	UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA **CENTRO DE INFORMÁTICA** **DISCIPLINA: Arquitetura de Computadores** **PROFESSOR: Ewerton Monteiro Salvador**

TRABALHO COM LINGUAGEM ASSEMBLY

O programa especificado abaixo deverá ser implementado utilizando-se a linguagem Assembly, no Windows ou no Linux (versão 32 bits). O trabalho será individual e deverá ser enviado pelo SIGAA até as **23:59h do dia 28/11/2022**.

ESPECIFICAÇÃO

Escreva um programa que receba como entrada uma imagem no formato *bitmap* (extensão .bmp) e produza como saída uma cópia da imagem recebida tendo uma de suas cores básicas (azul – código 0, verde – código 1, ou vermelho – código 2) aumentada por um determinado valor (0 a 255).

Por exemplo, suponha que um usuário forneça a imagem “catita.bmp” abaixo:

Suponha também que o usuário tenha selecionado “catita2.bmp” como nome do arquivo de saída, tenha selecionado a cor azul (código 0), e tenha definido o valor 50 para aumento de intensidade dessa cor. O programa deverá produzir como saída, no arquivo “catita2.bmp”, a imagem abaixo:

Observações importantes:

- A imagem original e a nova imagem devem estar no mesmo diretório do arquivo executável, de modo que o usuário só precise informar o nome do arquivo sem se preocupar com o caminho do arquivo;
- O(a) aluno(a) não precisa se preocupar com tratamento de erros de entrada. Assuma que todas as entradas serão fornecidas corretamente, dentro das faixas de valores esperadas;
- Tanto no Windows quanto no Linux deverão ser utilizadas as chamadas oficiais do sistema operacional para abrir, ler, escrever e fechar **arquivos**, não sendo permitido o uso de outras bibliotecas para esse fim;
- O programa deve conter uma função que receba três parâmetros: 1) o endereço de um array de 3 bytes representando um pixel, 2) um inteiro de 4 bytes representando uma cor a ser intensificada (0 para azul, 1 para verde e 2 para vermelho), e 3) um inteiro de 4 byte representando o valor a ser somado à cor. O objetivo da função é substituir o valor de um dos bytes do array de 3 bytes recebido como entrada, de modo que o novo valor seja o original somado com o valor do terceiro parâmetro. A função não deve retornar nenhum valor;
- **Importante**: a função descrita no tópico anterior não deve permitir somas que ultrapassem o valor máximo para um byte, que é 255 (0FFH). Nos casos em que a soma ultrapassaria 255, o valor da cor deve ser definido como 255 (máximo);
- A entrada e saída de console no Windows deve utilizar as funções ReadConsole e WriteConsole da biblioteca kernel32. No Linux podem ser utilizadas as funções printf e scanf da biblioteca padrão da linguagem C, utilizando o gcc para "linkagem" do programa.

A implementação deve ser feita em Assembly **versão 32 bits** para Windows (MASM32) ou para Linux (NASM). O trabalho deve ser desenvolvido de forma individual. O código implementado deve ser original, não sendo permitidas cópias de códigos inteiros ou trechos de códigos de outras fontes (exceto quando expressamente autorizado pelo professor da disciplina). Por esse motivo**, recomenda-se enfaticamente que não haja compartilhamento de código entre os alunos da disciplina**. Os debates entre alunos devem estar restritos a ideias e estratégias, e nunca envolver códigos, para evitarem penalidades na nota relacionadas à plágio.

--- Boa sorte! ---

INFOMAÇÕES COMPLEMENTARES

Como lidar com arquivos?

Tanto no Windows como no Linux o tratamento de arquivos é similar, sendo essencialmente o mesmo utilizado em linguagens de programação de alto nível, como C:

- Solicita-se ao sistema operacional a abertura de um arquivo (em modo de leitura, de escrita ou ambos). O sistema operacional devolve um *handle*, que serve como um número de identificação do arquivo aberto para ser utilizado nas chamadas de sistemas seguintes que envolvam esse arquivo;
- O sistema operacional define um "apontador de arquivo" para todos os arquivos abertos, o qual é controlado automaticamente pelo próprio sistema operacional. A abertura de um arquivo tipicamente faz com que esse apontador seja posicionado na primeira posição (posição 0, primeiro byte) desse arquivo, e **é incrementado sempre que uma leitura ou uma escrita é realizada**. Existe uma função do sistema operacional que permite que o(a) programador(a) reposicione esse apontador de arquivo, contudo essa função não será necessário para este projeto;

- Leituras e escritas são realizadas através de chamadas de sistemas operacionais próprias. A leitura ou escrita sempre começa na posição atual do apontador de arquivo controlado pelo sistema operacional. O apontador de arquivo é incrementado ao final de uma operação de leitura ou escrita de acordo com a quantidade de bytes envolvida nessa operação;
- Por fim, arquivos devem ser fechados através de uma chamada ao sistema operacional. O fechamento do arquivo garante que dados escrito sejam corretamente gravados, além de liberar recursos do sistema operacional que foram alocados para o tratamento do arquivo.

No Windows 32 bits as chamadas de sistema relacionadas a arquivos se encontram na biblioteca **kernel32** (com constantes definidas no arquivo de cabeçalho windows.inc). No Linux 32 bits as chamadas de sistema relacionadas a arquivos são invocadas através da **interrupção 80h**.

Criação/Abertura de Arquivo: Windows

Realizada através da função **CreateFile**

Parâmetros:

1. Apontador (endereço) de string contendo o nome do arquivo a ser aberto (no nosso projeto, **o nome não precisa incluir o caminho de diretórios**, considerando que o arquivo .bmp estará no mesmo diretório do arquivo executável do projeto);

Observação importante: a função ReadConsole do MASM32 encerra a string de entrada de dados com os caracteres ASCII "Carriage Return" (CR, decimal 13), seguido de "Line Feed" (LF, decimal 10), seguido finalmente do terminador de string (decimal 0). Contudo, um nome de arquivo não deve conter os caracteres CR ou LF, portanto, a string recebida via ReadConsole precisa ser tratada para remover esses caracteres problemáticos. O trecho de código abaixo (autorizo o uso desse trecho nos projetos) percorre uma string procurando o caractere CR (ASCII 13), e quando encontra esse caractere, o substitui pelo valor 0 (terminador de string). Dessa forma, a string resultante desse tratamento pode ser utilizada na função para abertura de arquivo.

```
 mov esi, offset uma_string ; Armazenar apontador da string em esi
proximo:
 mov al, [esi] ; Mover caractere atual para al
 inc esi ; Apontar para o proximo caractere
 cmp al, 13 ; Verificar se eh o caractere ASCII CR - FINALIZAR
 jne  proximo
 dec esi ; Apontar para caractere anterior
 xor al, al ; ASCII 0
 mov [esi], al ; Inserir ASCII 0 no lugar do ASCII CR
```

2. Constante de 4 bytes informando o nível de acesso desejado para o arquivo. Exemplos dessas constantes são GENERIC_READ e GENERIC_WRITE, **as quais devem ser utilizadas nesse projeto para operações de escrita ou leitura**. Uma operação de escrita e leitura pode ser alcançada através de uma operação OR entre as constantes GENERIC_READ e GENERIC_WRITE, **contudo esse tipo de operação de leitura e escrita em um mesmo arquivo não será necessária neste projeto**;
3. Constante de 4 bytes informando se o acesso ao arquivo será compartilhado ou não. Exemplos dessas constantes são 0 (zero), FILE_SHARE_WRITE, FILE_SHARE_READ, etc. Como o arquivo desse projeto não precisará de acesso compartilhado com outros programas, **essa constante deverá ser definida como 0 (zero)**;
4. Apontador para uma estrutura do tipo SECURITY_ATRIBUTES (definida em windows.inc) contendo atributos de segurança. Esse parâmetro não será necessário nesse projeto, ou seja,

deverá ser informada aqui a constante NULL;

5. Constante de 4 bytes especificando a necessidade de se criar ou não um novo arquivo. Exemplos dessas constantes são CREATE_ALWAYS, CREATE_NEW, OPEN_ALWAYS, OPEN_EXISTING, etc. Neste projeto, **deverá ser utilizada a opção OPEN_EXISTING para abertura do arquivo .bmp original, e CREATE_ALWAYS para a criação do arquivo .bmp de saída**, de modo que o arquivo original só seja aberto e nunca criado, e o arquivo de destino seja sempre um novo arquivo;
6. Constante de 4 bytes especificando os atributos do arquivo a ser aberto, como FILE_ATTRIBUTE_ARCHIVE, FILE_ATTRIBUTE_NORMAL, etc. Como este projeto não utilizará atributos especiais, **deverá ser utilizada a opção FILE_ATTRIBUTE_NORMAL**;
7. Um handle de 4 bytes para um arquivo que sirva de template quanto a atributos. Como este projeto não utilizará atributos especiais, **deverá ser utilizada a constante NULL**.

Retorno: um handle para o arquivo é retornado através do registrador EAX.

Ex.:

```
invoke CreateFile, addr fileName, GENERIC_READ, 0, NULL,
OPEN_EXISTING, FILE_ATTRIBUTE_NORMAL, NULL

mov fileHandle, eax
```

Criação (com abertura) de Arquivo: Linux

Realizada através da interrupção 80h

Parâmetros:

1. O registrador EAX deve receber o valor 8, referente à chamada de sistema sys_creat;
2. O registrador EBX deve conter um apontador (endereço) de string contendo o nome do arquivo a ser aberto (no nosso projeto, **o nome não precisa incluir o caminho de diretórios**, considerando que o arquivo .bmp estará no mesmo diretório do arquivo executável do projeto);
3. O registrador ECX deve conter as permissões do arquivo, de acordo com a convenção de permissões de arquivos utilizada pelo Linux (essa convenção utiliza números na base **octal**). Por exemplo, a permissão 777 dá acesso total a arquivos (leitura, escrita e execução) para o usuário dono do arquivo, para o grupo do dono e para todos os usuários do sistema.

Retorno: um handle para o arquivo é retornado através do registrador EAX.

Ex.:

```
mov eax, 8            ; sys_creat
mov ebx, filename
mov ecx, 0o777
int 80h

mov fileHandle, eax
```

Abertura de Arquivo Já Existente: Linux

Realizada através da interrupção 80h

Parâmetros:

4. O registrador EAX deve receber o valor 5, referente à chamada de sistema sys_open;
5. O registrador EBX deve conter um apontador (endereço) de string contendo o nome do arquivo a ser aberto (no nosso projeto, **o nome não precisa incluir o caminho de diretórios**,

considerando que o arquivo .bmp estará no mesmo diretório do arquivo executável do projeto);
6. O registrador ECX deve conter o modo de acesso do arquivo. Os mais comuns são 0 (read-only), 1 (write-only), e 2 (read-write);
7. O registrador EDX deve conter as permissões do arquivo, de acordo com a convenção de permissões de arquivos utilizada pelo Linux (essa convenção utiliza números na base **octal**). Por exemplo, a permissão 777 dá acesso total a arquivos (leitura, escrita e execução) para o usuário dono do arquivo, para o grupo do dono e para todos os usuários do sistema.

Retorno: um handle para o arquivo é retornado através do registrador EAX.

Ex.:
```
mov eax, 5            ; sys_open
mov ebx, filename
mov ecx, 0            ; read_only
mov edx, 0o777
int 80h

mov fileHandle, eax
```

Leitura de Arquivo: Windows

Realizada através da função **ReadFile**

Parâmetros:
1. Handle de 4 bytes do arquivo a ser lido. Esse handle é recebido como retorno da função de abertura do arquivo;
2. Um apontador para um array de bytes onde serão gravados os bytes lidos do arquivo;
3. Um inteiro de 4 bytes indicando a quantidade de bytes máxima a ser lida do arquivo. Observe que essa quantidade máxima de bytes deve ser igual ou inferior à quantidade de bytes do array de bytes utilizado para gravação dos dados;
4. Apontador para um inteiro de 4 bytes onde será gravado a quantidade de bytes efetivamente lidos do arquivo. **Importante: quando a leitura chegar ao final do arquivo, a quantidade de bytes lida será 0, e isso será o indicativo de que você chegou no fim do arquivo**;
5. Apontador para estrutura OVERLAPPED, utilizada para acessos assíncronos ao arquivo. Como neste projeto utilizaremos acessos síncronos, **por simplicidade, esse parâmetro deve conter a constante NULL**;

Retorno: 0 se a leitura falhar, e um número diferente de zero se for bem-sucedida.

Ex.:
```
invoke ReadFile, fileHandle, addr fileBuffer, 10, addr readCount,
NULL ; Le 10 bytes do arquivo
```

Leitura de Arquivo: Linux

Realizada através da interrupção 80h

Parâmetros:
1. O registrador EAX deve receber o valor 3, referente à chamada de sistema sys_read;
2. O registrador EBX deve conter o handle do arquivo. Esse handle é recebido como retorno da

função de abertura/criação do arquivo;
3. O registrador ECX deve conter um apontador para um array de bytes onde serão gravados os bytes lidos do arquivo;
4. O registrador EDX deve conter um inteiro indicando a quantidade de bytes máxima a ser lida do arquivo. Observe que essa quantidade máxima de bytes deve ser igual ou inferior à quantidade de bytes do array de bytes utilizado para gravação dos dados.

Retorno: No registrador EAX terá a quantidade de bytes efetivamente lidos do arquivo. **Importante: quando a leitura chegar ao final do arquivo, a quantidade de bytes lida será 0, e isso será o indicativo de que você chegou no fim do arquivo**

Ex.:
```
mov eax, 3            ; sys_read
mov ebx, [fileHandle]
mov ecx, fileBuffer
mov edx, 10
int 80h
```

Escrita de Arquivo: Windows

Realizada através da função **WriteFile**

Parâmetros:
1. Handle de 4 bytes do arquivo a ser escrito. Esse handle é recebido como retorno da função de abertura do arquivo;
2. Um apontador para um array de bytes a serem gravados no arquivo;
3. Um inteiro de 4 bytes indicando a quantidade de bytes a ser gravada. Observe que essa quantidade máxima de bytes deve ser igual ou inferior à quantidade de bytes do array de bytes utilizado para gravação dos dados;
4. Apontador para um inteiro de 4 bytes onde será gravado a quantidade de bytes efetivamente escritos no arquivo;
5. Apontador para estrutura OVERLAPPED, utilizada para acessos assíncronos ao arquivo. Como neste projeto utilizaremos acessos síncronos, **por simplicidade, esse parâmetro deve conter a constante NULL**.

Retorno: 0 se a escrita falhar, e um número diferente de zero se for bem-sucedida.

Ex.:
```
invoke WriteFile, fileHandle, addr fileBuffer, 10, addr writeCount,
NULL ; Escreve 10 bytes do arquivo
```

Escrita de Arquivo: Linux

Realizada através da interrupção 80h

Parâmetros:
6. O registrador EAX deve receber o valor 4, referente à chamada de sistema sys_write;
7. O registrador EBX deve conter o handle do arquivo. Esse handle é recebido como retorno da função de abertura/criação do arquivo;
8. O registrador ECX deve conter um apontador para um array de bytes com o conteúdo a ser

gravado no arquivo;
9. O registrador EDX deve conter um inteiro indicando a quantidade de bytes máxima a ser escrita no arquivo.

Retorno: No registrador EAX terá a quantidade de bytes efetivamente escritos no arquivo.

Ex.:
```
mov eax, 4            ; sys_write
mov ebx, [fileHandle]
mov ecx, fileBuffer
mov edx, 10
int 80h
```

Fechamento de Arquivo: Windows

Realizada através da função **CloseHandle**

Parâmetros:
1. Handle de 4 bytes do arquivo a ser fechado. Esse handle é recebido como retorno da função de abertura do arquivo;

Retorno: 0 se o fechamento falhar, e um número diferente de zero se for bem-sucedido.

Ex.:
```
invoke CloseHandle, fileHandle
```

Fechamento de Arquivo: Linux

Realizada através da interrupção 80h

Parâmetros:
2. O registrador EAX deve receber o valor 6, referente à chamada de sistema sys_close;
3. O registrador EBX deve conter o handle do arquivo. Esse handle é recebido como retorno da função de abertura/criação do arquivo

Retorno: No registrador EAX terá um código em caso de erro.

Ex.:
```
mov eax, 6           ; sys_close
mov ebx, [fileHandle]
int 80h
```

Como lidar o formato *bitmap* (.BMP)?

Um arquivo *bitmap* (.BMP) possui uma estrutura bastante simples, composta basicamente de cabeçalhos, uma tabela de cores opcional (tipicamente para casos em que se utilize 8 bits por pixel, ou seja, uma técnica de paleta de cores), e uma lista de valores RGB, sendo um valor para cada pixel. A estrutura de um arquivo *bitmap* pode ser encontrada na imagem abaixo.

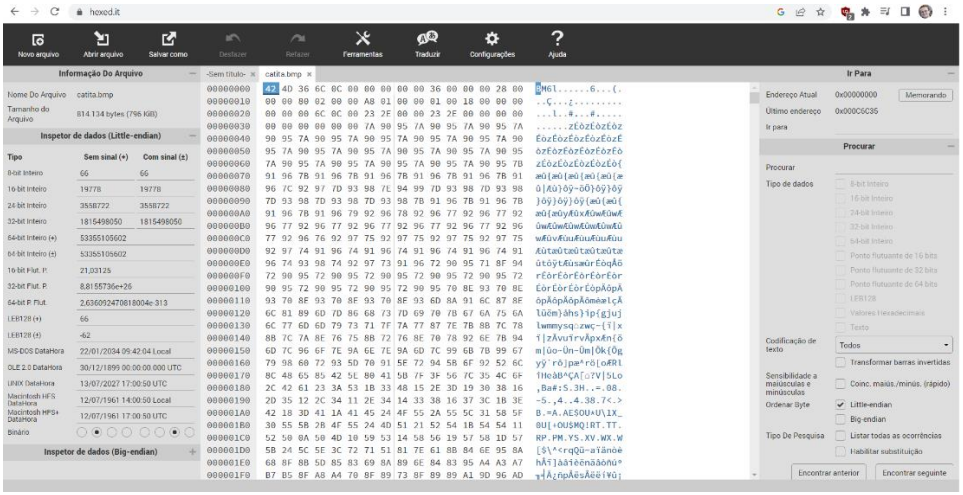
Basic BMP File Format			
Name		Size	Description
Header		14 bytes	Windows Structure: BITMAPFILEHEADER
	Signature	2 bytes	'BM'
	FileSize	4 bytes	File size in bytes
	reserved	4 bytes	unused (=0)
	DataOffset	4 bytes	File offset to Raster Data
InfoHeader		40 bytes	Windows Structure: BITMAPINFOHEADER
	Size	4 bytes	Size of InfoHeader =40
	Width	4 bytes	Bitmap Width
	Height	4 bytes	Bitmap Height
	Planes	2 bytes	Number of Planes (=1)
	BitCount	2 bytes	Bits per Pixel 1 = monochrome palette. NumColors = 1 4 = 4bit palletized. NumColors = 16 8 = 8bit palletized. NumColors = 256 16 = 16bit RGB. NumColors = 65536 (?) 24 = 24bit RGB. NumColors = 16M
	Compression	4 bytes	Type of Compression 0 = BI_RGB no compression 1 = BI_RLE8 8bit RLE encoding 2 = BI_RLE4 4bit RLE encoding
	ImageSize	4 bytes	(compressed) Size of Image It is valid to set this =0 if Compression = 0
	XpixelsPerM	4 bytes	horizontal resolution: Pixels/meter
	YpixelsPerM	4 bytes	vertical resolution: Pixels/meter
	ColorsUsed	4 bytes	Number of actually used colors
	ColorsImportant	4 bytes	Number of important colors 0 = all
ColorTable		4 * NumColors bytes	present only if Info.BitsPerPixel <= 8 colors should be ordered by importance
	Red	1 byte	Red intensity
	Green	1 byte	Green intensity
	Blue	1 byte	Blue intensity
	reserved	1 byte	unused (=0)
	repeated NumColors times		
Raster Data		Info.ImageSize bytes	The pixel data

Fonte: http://www.ue.eti.pg.gda.pl/fpgalab/zadania.spartan3/zad_vga_struktura_pliku_bmp_en.html

Os arquivos *bitmap* a serem considerados neste projeto **não devem conter uma tabela de cores**, considerando que essa tabela é opcional. Dessa forma, os cabeçalhos do arquivo .BMP ocuparão um número fixo de bytes: 14 bytes do cabeçalho geral (*Header*), e 40 bytes do cabeçalho de informações (*InfoHeader)*, totalizando 54 bytes de cabeçalho. Esses 54 bytes deverão apenas ser lidos no arquivo de origem e copiados no arquivo de destino, sem sofrerem nenhuma alteração.

Em seguida, teremos 3 bytes para cada pixel da imagem, considerando a formação da imagem da esquerda para a direita e de cima para baixo. Os bytes seguem a sequência de cores azul, verde e vermelha (ou seja, a ordem inversa de RGB). Uma recomendação que pode ser feita, então, é que após a leituras dos 54 bytes iniciais do cabeçalho, o arquivo de entrada seja lido de 3 em 3 bytes. Nesse array de 3 bytes, estabelece-se que o endereço do array + 0 equivale ao endereço da cor azul, o endereço do array + 1 equivale ao endereço da cor verde, e o endereço do array + 2 equivale ao endereço da cor vermelha. Essa soma do endereço base do array com um índice pode ser realizada em um registrador (ex.: EBX). Uma vez que o endereço da cor desejada esteja em um registrador, pode se fazer um acesso indireto à memória através desse registrador para realizar alterações nesse byte específico. Uma última observação é que os pixels da imagem são codificados de tal forma que a quantidade de bytes em uma linha da imagem precisa ser múltipla de 4 bytes. Caso o número de pixels em uma linha multiplicado por 3 (1 byte para cada cor do pixel) não seja múltiplo de 4, são acrescentados bytes 0 (zero) ao final da linha até que o número total de bytes se torne múltiplo de 4. Contudo, para este projeto, iremos aceitar como entrada **apenas imagens que tenha um número de pixels em uma linha que seja múltiplo de 4**. Por exemplo, a imagem "catita.bmp" fornecida como exemplo, possui 640 pixels por linha, que é múltiplo de 4.

Por fim, recomenda-se a utilização de um editor de arquivo hexadecimal para facilitar o entendimento do que está acontecendo com o arquivo *bitmap*, considerando que é um arquivo binário. Você poderá utilizar um editor hexadecimal web, como o disponível no link https://hexed.it . O arquivo exemplo do projeto, "catita.bmp", é exibido da seguinte forma nesse editor:



Perceba que podemos identificar com relativa facilidade até onde vão os cabeçalhos, e onde começa a lista de bytes de cores dos pixels. Na imagem abaixo, o cabeçalho está sinalizado em vermelho, e os bytes de cores dos 3 primeiros pixels (na sequência azul, verde e vermelho) estão sinalizados de verde.