x86 Assembly Mini-Course

Part 1

Bruno P. Evangelista

bpevangelista@gmail.com

Introdução

- Assembly é uma linguagem de programação de baixo nível em formato mnemonico
- Ela possibilita trabalhar diretamente com o processador da máquina, executando operações que muitas vezes não são possíveis em linguagens de alto nível

Porque utilizar?

- Muito utilizado no desenvolvimento de aplicativos que exigem resposta em tempo real
- Tirar proveito de conjuntos de instruções específicas dos processadores: SSE, SSE2, SSE3, 3DNOW, outros
- Obter conhecimento do funcionamento do hardware, visando desenvolver softwares de melhor qualidade

Utilização em softwares

- Muitas vezes os aplicativos precisam de um desempenho maior em partes críticas do código
- Nesses techos devem ser utilizados algoritmos otimizados, com baixa ordem de complexidade
- Mesmo com o uso de um algoritmo adequado, pode não ser possível atingir o tempo de resposta necessário
- Nesses casos, podemos tentar melhorar a performance utilizando otimizações de baixo nível

Problemas

- Otimizações de baixo nível não podem ser programadas em linguagens de alto nível como C/C++ ou Java
- Quando fazemos otimizações de baixo nível, estamos confiando mais em nós mesmo, que no compilador para fazer a geração de código
- Muitas vezes otimizações de baixo nível não são a solução para gargalos no desempenho, sendo necessário trocar a ordem de complexidade do algoritmo utilizado

Ferramentas utilizadas

- Principais:
  - Editor de código
    - Não existem IDEs com grandes recursos, devido as limitações da linguagem
  - Montador
- Utilitários:
  - Depurador
  - Editor hexadecimal

Montadores

- Um dos primos do compilador
- O papel do montador é transformar os *mnemonicos* em código de máquina
- Existem vários montadores para a linguagem Assembly:
  - MASM - Microsoft Assembler
  - NASM - Netwide Assembler
    (Versões para diferentes plataformas)
  - TASM - Turbo Assembler (Borland)

Depurador

- Ferramenta extremamente importante para encontrar erros cometidos durante a programação
- Erros cometidos durante a programação geralmente travam a máquina, não sendo possível detecta-lo com facilidade
- Um erro cometido na 10 linha de código geralmente só é percebido centenas de linhas para frente, longe de onde o erro foi cometido

Editor hexadecimal

- Ferramente importante para trabalhar com arquivos binários
- Utilizada para editar e modificar informações internas de arquivos binários

Inlining Assembly

- Algumas linguagens possuem mecanismos para permitir a inserção de códigos assembly dentro linguagem
- Com isso podemos ter maior controle do noso aplicativo, não precisando manter modulos externos em Assembly que devam ser linkados juntos com a aplicação

Inlining Assembly

- Exemplo do uso de código Assembly na linguagem C/C++

```
__asm() {
        pusha
        xor ax, ax
        popa
    }
```

Arquitetura 8086

CPU	Registradores de 16 bits
Memória	Memória limitada a 1MB
	Dividida em segmentos 64kb
	Somente modo real
	Bytes na memória não possuem endereço único
	Organização *little endian*

Arquitetura 8086

- Endereçamento de memória

$$\text{Endereço} = 16 * segmento + offset$$

- Memória endereçável: $2^{20} = 1MB$

Arquitetura 8086

- Mapeamento da memória

0x00000 - 0x003FF	Tabela de interrupções (ISR)
0x00400 - 0x005FF	Área de BIOS (BDA)
0x00600 - 0x9FFFF	Área livre
0xA0000 - 0xAFFFF	Memória de vídeo EGA/VGA
0xB0000 - 0xB7FFF	Memória de texto monocromático
0xB8000 - 0xBFFFF	Memória de vídeo CGA
0xC0000 - 0xDFFFF	ROM instalada
0xE0000 - 0xFDFFF	ROM fixa
0xFE000 - 0xFFFFF	ROM da BIOS

Arquitetura 80386

CPU	Registradores de 32 bits
Memória	Memória limitada a 4GB
	Modo real e protegido
	Bytes na memória possuem endereço único
	Organização *little endian*

Sintaxes de comando

Intel	AT&T
mov eax, 1	movl $1, %eax
mov ebx, 0ffh	movl $0xff, %ebx
int 80h	int $0x80
mov eax, [ebx]	movl (%ebx), %eax
mov eax, [ebx+3]	movl 3(%ebx), %eax

Diretiva de dados

- Diretivas de dados são utilizadas para definir espaço na memória
- Existem duas diretivas de dados

Diretivas de dados	Descrição
RES*x*	Define espaço para memória
D*x*	Define espaço para memória e inicializa a área

- O símbolo *x* deve ser trocado pelo tipo de dado desejado

Diretiva de dados

Tipos de dado	Letra	Tamanho(bits)
byte	B	8
word	W	16
double word	D	32
quad word	Q	64
ten bytes	T	80

Registradores

- A arquitetura 8086 possui 14 registradores de 16 bits, sendo:
  - 4 de propósito geral
  - 5 de *offset* para acesso a memória
  - 4 de *segmento* para acesso a memória
  - 1 registrador de *flags*

Registradores

- Registradores de propósito geral

Registrador	Propósito geral
AX	Acumulador
BX	Base
CX	Contador
DX	Dados

Registradores

- Registradores de offset para acesso a memória

Registrador	Offset
IP	Instruction pointer
SP	Stack pointer
BP	Base pointer
SI	Source Index
DI	Destination Index

Registradores

- Registradores de segmento para acesso a memória

Registrador	Segmento
CS	Code segment
SS	Stack Segment
DS	Data Segment
ES	Extra segment

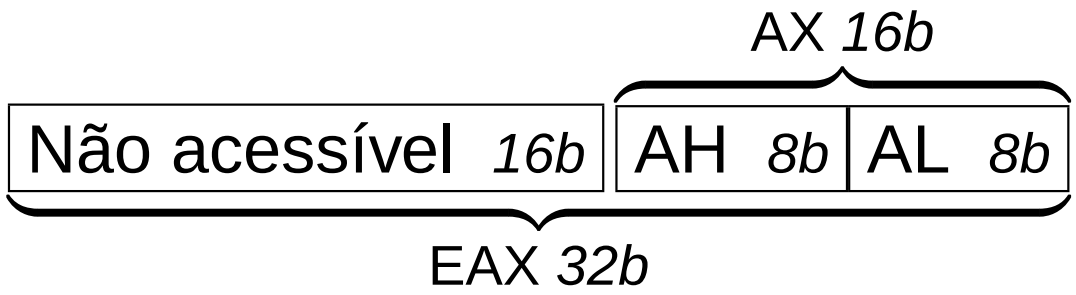
Registradores

- Registrador de *flags*

Flags	Descrição
OF	Overflow flag
DF	Direction flag
IF	Interrupt flag
TF	Trap flag
SF	Sign flag
ZF	Zero flag
AF	Auniliary flag
PF	Parity flag
CF	Carry flag

Registradores

- A arquitetura 80386 possui registradores de *32 bits* que extendem os registradores anteriores mantendo compatibilidade
- Os registradores de *32 bits* possuem o prefíxo “E”



Instruções

Instrução	Descrição
mov	Move dados
add	Adição aritmética
sub	Subtração aritmética
push	Empilha
pop	Desempilha
jmp	Salto incondicional
int	Interrupção
call	Chamada

Interrupções

- São chamadas de funções externas
- A tabela interrupções se encontram no início da memória, e é chamada ISR(Interrupt Service Routine)
- A ISR possui o endereço das funções de cada interrupção, contendo o segmento e offset de cada uma delas
- Quando o comando: *int 21h* é executado, estamos na verdade saltando para o endereço de memória que contêm o código da interrupção

Interrupções da BIOS

Interrupção	Descrição
10h	Escreve caracter
13h	Reseta drive Lê do disco Escreve no disco
16h	Lê caracter
18h	Chama “Basic”
19h	Reseta

x86 Assembly Mini-Course

Part 3

Bruno P. Evangelista

bpevangelista@gmail.com

Sistema de arquivos

- Quando trabalhamos com arquivos, necessitamos de um mecanismo capaz de manipular os mesmos, chamado *sistema de arquivos*
- O sistema de arquivos deve disponibilizar as operações necessárias para manipulação arquivos, como:
  - Listar
  - Leitura
  - Gravação

Qual sistema utilizar?

- Atualmente existem diversos sistemas de arquivos, cada um para um propósito específico
  - FAT12, FAT32, NTFS
  - VFAT, EXT3, EXT3, REISER
- Os sistemas de arquivos são desenvolvidos baseado no dispositivo que será utilizado
- Alguns formatos não são adequados para dispositivos de pequenos porte, pois utilizam muito espaço para fazer o gerênciamento dos arquivos

Qual sistema utilizar?

- Um sistema de arquivos simples pode ser facilmente criado, no entanto, não isso demanda tempo
- Ao utilizarmos um sistema já existente, podemos fazer uso das diversas ferramentas e recursos disponíveis para o mesmo

Sistema FAT12

- FAT12 é um sistema de arquivos TODO
- Na FAT12 existe um ponteiro para o primeiro bloco de cada arquivo e para cada bloco lido existe, um ponteiro para o próximo bloco
- O sistema FAT12 é formado por:
  - Duas cópias da tabela de alocação de arquivos(FAT)
  - Tabela de entrada de arquivos
  - Dados dos arquivos

Estrutura da FAT12

- Dos 2.880 setores disponíveis, 1 é utilizado para boot, 32 para cabeçalhos, e o resto para dados

Setor	Utilização	Espaço
0	Boot sector	512b
1-9	FAT Copy 1	4,5kb
10-18	FAT Copy 2	4,5kb
19-32	Root Directory	7kb
33-2879	Data	1,39mb

Cabeçalho do boot para FAT12

- A FAT12 utiliza o ínicio do setor de boot para guardar as configurações do dispositivo e verificar se o sistema é válido

OSID	db	’EVANG_OS’
bytesPerSector	dw	0x0200
sectorsPerCluster	db	0x01
leadingSectors	dw	0x0001
numFAT	db	0x02
maxRootDirEntries	dw	0x00E0
totalSectors	dw	0x0B40
mediaType	db	0x0F0

Cabeçalho do boot para FAT12

sectorsPerFAT	dw	0x0009
sectorsPerTrack	dw	0x0012
numberOfHeads	dw	0x0002
hiddenSectors	dd	0x00000000
totalSectors2	dd	0x00000000
driveNumber	db	0x00
reserved	db	0x00
bootSignaure	db	0x29
volumeID	dd	0x26185454
volumeLabel	db	’EVANG_OS~~bbb~~’
volumeLabel	db	’OST4~~bbbbbbb~~’
FATID	db	’FAT12~~bbb~~’

Endereçamento da FAT12

- Cada entrada da tabela FAT possui 12 bits
- Com isso temos 2^{12} = 4096(4kb) possíveis endereços de setor
- Na FAT12 cada setor possúi 512 bytes
- O que disponibiliza um endereçamento total de 2mb

Entradas da FAT

- Cada entrada da FAT12 possui 12 bits
- Por isso para acessar cada entrada é necessário ler dois bytes, mas apenas 1 byte e meio é utilizado
- Por causa disso é preciso um tratamento especial para as entradas na FAT

Entradas da FAT

- Trecho da FAT exibida em hexadecimal, cada caracter representa um *nibble* de 4 bits

01	23	45	67	89

- Endereço 0 endereço: 0 1 2
- Endereço 1 endereço: 3 4 5
- Endereço 2 endereço: 6 7 8

Entradas de arquivo

- Para localizarmos os arquivos em disco é necessário consultar a tabela de arquivos

Byte	Descrição
0-7	Nome do arquivo
8-10	Extensão
11	Atributos
12-21	Reservados
22-23	Hora
24-25	Data
26-27	Endereço do primeiro cluster
28-31	Tamanho do arquivo

Modos de endereçamento

- O tipo de endereçamento utilizado pela FAT12 é diferente do utilizado pela controladora do disco
- Basicamente existem dois tipos de endereçamento
  - CHS - Cylinder, Head, Sector
  - LBA - Logical block address
- A controladora do disco trabalha com o endereçamento CHS

Modos de endereçamento

- A BIOS possui interrupções para trabalhar com LBA, no entando o código utilizado é grande, por isso geralmente é utilizado o endereçamento CHS no boot
- Para acessarmos o endereço do arquivo é necessário então fazer uma conversão entre os tipos de arquivo, como ilustra o desenho abaixo

$$\text{FAT12} \longrightarrow \text{LBA} \longrightarrow \text{CHS}$$

Transformação LBA para CHS

- Sector = LBA % SectorsPerTrack + 1
- Head = (LBA / SectorsPerTrack) % NumberOfHeads
- Cylinder = (LBA / SectorsPerTrack) / NumberOfHeads

Transformação FAT para LBA

- O FAT começa a endereçar a partir da área livre, setor 33 (0 a 32 estão ocupados)
- Mas é importante lembrar que os dois primeiros endereços de entrada do FAT são reservadas
- Então o endereço do bloco 33 na FAT12 é 2
- Portanto para converter um FAT para LBA basta somar 31 ao número do bloco

Funções básicas do driver

- FAT12 START
  - Carrega todos os cabeçalhos do sistema para a memória, em uma área segura
- FAT12 READ
  - Carrega um arquivo pelo nome, e grava em uma área disponível da memória
- LBA READ
  - Carrega um setor LBA para a memória

Testando o driver

- Crie vários arquivos com 512 caracteres, cada um formado por uma sequência do mesmo caracter
  - aaaaaaaa
  - bbbbbbbb
- Execute a operação de leitura e em seguida de exibição para cada um dos arquivos e veja se o resultado está correto
- Concatene os arquivos em grupos de 3, tamanho 1.5kb, e execute a operação de leitura e exibição novamente
- Se após vários testes tudo ocorreu bem, seu sistema de arquivos está funcionando corretamente

Informações adicionais

- Google - www.google.com
  - Um dos seus melhores amigos, não deixe de perguntar para ele! =D
- Intel - www.intel.com
  - Disponibiliza manual sobre a arquitetura x86, além de várias ferramentas para desenvolvedores