeiro valor para o usuário que mostra a mensagem: "Valor 1:" e fica aguardando. Uma vez informado este irá para a variável **num1**.

```
mov ecx, obVal2 ; Valor 2:
call mst_saida
mov eax, SYS_READ
mov ebx, STD_IN
mov ecx, num2
mov edx, 0x3
int SYS_CALL
```

Processamos de mesma forma agora para solicitar o segundo valor (não valeria a pena criar um marcador isolado para isso? Utilize como um exercício de formatura desse capítulo).

```
mov ecx, opc1 ; 1. Adicionar
call mst_saida
mov ecx, opc2 ; 2. Subtrair
call mst_saida
mov ecx, opc3 ; 3. Multiplicar
call mst_saida
mov ecx, opc4 ; 4. Dividir
call mst_saida
```

Mostramos agora as quatro opções disponíveis para nosso usuário de modo que possa fazer sua escolha, que resulta em:

1. Adicionar
2. Subtrair
3. Multiplicar
4. Dividir

```
mov ecx, msgOpc ; Deseja Realizar?
call mst_saida
mov eax, SYS_READ
mov ebx, STD_IN
mov ecx, opc
mov edx, 2
int SYS_CALL
```

E solicitamos que o usuário determine uma opção (é realmente isso está implorando um marcador isolado, observe que temos exatamente os mesmos comandos porém com valores distintos).

```
mov ah, [opc]
sub ah, '0'
```

Toda entrada é realizada em cadeia de caracteres, se desejamos realizar comparações devemos converter o valor para inteiro, como é um único caractere que será informado basta subtrair por '0' que teremos o valor em inteiro. Como assim? Agora vamos ter que pensar na tabela ASCII, a posição do '0' nesta corresponde ao valor decimal 48 (ou 0x30 se preferir em hexadecimal), os próximos números estão em sequência, assim '1' corresponde a 49 e assim sucessivamente. Ou seja, se subtraímos o valor 48 (caractere '0') por 48 (caractere '0') temos o decimal 1.

```
cmp ah, 1
je adicionar
cmp ah, 2
je subtrair
cmp ah, 3
je multiplicar
cmp ah, 4
je dividir
```

Agora é realizar os comparativos para saber qual opção nosso usuário selecionou. E se não entrar em nenhuma dessas opções:

```
mov ecx, msgErro ; Valor da Opcao Invalido
call mst_saida
jmp exit
```

Mostrar a mensagem de erro para opção inválida e sair do programa.

```
adicionar:
    mov ecx, p1      ; Processo Adicionar
    call mst_saida
    jmp exit

subtrair:
    mov ecx, p2      ; Processo Subtrair
    call mst_saida
    jmp exit

multiplicar:
    mov ecx, p3      ; Processo Multiplicar
    call mst_saida
    jmp exit

dividir:
    mov ecx, p4      ; Processo Dividir
    call mst_saida
    jmp exit
```

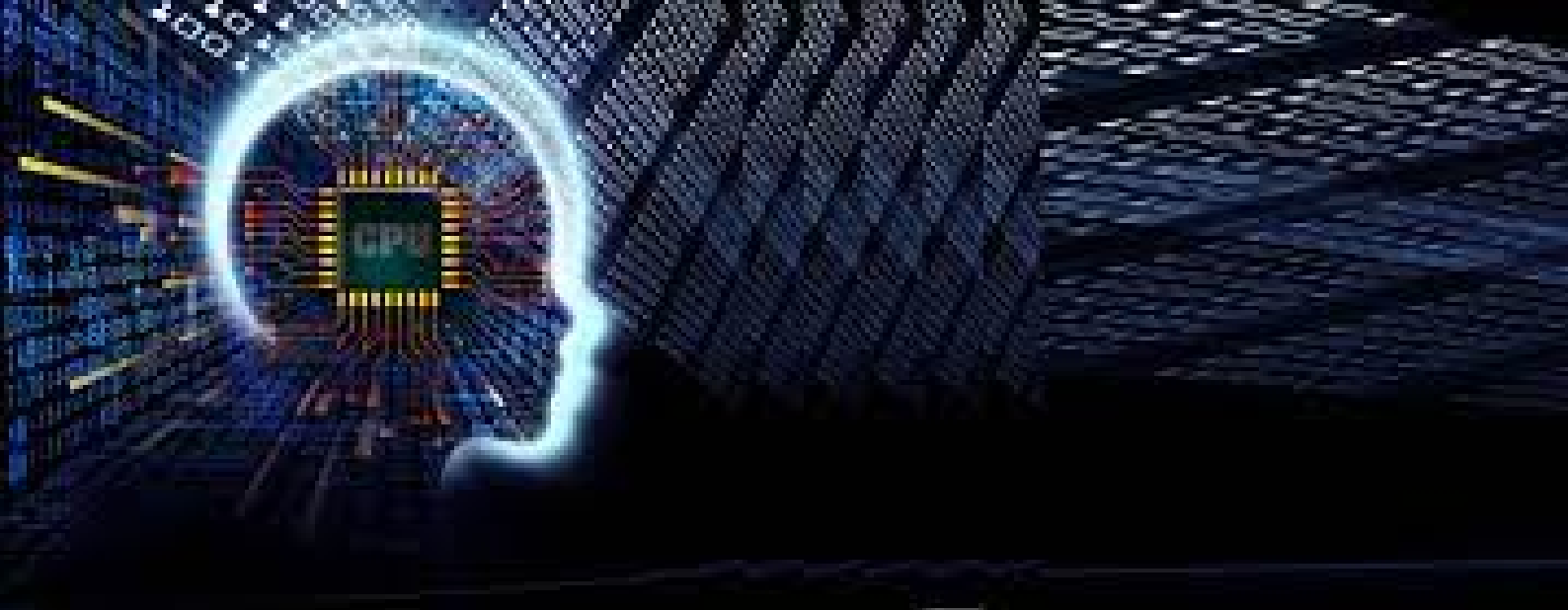
Agora cada marcador será bem similar, apenas modificando a mensagem para termos a certeza que entrou

na opção correta. E por fim:

```
exit:
    mov ecx, msgfim    ; Terminei.
    call mst_saida

    mov eax, SYS_EXIT
    mov ebx, RET_EXIT
    int SYS_CALL
```

Mostrar a mensagem de término e encerrar a seção. E finalizamos esta parte introdutória da linguagem Assembly nos vemos no próximo capítulo.



2. União com C++

- F** Existem apenas dois tipos de linguagens: aquelas que as pessoas reclamam e as que ninguém mais usa. (Bjarne Stroustrup - Criador da Linguagem C++)

2.1 Porquê fazer isso?

Talvez a pergunta mais simples seja: O que ganhamos com isso? Fico pensando sinceramente se vale a pena essa união do C++ com o Assembly e a resposta é sempre sim, isso deu muito certo com o ambiente embarcado das placas Arduino e porquê não daria conosco? É verdade que todo casamento tem seus problemas, mas se fosse tudo uma lua-de-mel seria bem esquisito.

Resolvi incluir este capítulo no livro, pois pessoalmente prefiro utilizar o C++ para realizar as entradas e saídas de dados enquanto que o Assembly toda a parte de processamento, ou seja, é aproveitar um melhor de dois mundos. Vejamos como isso funciona e alguns exemplos nas seções seguintes.

2.2 Programa 5 - Troca de Informações

Diferentemente do que sempre fazemos vamos começar iniciando um programa em C++, chamaremos de "troca.cpp" com o seguinte conteúdo:

```
# include <iostream>

using namespace std;

extern "C" int GetValorASM(int a);
```

```
int main() {  
    cout<<"ASM me deu "<<GetValorASM(32)<<endl;  
    return 0;  
}
```

O comando **include** indica que iremos trabalhar com uma entrada de dados e a instrução *"using namespace std;"* serve para definir um "espaço para nomes". Isso permite a definição de estruturas, classes e constantes que estão vinculadas para definir funções da biblioteca padrão.

A instrução que realmente nos interessa é a *"extern"* que indica o nome de um marcador global que devemos definir, essa recebe um argumento inteiro e retorna também outro. Em linguagens de alto nível sempre temos um ponto de entrada neste caso é o **"int main()"**, neste damos uma saída em cadeia de caracteres para o terminal informando: "ASM me deu " + retorno da chamada *GetValorASM* quando esta recebe 32.

2.2.1 Agora sim vamos para o Assembly

Gostaria muito que não se assustasse com o tamanho do programa, pois o mesmo é extremamente pequeno (pensou que ia falar grande?), mas nesse começo quero deixar as coisas simples, crie um programa chamado *"troca.asm"*, com a seguinte codificação:

```
section .text  
  
global GetValorASM  
  
GetValorASM:  
    mov eax, edi  
    add eax, 1  
    ret
```

Acredito que nem precise explicar, mas vamos assim mesmo. Antes vamos entender seu fluxo:

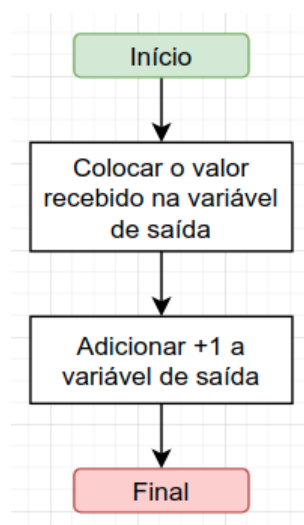


Figura 2.1: Fluxograma do Programa **Troca de Informações**

Primeiro definimos a parte de entrada, não precisamos da sessão `.data` então vamos direto para a `.text` porém com uma grande mudança ao invés de definirmos um marcador global `"_start"` vamos chamar um que o programa C++ está chamando e o definiu `"GetValorASM"` (atenção com as letras maiúsculas ou minúsculas é tudo *case-sensitive*).

Nesta trecho pegamos o valor do registrador **EDI** (que é utilizado para a passagem do primeiro parâmetro). Outros registradores utilizados são **ESI** para o segundo e **EDX** para o terceiro. Colocamos o valor de **EDI** em **EAX** (que é utilizado como valor de retorno da chamada - SEMPRE) e a este adicionamos mais um, ou seja o valor de retorno será sempre o valor de entrada mais um.

2.2.2 Modificar o arquivo makefile

Como agora estamos trabalhando com o C++ precisamos realizar uma pequena alteração para o linkeditor, não podemos mais utilizar o **LD** e devemos passar a utilizar o **G++**, assim nossa nova codificação para este deve ter o comando:

```
$ g++ troca.o troca.cpp -o troca
```

Ou seja nosso arquivo agora terá a seguinte codificação:

```
NOME = troca

all: $(NOME).cpp $(NOME).o
    g++ $(NOME).o $(NOME).cpp -o $(NOME)
    rm -rf $(NOME).o

%.o: %.asm
    nasm -f elf64 $<
```

Continuamos utilizando o comando **make** para compilar e linkeditar sem o menor problema e ao executarmos a instrução `./troca`, teremos como resposta:

```
$ ASM me deu 33
```

Realmente as coisas estão começando a ficar fáceis demais, e me falaram que o Assembly era difícil.

2.3 Programa 6 - Questão

Um grande problema que podemos encontrar nessa solução é que agora temos de conhecer a sintaxe de duas linguagens e não apenas de uma e ficamos mais "presos". Porém isso pode ser uma excelente solução na criação de bibliotecas para soluções complexas que envolvem performance de sistemas.

Me perdoe pois aqui devemos pensar de modo simples para sermos didático de modo que possamos compreender na íntegra como tudo funciona, mas nada impede de alçarmos mais altos voos a partir do que é mostrado aqui.

Novamente vamos começar pelo programa em C++, criamos um arquivo chamado "questao.cpp" com a seguinte codificação:

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;

extern "C" int Question(int a);

int main() {
    if (Question(27) == 1) {
        cout << "Numero Par" << endl;
    } else {
        cout << "Numero Impar" << endl;
    }
    return 0;
}
```

Nada muito diferente porém no método **main()** esperamos seja um valor igual a 1 caso o número enviado seja par ou diferente deste caso contrário. Para o programa Assembly que é realmente o que nos interessa, criamos um arquivo chamado "questao.asm" com a seguinte codificação:

```
global Question

segment .text

Question:
    mov ebx, edi
    jmp _testar
    ret

_testar:
    cmp ebx, 0
    je _par
    jl _impar
    sub ebx, 2
    jmp _testar

_par:
    mov eax, 1
    ret

_impar:
    mov eax, 0
    ret
```

Conforme definimos no C++ o marcador global chamado é o "Question" que deve estar na nossa seção global, o registrador **EDI** recebe o parâmetro enviado, agora vamos parar para pensar um pouco (e é isso que amo no Assembly nos força a pensar), quando um número é par? Resposta geral: quando for divisível por 2, correto mas o que isso quer dizer? Resposta geral: quando após a divisão de um número por 2 não restar nada, correto novamente mas então precisamos "transpor" um valor inteiro para um decimal e pegarmos o resto da divisão.

Está vendo com a coisa fica bem complicada? Vamos pensar de modo simplificado, o que vem a ser uma **MULTIPLICAÇÃO**? É pegarmos o primeiro valor e **SOMÁ-LO** por ele mesmo quantas vezes indicar o segundo valor. Não é assim que aprendemos lá no primário? Agora a partir desse princípio, o que vem a ser uma **DIVISÃO**? Ao invés de somar é **SUBTRAIR** o valor quantas vezes indicar o segundo valor, o

resultado é a quantidade de vezes conseguimos fazer isso até um resultado igual a 0. Caso o resultado seja NEGATIVO significa que sobrou um resto.

Mas o que está nos interessando é se temos um número par ou ímpar, então se o resultado dessa subtração constante por 2 (que seria qualquer número dividido por 2) for 0 significa que este é **par**, caso contrário menor que 0 ele é **ímpar**.

Agora podemos montar nosso fluxograma de acordo com o explicado:

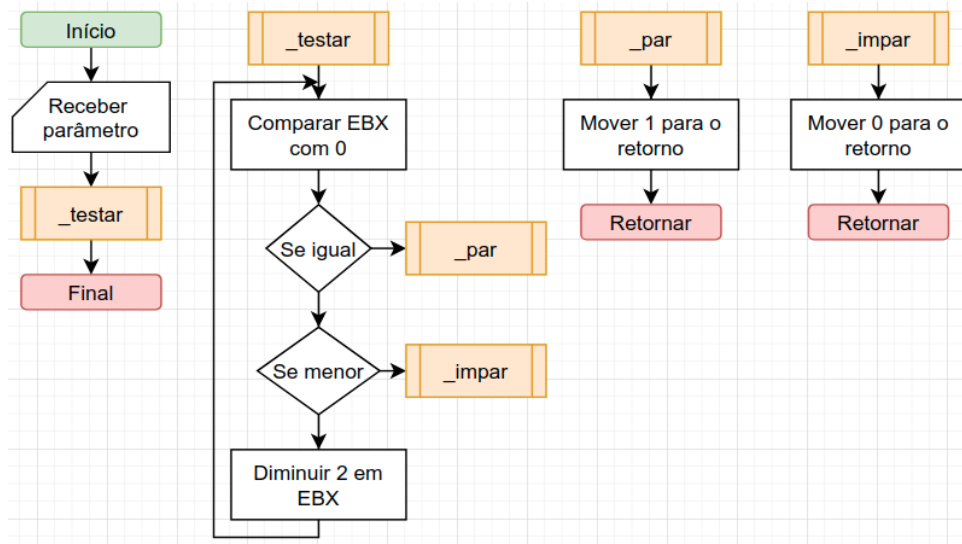


Figura 2.2: Fluxograma do Programa **Questão**

Para compilar e linkeditar copiamos o arquivo makefile indicado anteriormente e mudamos a variável NOME para questao. E podemos modificar o valor do parâmetro passado (que atualmente é 27) para qualquer valor de modo a testarmos as várias possibilidades.

2.4 Programa 7 - Parâmetros

Nosso próximo programa obterá 3 parâmetros e realizará a soma entre eles, mas como os parâmetros chegam em Assembly? Usamos 3 registradores para isso na seguinte sequência EDI (recebe o 1º parâmetro), ESI (o 2º) e EDX (o 3º). Mas e se tivermos de passar mais que isso? Bem, esse é um dos problemas de utilizar essa forma de programação, nada na vida é infinito.

Vamos começar com a criação de um arquivo chamado "param.cpp", com a seguinte codificação:

```
#include <iostream>

using namespace std;

extern "C" int PassarParam(int a, int b, int c);

int main() {
    cout << "Foi retornado:" << PassarParam(50, 40, 10) << endl;
    return 0;
}
```

```
}
```

Então temos uma chamada a **PassarParam** no qual recebe três valores a, b e c do tipo inteiro e esperamos que nos dê o retorno da soma desses. O programa em Assembly será bem simples de se fazer, não pense que aqui guardei algum peguinha para complicar.

Criamos um arquivo chamado "param.asm", com a seguinte codificação:

```
global PassarParam

segment .text

PassarParam:
    mov eax, edi
    add eax, esi
    add eax, edx
    ret
```

Nada consegue ser mais fácil que isso, colocamos o valor do primeiro parâmetro recebido **EDI** em **EAX** (que é o nosso registrador de retorno), em seguida adicionamos o valor de **ESI** (segundo parâmetro) a **EAX** e finalmente adicionamos de **EDX** (terceiro parâmetro) a **EAX**.

Agora basta copiar o arquivo **makefile**, alterar o valor da variável **NOME** e testarmos o programa com a passagem de vários valores.

2.5 Programa 8 - Fibonacci

O italiano *Leonardo Bigollo Pisano* nos deu uma das mais lindas sequências que é observada constantemente na natureza consiste em uma sucessão de números, tais que, sendo os dois primeiros números da sequência como 1 e 1, os seguintes são obtidos por meio da soma dos antecessores, assim sendo:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ...

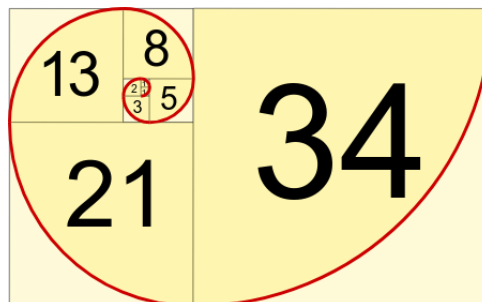


Figura 2.3: Sequência de Fibonacci observada na natureza

Existem várias aplicações prática para essa sequência (pesquisar, por exemplo, sobre A Identidade de Cassini) mas nosso objetivo aqui é outro, vamos localizar a posição de um determinado elemento dentro dessa sequência, devemos nos ater que a primeira posição é ocupada pelo valor 1, a segunda pelo valor 2, a terceira pelo valor 3, a quarta pelo valor 5, a quinta pelo valor 8 e assim sucessivamente. Deste modo se nosso programa pedir o décimo terceiro valor deve retornar o valor 377, basta fazer as contas.

Vamos começar com a criação do arquivo "fibonacci.cpp", com a seguinte codificação:

```
#include <iostream>

using namespace std;

extern "C" long Fibonacci(long a);

int main() {
    cout << "0 " << 13 << " elemento da sequencia de Fibonacci: " << Fibonacci(13) <<
        endl;
    return 0;
}
```

O único detalhe interessante aqui é que ao invés de enviarmos e recebermos um elemento inteiro agora estamos usando um longo (tipo **long**), e o que isso quer dizer? A quantidade de bits passados e recebidos, um inteiro possui 32 bits de tamanho enquanto que um longo é o dobro, ou seja, 64 bits.

Vamos para a programação Assembly, e começar de modo simples. Criar um arquivo chamado "fibonacci.asm" e inserir a seguinte codificação:

```
section .text

global Fibonacci

Fibonacci:
    mov eax, 1
    mov r8d, 1
    mov r9d, 1
```

Definimos o valor padrão para o registrador de retorno **EAX**, e populamos os registradores **R8D** e **R9D** com os dois primeiros valores da sequência, e nesses que iremos processar a combinação de sequência.

O cálculo dessa sequência é relativamente simples, porém envolve uma troca de posições, novamente PENSEMOS SIMPLES, temos o seguinte, se o valor pedir 1º elemento, vamos pegar esse valor e diminuir 1 se o resultado for 0 podemos retornar, assim continuamos nosso programa com:

```
Calcular:
    sub edi, 1
    cmp edi, 0
    je Terminar
```

Lembre-se que o primeiro parâmetro será enviado em **EDI**, sendo este será o nosso controlador, se o programa continuar seu fluxo, ou seja não entrar no marcador **terminar**, realizamos os seguintes movimentos:

```
mov eax, r8d
add eax, r9d
```

Infelizmente não existe um comando para dizer assim: $EAX = R8D + R9D$, então devemos realizar isso de forma "parcelada", primeiro colocamos o valor de **R8D** em **EAX** para em seguida somarmos o valor

de **R9D**.

Próximo passo e procedermos a troca, ou seja, andarmos os valores:

```
mov r8d, r9d
mov r9d, eax
jmp Calcular
```

Colocamos o valor de **R9D** em **R8D** e **EAX** em **R9D** e saltamos para o marcador **Calcular** e fazemos novamente todo o processo até que **EDI** seja 0 e salte para o marcador **Terminar** com a seguinte codificação.

```
Terminar:
ret
```

Que simplesmente procede o retorno. Um comentário que recebi quando publiquei esse programa: "Pombas você deve ser um PÉSSIMO programador consigo fazer isso com muito menos linhas!". Primeiro que isso não é uma competição, segundo que meu objetivo ao colocar um programa aqui é que o mesmo seja didático e possamos aprender algumas coisas, e terceiro, também consigo programá-lo com menos linhas utilizando apenas os registradores **EAX** e **R8D** do seguinte modo:

```
section .text

global Fibonacci

Fibonacci:
    mov eax, 1
    mov r8d, 1
Calcular:
    sub edi, 1
    cmp edi, 0
    je Terminar
    add eax, r8d
    jmp Calcular

Terminar:
ret
```

Mas deste modo o que teríamos para discutir ou aprender? Pois todos os movimentos já foram vistos anteriormente. O objetivo aqui é aprendermos a programar de um jeito simples e observando os detalhes da linguagem, se deseja aprender **lógica** lhe recomendo buscar um bom curso ou livro que ensine isso, pois aqui não pretendo ficar preocupado com o perfeccionismo.

2.6 Programa 9 - Dupla Chamada

Tudo bem até o momento compreendemos que podemos passar valores do C++ para o Assembly, porém com tudo que foi mostrado parece que só podemos ter uma única chamada. Errado podemos ter várias chamadas, inclusive a vários pontos do programa, desde que esses tenham a seguinte característica sejam declarados com o comando **GLOBAL** e finalizem com o comando **RET**.

Vamos pensar em 2 estruturas, primeira:

```
int teste1(int valor1, int valor2) {  
    if (valor1 > valor2) {  
        return valor1;  
    } else {  
        return valor2;  
    }  
}
```

Uma decisão no qual retorna o valor que for maior entre dois valores passados. E uma segunda estrutura:

```
int teste2(int valor1) {  
    int ret = 0;  
    switch (valor1) {  
        case 1:  
            ret = 5;  
            break;  
        case 2:  
            ret = 6;  
            break;  
        case 3:  
            ret = 4;  
            break;  
        case 4:  
            ret = 5;  
            break;  
    }  
    return ret;  
}
```

Nesta escolha caso seja passado o valor 1 retorna 5, caso 2 retorna 6, caso 3 retorna 4, caso 4 retorna 5 e caso contrário o valor padrão 0. Como disse anteriormente não se importe muito com a lógica nesses casos pois é apenas uma exemplificação.

Começamos com a criação do arquivo "decisao.cpp" com a seguinte codificação:

```
#include <iostream>  
  
using namespace std;  
  
extern "C" int Teste1(int valor1, int valor2);  
extern "C" int Teste2(int valor1);  
  
int main() {  
    cout << "Do teste1 foi retornado: " << Teste1(30, 20) << endl;  
    cout << "Do teste2 foi retornado: " << Teste2(3) << endl;  
    return 0;  
}
```

Temos a chamada de dois marcadores chamadas Teste1 e Teste2, que farão exatamente o que foi proposto anteriormente. Começamos a montagem do programa "decisao.asm" com a seguinte codificação:


```
segment .text

global Teste1
global Teste2
```

Ou seja, pouco importa a quantidade de marcadores globais que criemos no programa Assembly desde que todas estejam declaradas no comando GLOBAL. Para o marcador **Teste1**:

```
Teste1:
    cmp edi, esi
    jg voltaEDI
    jmp voltaESI

voltaEDI:
    mov eax, edi
    ret

voltaESI:
    mov eax, esi
    ret
```

Comparamos os dois valores passados se o primeiro (**EDI**) for maior que o segundo retornamos este movendo-o para o registrador de retorno (EAX), caso contrário o segundo (ESI). Para o marcador **Teste2**:

```
Teste2:
    cmp edi, 1
    je volta5
    cmp edi, 2
    je volta6
    cmp edi, 3
    je volta4
    cmp edi, 4
    je volta5
    mov eax, $0x0
    ret

volta4:
    mov eax, $0x4
    ret

volta5:
    mov eax, $0x5
    ret

volta6:
    mov eax, $0x6
    ret
```

Se formos comparar com Teste1 temos apenas uma sequência de comparações e o salto para onde deve ir caso essa comparação seja igual.

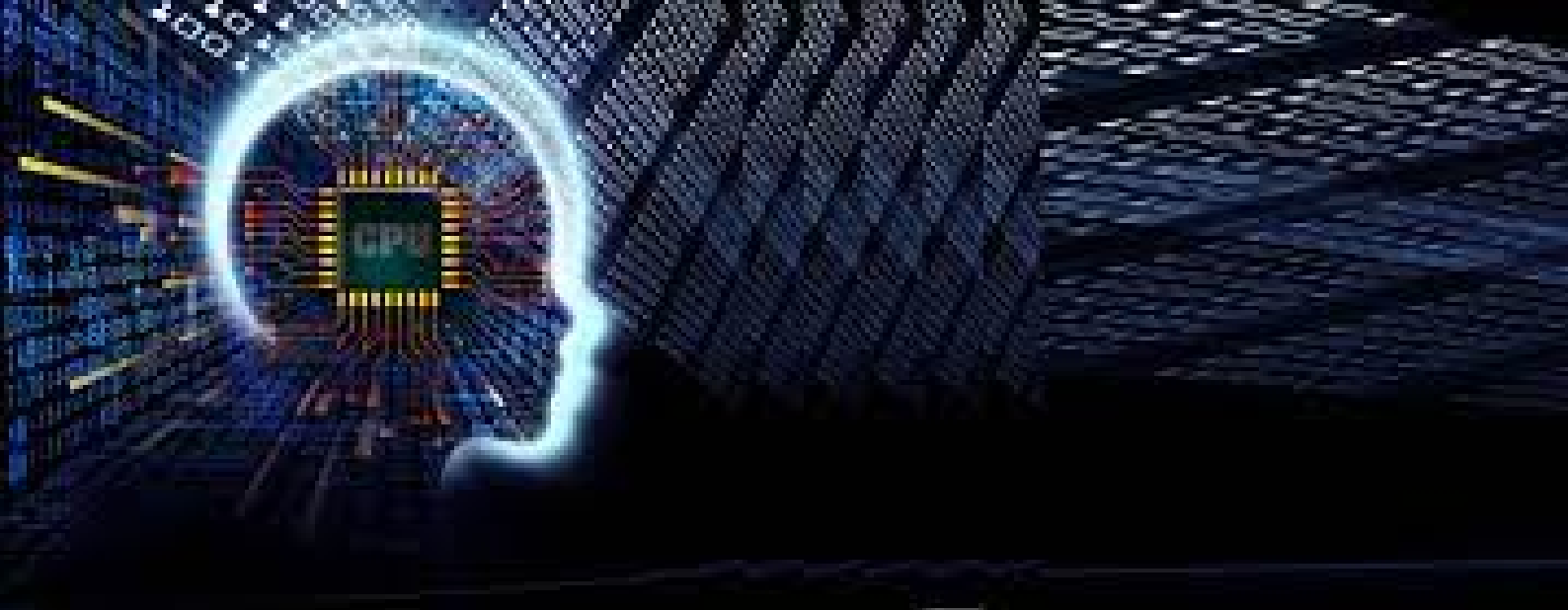
Nativamente desta forma em Assembly são transpostos os comandos **IF** e **SWITCH** de C, realmente as

coisas começam a ficar muito simples.

2.7 Acabou?

Esses são os casos mais comuns que utilizamos a programação Assembly em conjunto com o C++ (ou mesmo com outras linguagens de alto nível), porém o objetivo desse livro não é mesclar esse assunto mas o de ensinar a programar em Assembly NASM.

Na próximo capítulo veremos alguns programas para praticarmos um pouco mais nossa lógica de programação juntamente com o Assembly.



3. Quebrar a Cabeça

F Você não é Assembly mas eu quebro muito a cabeça para te entender. (Davyd Maker)

3.1 Aprendizado e desafios

Quando era mais jovem e iniciei no mundo da programação propus uma vez um desafio para mim, deveria fazer determinada coisa com a linguagem que escolhesse se conseguisse estava em bons caminhos, caso contrário, bem tentar novamente. Ou seja, era um desafio que não tinha muita saída, realizava ou realizava. Fosse ele fazer um programa para mostrar uma determinada figura na tela ou mesmo aprender a utilizar vetores.

Ou seja fazia algo que muitas pessoas consideravam idiota (achou que ia falar impossível) e talvez realmente fosse, mas idiota no sentido de não ser algo prático para se utilizar, mas era meu modo de criar um "Hello World" mais inteligente. Nessa seção teremos meus quatro desafios básicos, e se posso quero lhe sugerir que tente resolvê-los antes de ler a solução. Veja qual é o desafio, entenda o requisito e resolva-o depois pode ver a solução. Vou lhe dar uma dica preciosa antes mesmo de começarmos, escreva no papel o que pretende fazer e organize suas ideias, senão conseguir organizá-las então isso não serve como programa.

Para todos os programas utilizaremos a biblioteca apenas com o conjunto do segmento data (de modo que possamos escrever os nomes e não os códigos) e o arquivo makefile para compilar e linkeditar, então se acostume a copiá-los para cada um dos programas descritos e que seja seu ponto de partida.

3.2 Programa 10 - Quadrado

Com base em um determinado valor mostrar um quadrado de asteriscos. Como disse, as pessoas consideravam desafios idiotas pois nunca teremos um usuário pedindo: "Me dê um quadrado de asteriscos". Esse desafio é excelente para aprendermos a controlar estruturas de repetição determinada aninhadas (vulgo comando "for" dentro de outro "for").

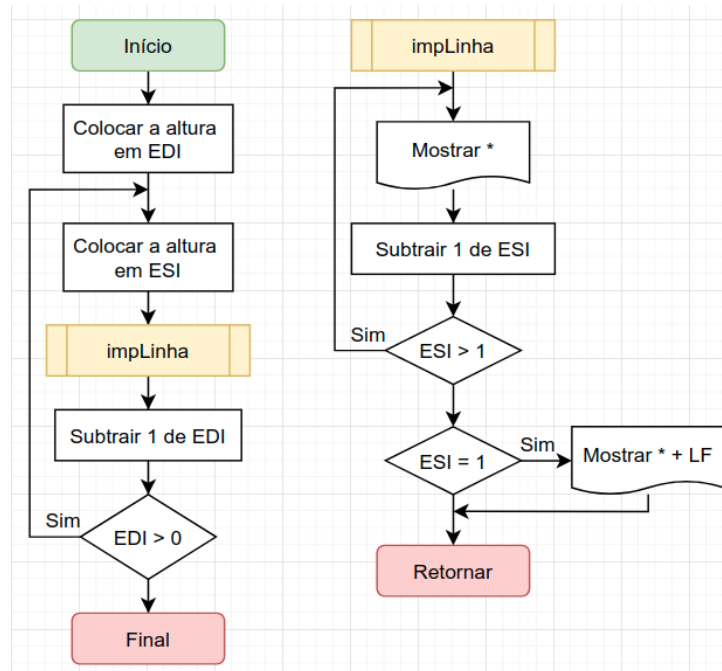


Figura 3.1: Fluxograma do Programa **Quadrado**

Vamos para o programa, criar um arquivo chamado "quadrado.asm" e começamos com a seguinte codificação:

```

#include 'bibliotecaE.inc'

SECTION .data
    estrela DB '*', LF, NULL
    altura EQU 4

SECTION .text

global _start
  
```

Começamos então com a definição da nossa cadeia de caracteres para a saída e do valor da altura. Vamos montar o corpo principal:

```

_start:
    mov edi, altura

inicio:
    mov esi, altura
    call impLinha
  
```

```
sub edi, 0x1
cmp edi, 0x0
je saida
jmp inicio
```

Colocamos o valor da altura em **EDI** (que controla a quantidade de linhas), para o marcador **inicio**, colocamos o valor da altura em **ESI** (que controla a quantidade de colunas), saltamos para um marcador de modo a mostrar 1 linha, reduzimos a quantidade de **EDI** e comparamos seu valor com 0, se for igual vamos para o marcador **saida** caso contrário retornamos para o marcador **início**.

```
impLinha:
    call impEstrela
    sub esi, 0x1
    cmp esi, 0x1
    jg impLinha
    je impEstrelaFinal
    ret
```

No marcador **impLinha** mostramos um * na saída do terminal, reduzimos o valor de **ESI** e verificamos se este for maior que 1 retornamos para o marcador **impLinha**, se for igual mostramos "*" + LF" (para saltar de linha) e retornamos para o ponto que nos chamou.

```
saida:
    mov eax, SYS_EXIT
    mov ebx, EXIT_SUCESS
    int SYS_CALL
```

Neste ponto apenas fazemos as movimentações para terminar o programa. Mas calma que ainda existem mais dois marcadores importantes no conjunto.

```
impEstrela:
    mov eax, SYS_WRITE
    mov ebx, STDOUT
    mov ecx, estrela
    mov edx, 0x1
    int SYS_CALL
    ret
```

Observe que a cadeia de caracteres estrelas é formada por 3 elementos, dois deles é que nos interessam, se enviamos o tamanho em 1 apenas estamos tratando de mostrar '*' na saída do terminal e o cursor ficará na mesma linha, sem "cair" para a próxima.

```
impEstrelaFinal:
    mov eax, SYS_WRITE
    mov ebx, STDOUT
    mov ecx, estrela
    mov edx, 0x2
    int SYS_CALL
    ret
```

Já neste pedimos para mostrar o tamanho de dois que contém o '*' com Line Feed (ou quebra de linha se preferir) e assim ao mostrar o '*' desce para a próxima linha. Podemos agora imprimir quadrados de vários tamanhos, bastando apenas alterar a variável **altura**.

3.3 Programa 11 - Pirâmide

Criar uma pirâmide de Asteriscos com base no valor da altura, por exemplo, se essa for 3 a pirâmide deve ser mostrada da seguinte forma:

```
*
**
***
```

Para um valor 4, sairá assim:

```
*
**
***
****
*****
```

O que mais gosto desse desafio é que apresenta um elemento que não estamos vendo, os espaços iniciais, temos aqui duas perguntas que devemos resolver:

1. Quantidade de espaços em branco em cada linha?
2. Quantidade de * adicionados a cada 2ª linha?

Pensemos assim, se a altura passada for 5, na primeira linha quantos espaços em branco iniciais temos? Isso mesmo 4, mas essa é a resposta errada, na verdade temos a altura menos 1 (já que estamos na 1ª linha), na segunda linha a resposta não muda, é a altura menos 2 (agora estamos na 2ª linha). Agora vamos focar na segunda pergunta, temos 1 na 1ª linha, e são adicionados mais 2 asteriscos a cada linha.

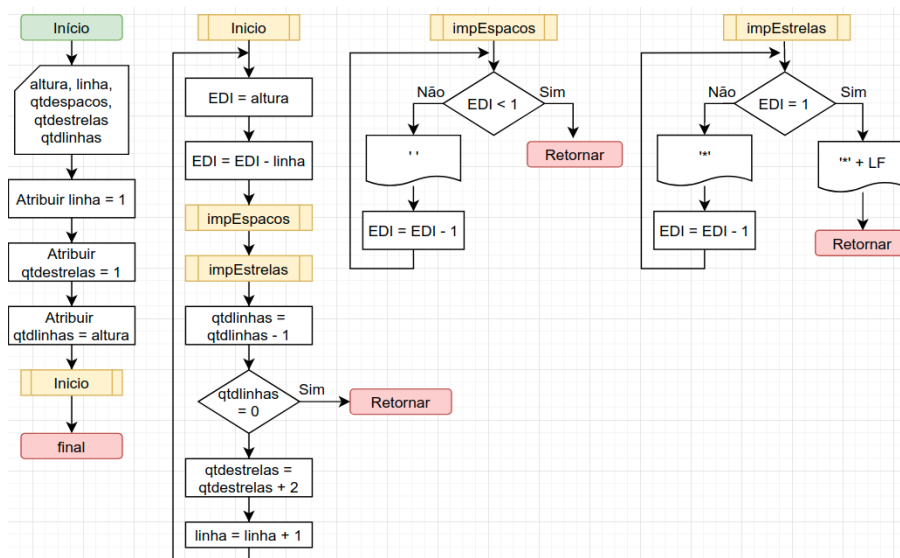


Figura 3.2: Fluxograma do Programa **Pirâmide**

Vamos para o programa, criar um arquivo chamado "piramide.asm" e começamos com a seguinte codificação:

```
%include 'bibliotecaE.inc'

SECTION .data
    estrela DB '*', LF, NULL
    espaco DB ' ', LF, NULL

SECTION .bss
    altura resb 0xA ; Altura (fixa)
    linha resb 0xA ; linha atual
    qtdeespacos resb 0xA ; Qtd de espacos
    qtdestrelas resb 0xA ; Qtd de estrelas
    qtdlinhas resb 0xA ; Qtd linhas ja impressa

SECTION .text

global _start
```

Essa é a parte fácil: Codificar. Trata apenas de uma simples tradução para o nosso fluxograma que já escrevemos. Gostaria muito que as pessoas observassem que NUNCA podemos iniciar a codificação se primeiro não temos as respostas para nosso problema, seria uma simples perda de tempo (ou se prefere tentativa e erro). E falando sério, é por isso que existem tantas piadas a respeito de programas errados ou de programadores fazendo besteiras pois eles preferem encurtar o caminho.

Seguimos agora para o início do marcador **_start** no qual atribuímos os valores as nossas variáveis:

```
_start:
    mov byte[altura], 0x8
    mov byte[linha], 0x1
    mov byte[qtdestrelas], 0x1
    mov byte[qtdlinhas], 0x8
```

No marcador **inicio** é que temos o coração do nosso programa:

```
inicio:
    mov edi, dword[altura]
    sub edi, dword[linha]
    call impEspacos
    mov edi, dword[qtdestrelas]
    call impEstrelas
    sub byte[qtdlinhas], 0x1
    cmp byte[qtdlinhas], 0x0
    je saida
    add byte[qtdestrelas], 0x2
    add byte[linha], 0x1
    jmp inicio
```

Movemos para **EDI** o valor da altura e subtraímos da linha atual (resposta da 1ª pergunta) e mostramos os espaços. Movemos para **EDI** o valor da quantidade de estrelas e mostramos os asteriscos. Reduzimos um na quantidade de linhas e verificamos se chegou a 0 para terminamos, caso contrário, adicionamos mais

dois asteriscos na quantidade e mais um a linha atual e saltamos para o início do marcador.

```
impEspacos:
    cmp edi, 0x1
    jl finalImpEspaco
    call impEspaco
    sub edi, 0x1
    jmp impEspacos

finalImpEspaco:
    ret
```

Para mostrar os espaços basta verificarmos o registrador **EDI** que contém a quantidade que deve ser mostrado, para isso logo no início já o comparamos com um e se for menor chamamos o marcador **finalImpEspaco** que retorna para quem nos chamou (isso é feito pois reparemos que na última linha não existe nenhum espaço). Saltamos para o marcador que vai mostrar um único espaço, reduzimos um na quantidade de **EDI** e retornamos para o início desse marcador.

```
impEstrelas:
    cmp edi, 0x1
    je impEstrelaFinal
    call impEstrela
    sub edi, 0x1
    jmp impEstrelas
```

Mais um marcador de controle, agora para a impressão dos asteriscos, basicamente a mesma coisa do anterior porém com a diferença que ao término devemos imprimir o asterisco que conterà o salto de linha. De resto temos uma repetição padrão do anterior.

```
saida:
    mov eax, SYS_EXIT
    mov ebx, EXIT_SUCESS
    int SYS_CALL
```

E finalmente a saída do programa e encerramento das chamadas. Espera um pouco não faltou mais 3 marcadores? Sim, dois deles vimos no programa anterior:

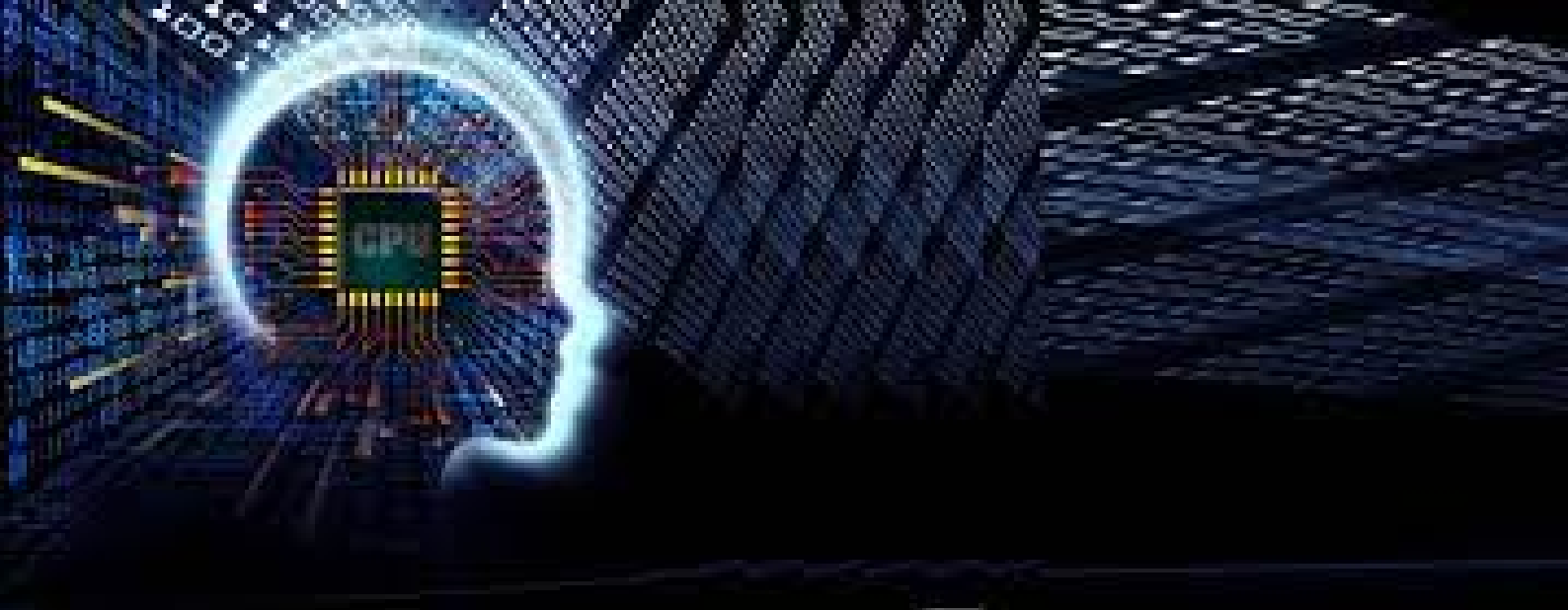
```
impEstrela:
    mov edx, 1
    mov ecx, estrela
    mov eax, SYS_WRITE
    mov ebx, STDOUT
    int SYS_CALL
    ret

impEstrelaFinal:
    mov edx, 2
    mov ecx, estrela
    mov eax, SYS_WRITE
    mov ebx, STDOUT
    int SYS_CALL
    ret
```

Que mostra o asterisco na mesma linha e o asterisco com o salto de linha, e agora basta apenas repetir o primeiro marcador, mas ao invés de usarmos o asterisco vamos usar o espaço.

```
impEspaco:
    mov edx, 1
    mov ecx, espaco
    mov eax, SYS_WRITE
    mov ebx, STDOUT
    int SYS_CALL
    ret
```

E estamos prontos para mostrarmos uma pirâmide de qualquer tamanho possível, recomendo que tente estender este programa para mostrar um "Losango"(basta inverter a pirâmide).



A. Considerações Finais

- F** Nenhum computador tem consciência do que faz. Mas, na maior parte do tempo, nós também não. (Marvin Minsky)

A.1 Sobre o Autor

Especialista com forte experiência em Java e Python, Banco de Dados Oracle, PostgreSQL e MS SQL Server. Escolhido como Java Champion desde Dezembro/2006 e Coordenador do DFJUG. Experiência em JBoss e diversos frameworks de mercado e na interpretação das tecnologias para sistemas e aplicativos. Programação de acordo com as especificações, normas, padrões e prazos estabelecidos. Disposição para oferecer apoio e suporte técnico a outros profissionais, autor de 17 livros e diversos artigos em revistas especializadas, palestrante em diversos seminários sobre tecnologia. Atualmente ocupa o cargo de Analista de Sistemas na Bancorbras.

- Perfil no LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/fernando-anselmo-bb423623/>
- Site Pessoal: <http://fernandoanselmo.orgfree.com>

Assembly na Prática

ESTE LIVRO PODE E DEVE SER DISTRIBUÍDO LIVREMENTE

Fernando Anselmo

