ВЗЛОМ

Энциклопедия антиотладочных приемов 4. Самотрассировка и прочие головоломки

Крис Касперски, 01.08.2008 Комментарии 320 Добавить в закладки

Содержание статьи

Сегодня мы будем ломать мой crackme, напичканный антиотладочными приемами. Они основаны на особенностях обработки исключений отладчиками и на ошибках в debug engine, о которых я расскажу по ходу дела. А заодно продемонстрирую интимные подробности основных хакерских инструментов — «Ольги», «Иды», Syser'а, x86emu и прочих.

Разгадывать загадки намного интереснее, чем читать готовые решения. А потому, пока еще не поздно, оторвись от статьи и попробуй расковырять JohoR crackme. В подсказку не заглядывать! Исходный текст не смотреть! Впрочем, сам по себе исходный текст (даже с учетом всех комментариев) совершенно не объясняет, как же его отлаживать.

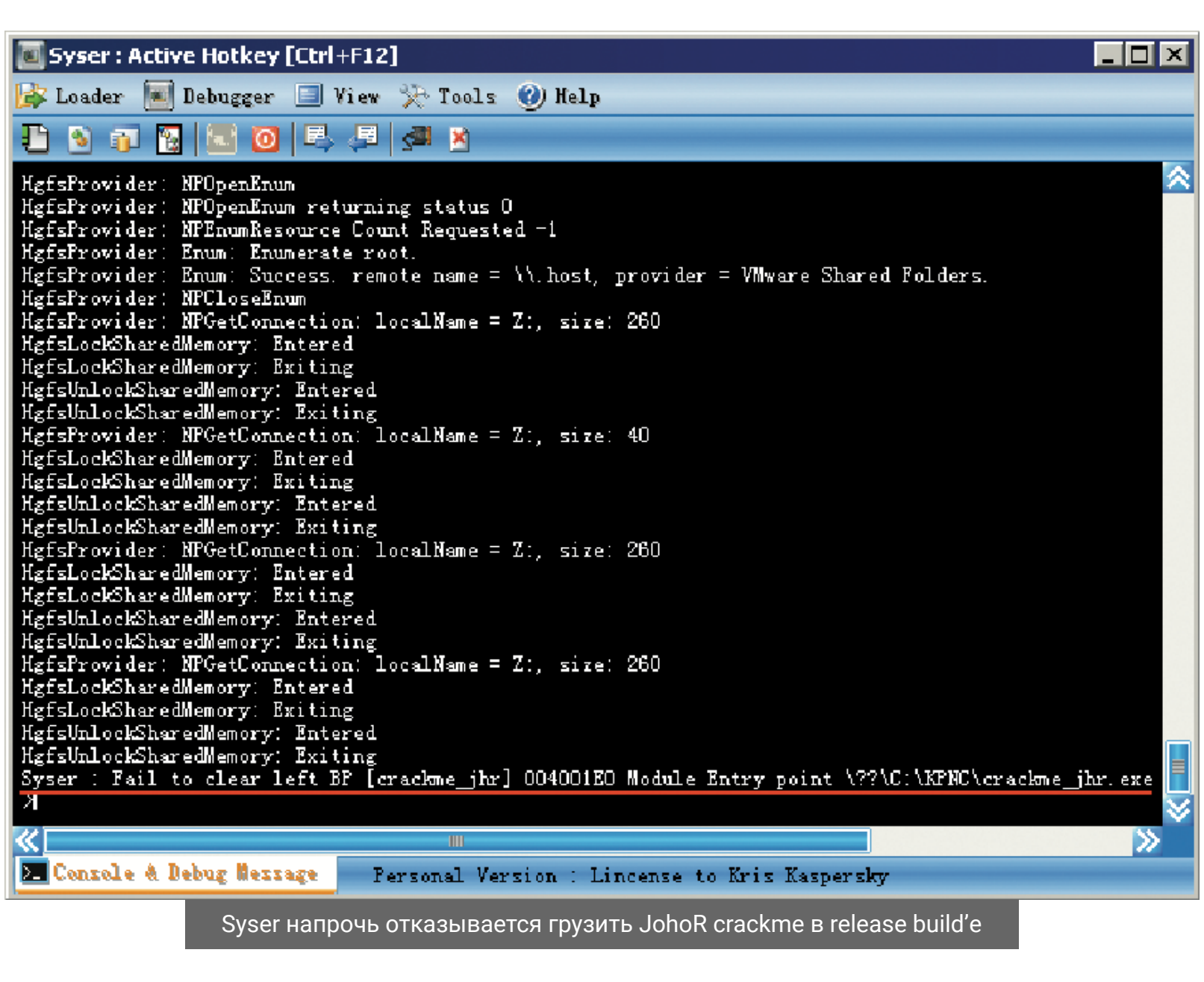
WWW

Скачать crackme-jhr; копия также есть в моем репозитории на OpenRCE.

Здесь отсутствуют шифровка, самомодификация и прочие приемы, ослепляющие статический анализ. Дизассемблер выдает аккуратный листинг, каждая машинная команда которого абсолютно понятна. Однако результат действия программы в целом очень трудно предсказуем и требует довольно глубоких знаний устройства процессора и операционной системы. Поистине танталовы муки! Какой-то несчастный десяток машинных инструкций (ядро crackme) отделяет нас от победы! Что ж, тем большее наслаждение испытываешь от взлома! Ну а на случай, если самому взломать никак не получается, я даю развернутое объяснение.

ЧТО МЫ БУДЕМ ЛОМАТЬ

Исходный текст JohoR crackme приведен в листинге 1. Это чудо моей инженерной мысли после компиляции занимает всего 832 байта, большая часть которых приходится на PE-заголовок. Конечно, его можно было бы ужать, программируя в hex-кодах, но это ж сколько труда надо потратить! А так — файлы легко компилируются штатными утилитами Microsoft.



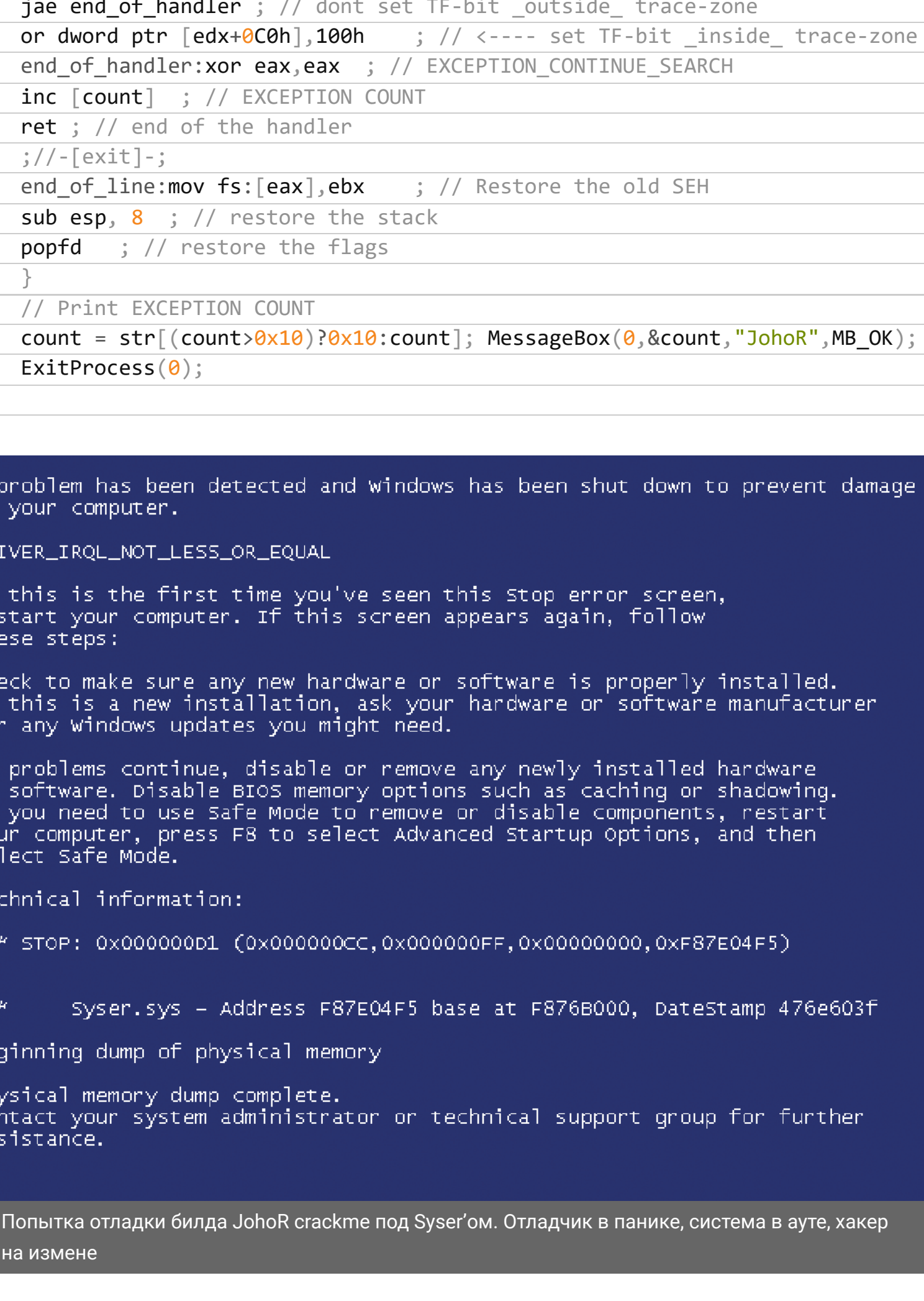
Syser напрочь отказывается грузить JohoR crackme в release build'е

Кстати, о компиляции. По многочисленным просьбам трудящихся я отказался от командных файлов и перешел на макак (в смысле, на .mak), обрабатываемых утилитой NMAKE из комплекта поставки MS Visual Studio. `NMAKE /f crackme_jhr.mak` собирает релиз, а `NMAKE /f "crackme_jhr.mak" CFG="crackme_jhr - Win32 Debug"` — отладочную версию. Только все равно отладить ее с помощью MS Visual Studio не удастся — нет смысла даже пытаться.

Также поддерживается сборка и из IDE — достаточно открыть макаку и сделать build. Тупая «Студия» всегда ищет скомпилированный файл в каталогах \Debug и \Release, тогда как мыщъх создает его в текущей директории, поэтому запуск файла непосредственно из IDE невозможен (хотя, может быть, в последних версиях MS уже пофиксила этот косяк).

Исходный текст JohoR crackme

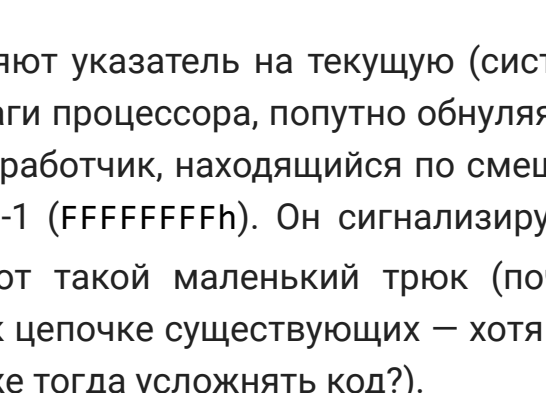
```
#include <windows.h>
int count; char str[]="0123456789ABCDEF!";
__declspec(naked) nezumi()
{
    __asm{
    ; //int 03  ; // For soft-ice
    xor eax, eax ; // eax := 0
    mov ebx, fs:[eax]   ; // Old SEH
    pushfd ; // save EFLAGS
    ;//-[new seh]-;
    push offset l1  ; // Handler proc
    push -1 ; // The last handler in the chain
    mov fs:[eax], esp ; // Assign the new handler
    ;//-[hacker time]-;
    xor eax,[eax]   ; // <-- ACCESS VIOLATION
    ;//-[set TF bit]-;
    push -1 ; // TF := 1
    xor eax,[eax]   ; // <-- ACCESS VIOLATION
    popfd    ; // EFLAGS := 00244ED7h
    ;//-[TRACE-ZONE]-;
    mov eax, [eax]  ; // <-- ACCESS VIOLATION
    nop ; // <-- INT 01
    ud2 ; // <-- ILLEGAL INSTRUCTION
    nop ; // <-- INT 01
    nop ; // <-- INT 01
    int 03 ; // <-- INT 01
    jmp end_of_line ; // :-- to exit -->
    ;//-[seh handler]- -;
    l1: mov eax, [esp + 04h] ; // *EXCEPTION_RECORD
    l2: mov edx, [esp + 0Ch] ; // EDX -> ContextRecord
    mov eax, [eax]  ; // EXCEPTION CODE
    cmp eax, 0C000001Dh ; // ILLEGAL INSTRUCTION
    jz x2    ; // X-->
    cmp eax, 080000003h ; // INT 03
    jz x1   ; // -- skip 1 byte -->
    cmp eax, 0C0000005h ; // ACCESS VIOLATION
    jnz set_tf_bit  ; // -- don't skip -->
    x2:inc dword ptr [edx+0B8h] ; // Skip one byte
    x1:inc dword ptr [edx+0B8h] ; // Skip one byte
    set_tf_bit:  ; // <--X
    cmp dword ptr [edx + 0B8h], offset end_of_line
    jae end_of_handler ; // dont set TF-bit _outside_ trace-zone
    or dword ptr [edx+0C0h],100h    ; // <---- set TF-bit _inside_ trace-zone
    end_of_handler:xor eax,eax  ; // EXCEPTION_CONTINUE_SEARCH
    inc [count]  ; // EXCEPTION COUNT
    ret ; // end of the handler
    ;//-[exit]-;
    end_of_line:mov fs:[eax],ebx    ; // Restore the old SEH
    sub esp, 8  ; // restore the stack
    popfd   ; // restore the flags
    }
    // Print EXCEPTION COUNT
    count = str[(count>0x10)?0x10:count]; MessageBox(0,&count,"JohoR",MB_OK);
    ExitProcess(0);
}
```



Попытка отладки билда JohoR crackme под Syser'ом. Отладчик в панике, система в ауте, хакер на измене

АЛГОРИТМ

Первые три команды сохраняют указатель на текущую (системную) SEH-запись в регистре EBX и заталкивают в стек флаги процессора, попутно обнуляя EAX. Следующие три команды устанавливают новый SEH-обработчик, находящийся по смещению l1, замыкая SEH-цепочку терминирующим указателем -1 (FFFFFFFFh). Он сигнализирует системе о том, что данный обработчик — последний. Вот такой маленький трюк (почему-то большинство хакеров добавляют свой обработчик к цепочке существующих — хотя передавать им управление все равно не собираются, зачем же тогда усложнять код?).



Результат работы JohoR crackme при запуске без отладчика

Сразу же после установки SEH-обработчика выполняется команда `XOR EAX, [EAX]`, «выбрасывающая» исключение доступа типа ACCESS VIOLATION. Операционная система ловит его и передает управление на метку l1, с кодом `C0000005h`, расположенным в двойном слове по адресу `[ESP + 04h]`. Обработчик видит, что это ACCESS VIOLATION, и, зная, что его вырабатывает инструкция `XOR EAX, [EAX]`, лезет в регистровый контекст. При этом он увеличивает значение EIP на два байта — `sizeof(XOR EAX, [EAX])`, поскольку ACCESS VIOLATION представляет собой fault. Если пояснять, то в момент генерации исключения регистр EIP указывает на начало возбудившей его машинной команды. При выходе из обработчика процессор будет выполнять `XOR EAX, [EAX]` снова и снова, пока мы либо не изменим EAX так, чтобы он указывал на валидную область памяти, либо не увеличим значение EIP, переходя к выполнению следующей машинной команды. Что мы и делаем, попутно увеличивая счетчик вызова исключений (count) на единицу.

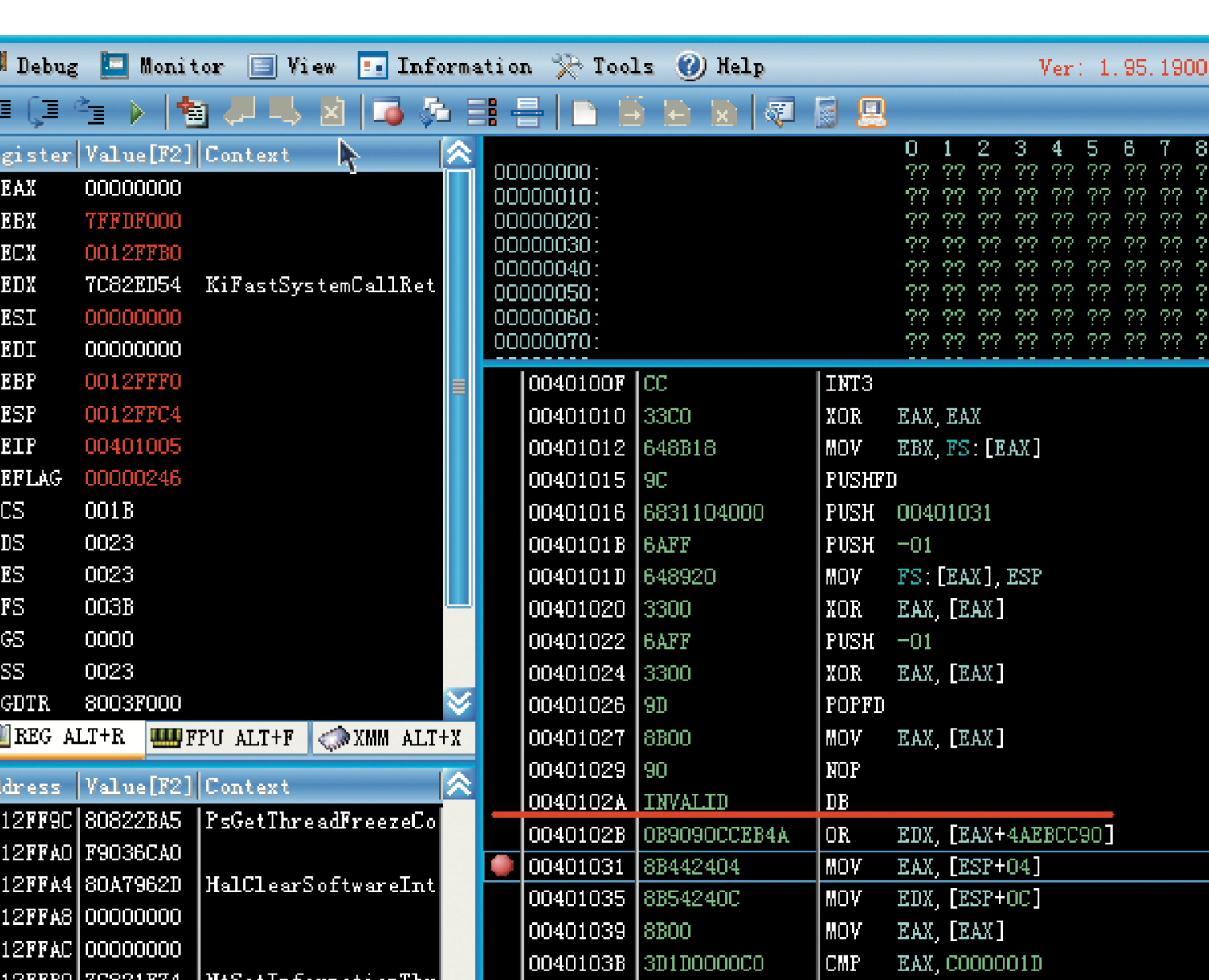
Зачем нам это? При пошаговой трассировке программы, когда взведен TF-бит, операционная система следом за ACCESS VIOLATION генерирует SINGLE STEP. В результате вместо одного исключения мы получаем целых два, и SEH-обработчик под отладчиком вызывается дважды, позволяя программе обнаружить, что ее ломает злобный хакер! Отладчики MS VC, MS WinDbg, Soft-Ice (и ряд других) давят исключение SINGLE STEP, сбрасывая флаг трассировки через контекст, а вот «Ольга» 1.1x об этом не заботится. Ошибка была исправлена только в версии 2.x (все еще находящейся в разработке). Подробнее об этом мыщъх рассказывает в своем блоге (bug in Olly, Windows behavior and Peter Ferrie).

Три следующие машинные команды взводят флаг трассировки. На самом деле флаг трассировки взводится с помощью всего двух команд — `PUSH -1/POPFD`, а `XOR EAX, [EAX]`, расположенная между ними, вставлена для борьбы с одним экспериментальным отладчиком, что «отлавливает» инструкцию POPFD. Если ломаемая программа взводит бит трассировки, отладчик врубает модуль эмуляции, но, если управление на POPFD передается посредством правки регистрового контекста, отладчик этого не просекает. Точнее, раньше не просекал, а сейчас ошибка исправлена.

POPFD выталкивает -1 (`FFFFFFFFh`) из стека, устанавливая процессорные флаги в единицу. Конечно, далеко не все флаги, а только те, которые позволено модифицировать прикладной программе. О чем, кстати говоря, «догадывается» далеко не каждый эмулирующий отладчик, а потому значение `EFLAGS` под «живым» процессором и, например, x86emu сильно отличаются. Но x86emu, в общем-то, и не подряжался эмулировать все флаги процессора. В принципе, здесь можно вставить проверку — если `EFLAGS` не равняется `00244ED7h`, то одно из двух: либо нас ломают на эмуляторе, либо это какой-то очень левый процессор. Впрочем, поскольку достойных эмулирующих отладчиков под x86 все равно нет, подобная проверка лишена смысла.

Но не будем отвлекаться. Флаг трассировки успешно взведен, и по завершении команды, следующей за POPFD, процессор генерирует пошаговое исключение. А этой командой является наша старая знакомая `XOR EAX, [EAX]`, «выбрасывающая» ACCESS VIOLATION, что предшествует пошаговому исключению. В данном случае система генерирует два вполне законных исключения. Вот только большинство отладчиков ошибочно принимают исключение, сгенерированное программой, за свое собственное и давят его. В результате чего SEH-обработчик вызывается на один раз меньше. «Ольга» 1.1x эту ситуацию обрабатывает вполне правильно (точнее, никак не обрабатывает, тупо передавая все исключения программе), а вот исправленная «Ольга» 2.x путается в исключениях и «давит» лишнее (с ее точки зрения) пошаговое исключение. Другими словами, под «Ольгой» 1.1x SEH-обработчик вызывается на один раз больше, чем под «живым» процессором (с учетом первой команды `MOV EAX, [EAX]`), а под «Ольгой» 2.x — на один раз меньше. Красота! И какую же версию нам выбирать? Что касается Soft-Ice (и некоторых других отладчиков), он «кушает» все пошаговые исключения, генерируемые отлаживаемой программой, обламывая самотрассировку. Потому SEH-обработчик вызывается только на `MOV EAX, [EAX]` — как следствие, счетчик вызовов count оказывается намного меньше, чем ожидает защита, сразу же понимающая, с кем она имеет дело.

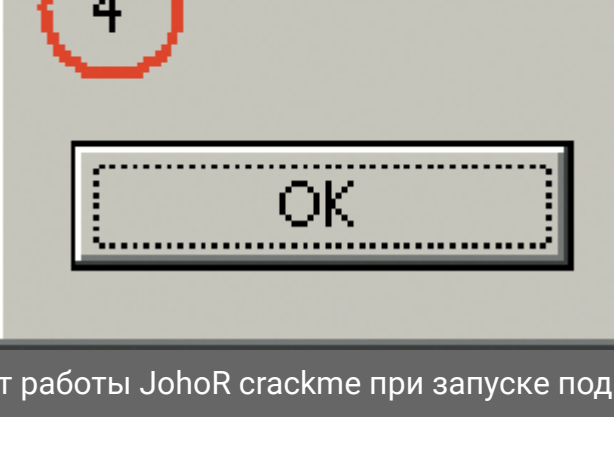
Команда NOP «честно» генерирует пошаговое исключение (ведь бит трассировки взведен!), но Soft-Ice его поглощает. Остальные отладчики (типа «Ольги» и IDA-Pro) хотя бы можно настроить на отдачу пошаговых исключений ломаемой программе. Причем IDA-Pro 5.2 предложит сделать это автоматически, в то время как «Ольга» требует ручной настройки (вкладка Exceptions в опциях отладчика).



Реакция Syser'а на машинную команду UD2

Инструкция UD2 генерирует исключение типа ILLEGAL INSTRUCTION, перехватываемое Soft-Ice и не отдаваемое отлаживаемой программой вплоть до отдачи команды faults off. Syser такой команды вообще не знает, обзывая ее как DB («объявить байт») и неверно дизассемблируя весь последующий код (что не покажется удивительным, если вспомнить, что UD2 — двухбайтовая команда).

Пара последующих NOP'ов не делает ничего, кроме генерации пошагового исключения, особенность обработки которого мы обсуждали двумя абзацами выше. Так зачем же тогда они нужны? Подсказка — разные отладчики имеют разные баги, «съедая» различное количество исключений. Правильно! Данный crackme определяет тип отладчика по значению count, уникальность которого обеспечивается соотношением команд, генерирующих свои собственные исключения, к общему количеству трассируемых инструкций. Если убрать NOP'ы, crackme продолжит детектить активную отладку, но уже не сможет определить, какой именно отладчик используется хакером.

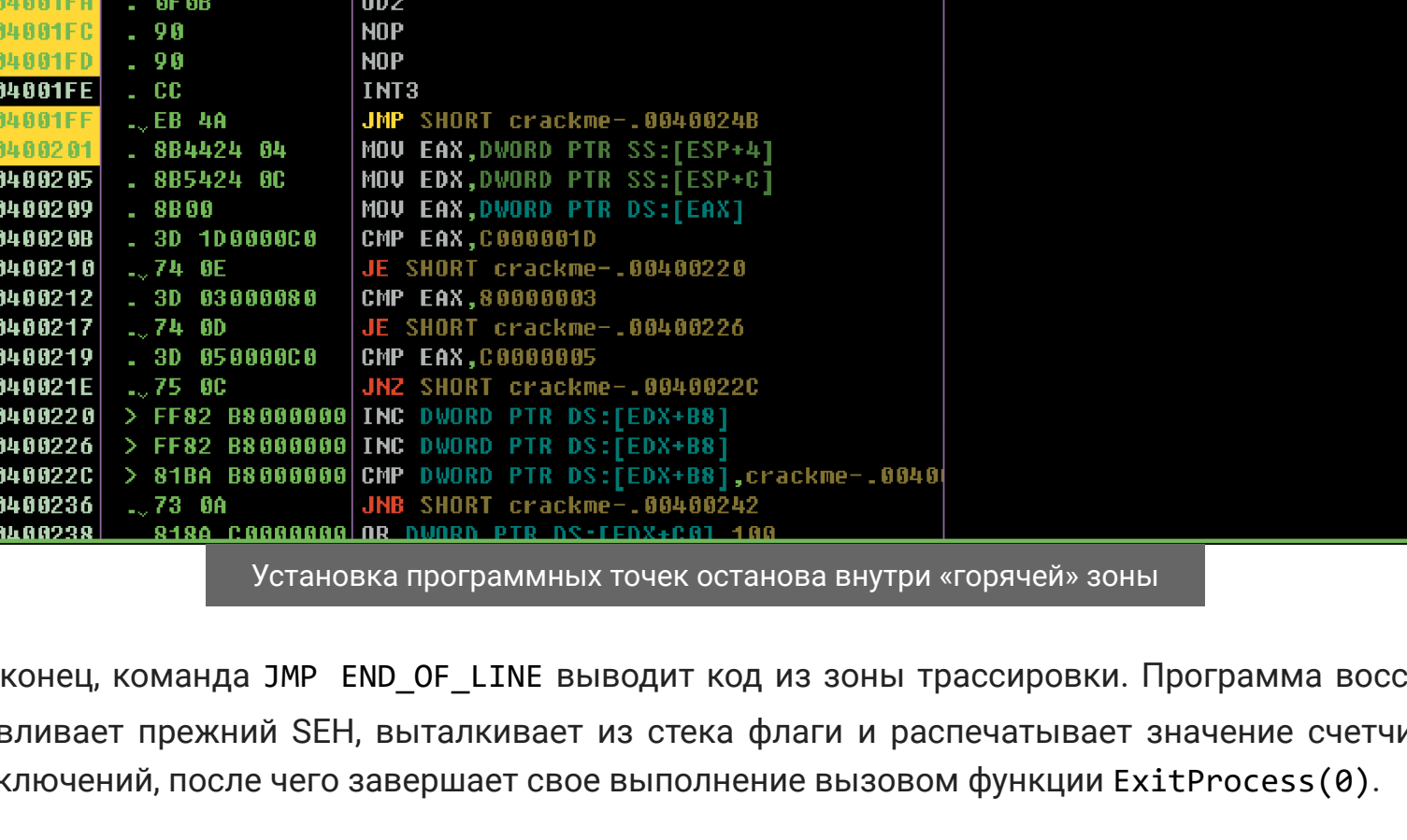


Результат работы JohoR crackme при запуске под IDA-Pro 4.7

Команда `INT 03h` также вставлена неспроста. Если даже настроить отладчик на отдачу `INT 03h` ломаемой программе, наличие `INT 03h` существенно затрудняет отладку. Если бы INT 03h не было, то, чтобы быстро выбраться из глубин системного обработчика исключений назад к ломаемой программе, достаточно было бы покрыть трассируемый блок программными точками останова (в «Ольге» для этого нужно на каждой команде нажать F2). Программные точки останова представляют собой однобайтовую инструкцию CCh, легко обнаруживаемую подсчетом контрольной суммы и «разваливающую» самомодифицирующий код. Впрочем, ни того, ни другого в crackme нет, а есть только `INT 03h`. Чисто теоретически отладчик может (и должен) отличать свои собственные `INT 03h` от чужих, отдавая программе только те исключения, которые она сама же и сгенерировала. Но на практике отладчики путаются. «Ольга», настроенная на отдачу INT 03h ломаемой программе, при установке программной точки останова поверх `INT 03h` циклится, вынуждая хакера применять аппаратные точки останова (которых всего четыре) или точки останова на регион памяти, реализованные через подмену атрибутов страниц, что также легко обнаруживается.

Кстати, с точки зрения процессора, `INT 03h` генерирует trap, а не fault. То есть регистр EIP в момент генерации исключения смотрит на команду, следующую за `INT 03h`, которой в нашем случае является двухбайтовая инструкция `JMP END_OF_LINE`. В чем же подвох? А в том, что SEH-обработчик отлавливает BREAKPOINT-исключение (соответствующее коду `080000003h`) и увеличивает значение EIP на единицу. Неужели управление передается в середину инструкции `JMP END_OF_LINE`? Какой хитрый прием против дизассемблера! Гм, вот только непонятно… первый байт опкода JMP SHORT равен EBh, второй представляет относительное смещение целевого перехода. И чтобы оно соответствовало осмысленной машинной инструкции, необходимо, чтобы метка `END_OF_LINE` располагалась на определенном смещении от команды JMP. А в crackme между ними расположен SEH-обработчик. Выходит, если его изменить, то crackme сразу перестанет работать? Такая хитрая защита исходных текстов от изменения!

И чего только со страху не покажется. Да, в руководствах от Intel черным по белому написано, что BREAKPOINT — это trap, а не fault. Вот только SEH-обработчик вызывается не процессором, а операционной системой. Той, что написана компанией Microsoft. А Microsoft Way умом не понять. Ну чем можно объяснить, что она подменяет процессорный контекст, умышленно уменьшая EIP на единицу? Парни из Microsoft впопыхах забыли, что BREAKPOINT может генерироваться как опкодом CCh, так и CDh 03h, а потому если внедрить CDh 03h в программу и никак ее не обрабатывать, то после выхода из исключения регистр EIP будет смотреть на опкод 03h, соответствующий команде ADD чего-то там. Допустим, за `CDh 03h` следует CCh (еще один INT 03h, только слегка другой). Тогда процессор выполнит опкод `03h CCh` — `ADD ECX, ESP`. Вот и попробуй догадаться об этом при дизассемблировании!



Установка программных точек останова внутри «горячей» зоны

Наконец, команда `JMP END_OF_LINE` выводит код из зоны трассировки. Программа восстанавливает прежний SEH, выталкивает из стека флаги и распечатывает значение счетчика исключений, после чего завершает свое выполнение вызовом функции `ExitProcess(0)`.

СЧАСТЛИВЫЙ ФИНАЛ

Так как же все-таки ломают эти программы? И какими отладчиками? В случае статического кода (к которому относится мой crackme) проблема решается установкой точки останова за пределами «горячей» зоны, где происходит выброс исключений, с прогоном их на живом процессоре (без пошаговой трассировки). Если же нам жизненно необходимо подсмотреть значение некоторых регистров или ячеек памяти внутри «горячей» зоны — на них устанавливается аппаратная точка останова.

Динамический код (упакованный, зашифрованный, самомодифицирующийся) заломать намного сложнее, поскольку нам реально необходимо прогнать его через пошаговый трассировщик, с которым и борется защита. Заметим, весьма эффективно борется. BOCHS (бесплатная виртуальная машина со встроенным отладчиком) — единственный разумный выбор, но сколько грузится на нем Windows, лучше не говорить.