«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Институт компьютерных наук и технологий

Высшая школа киберфизических систем и управления

Разработка и применение методов защиты программы от отладчика

Направление 27.03.04 – Управление в технических системах

Профиль 27.03.04 _05 – Интеллектуальные системы обработки информации и управления

Выполнил

студент гр. 3532704/90501
Шкалин Кирилл Павлович

Научный руководитель

доцент ВШ КФСУ
Сальников Вячеслав Юрьевич

Цель и задачи

Цель работы:

разработка метода обеспечения защиты программы от взлома отладчиком. Метод должен как обеспечивать обнаружение факта изменения кода программы отладчиком, так и препятствовать самому процессу отладки

Задачи:

1) Изучить принцип действия отладчика;
2) Рассмотреть известные методы защиты от отладчика;
3) Разработать алгоритм защиты от отладчика;
4) Реализовать полученный алгоритм, обеспечив при этом достаточный уровень скрытности;
5) Провести тестирование полученной системы защиты.

Рассмотренные методы:

1. Замер времени выполнения;
2. Возможности предоставляемые ОС;
3. Поиск отладчика среди запущенных в системе процессов;
4. Подсчет контрольной суммы критической секции.

POLYTECH

Алгоритм работы отладчика

```
CreateProcess("FileName.exe", ..., DEBUG_PROCESS, ...);
for (;;) {
    WaitForDebugEvent(&dbgEv, INFINITE);
    switch(dbgEv.dwDebugEventCode)
    {
    case EXCEPTION_DEBUG_EVENT:
    ...
    }
    ContinueDebugEvent( dbgEv.dwProcessId,
                        dbgEv.dwThreadId,
                        dwContinueStatus  );
}
```

Общая схема работы отладчика

Возможности предоставляемые отладчиком

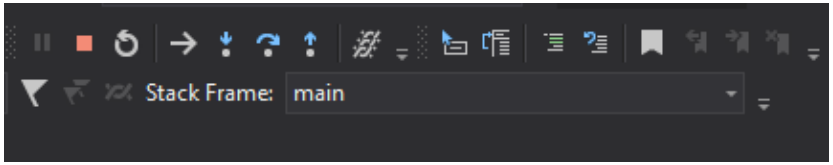
- Точка останова

```
5    int testInt = 3;
6
7    for (int i = 0; i < 10; ++i) {
8        testInt += i;
9    }
10
```

Точка останова — место в коде программы, дойдя до которого, процессор должен прервать выполнение программы и передать управление отладчику.

Чтобы поставить точку останова отладчик должен заменить один байт в коде программы на инструкцию с кодом **`0xCC`.**

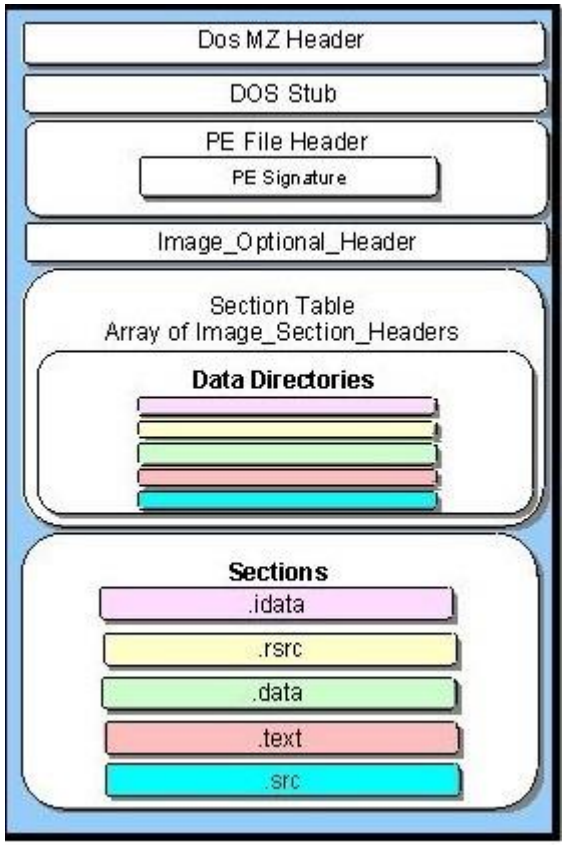
- Трассирование



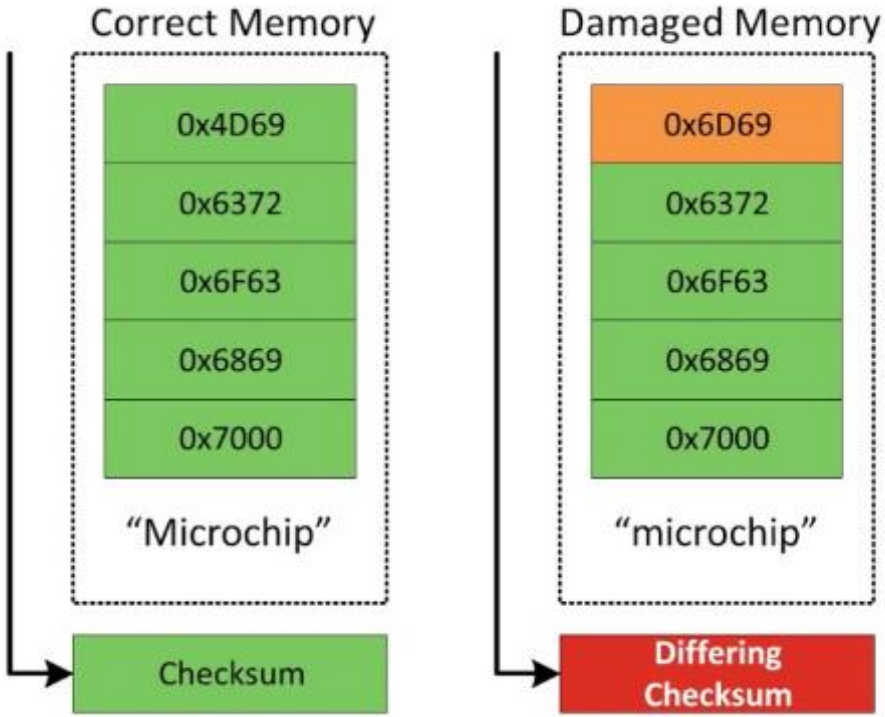
Трассировка — последовательное выполнение программы, при котором после каждой инструкции управление передается отладчику. В этом режиме программист может детально отследить изменения значений всех параметров процесса. Обеспечение режима пошагового выполнения программы предусмотрено на аппаратном уровне.

Данные необходимые для организации защиты

PE-формат – формат исполняемых файлов, используемый в 32- и 64-разрядных версиях ОС Windows



Циклический избыточный код (англ. Cyclic redundancy check, CRC) — алгоритм нахождения контрольной суммы, предназначенный для проверки целостности данных.



POLYTECH

Проблема вызванная ASLR

ASLR (address space load randomization) – это метод компьютерной безопасности, предназначенный для предотвращения использования уязвимостей, связанных с повреждением памяти. ASLR случайным образом упорядочивает позиции адресного пространства ключевых областей данных процесса, включая базовый адрес загрузки, позиции стека, кучи и загружаемых библиотек.

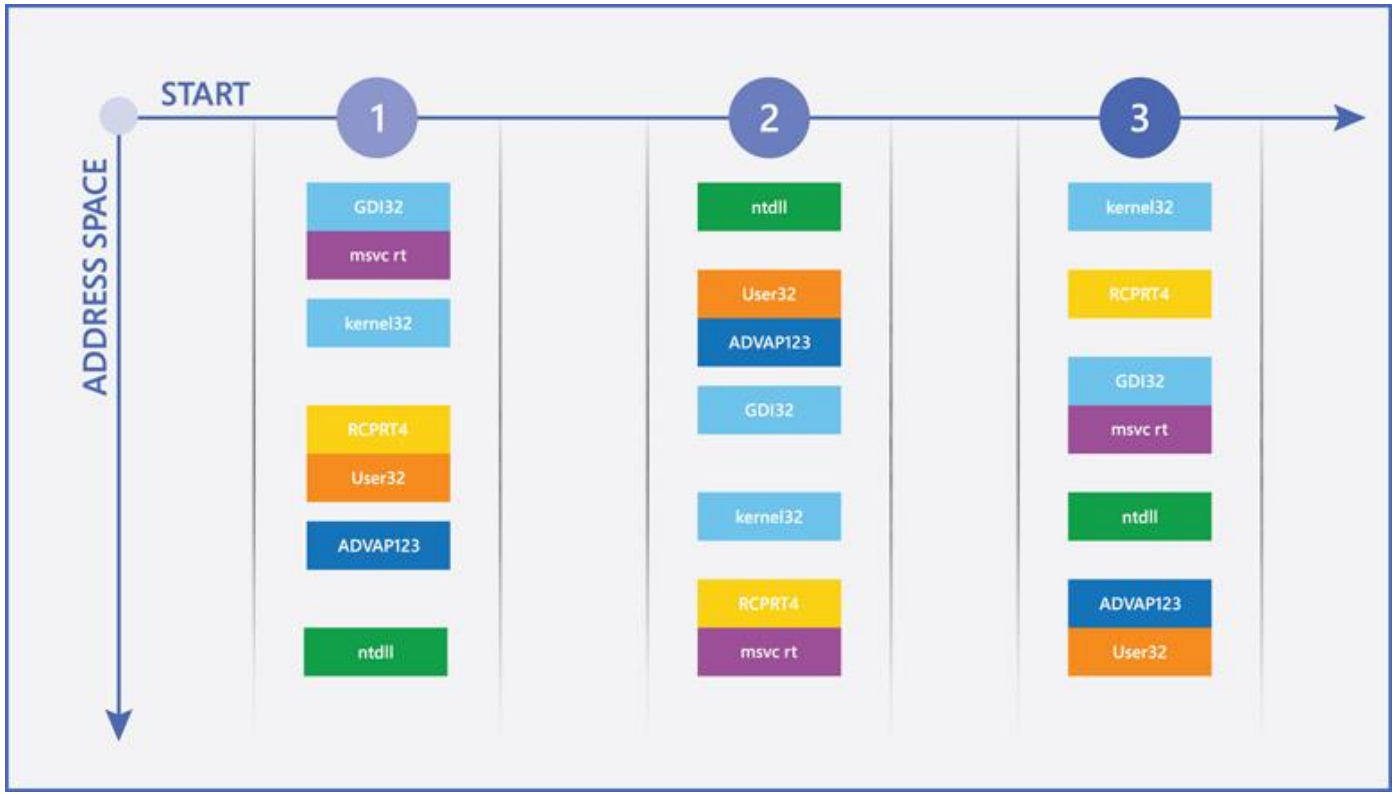


Таблица базовых релокаций

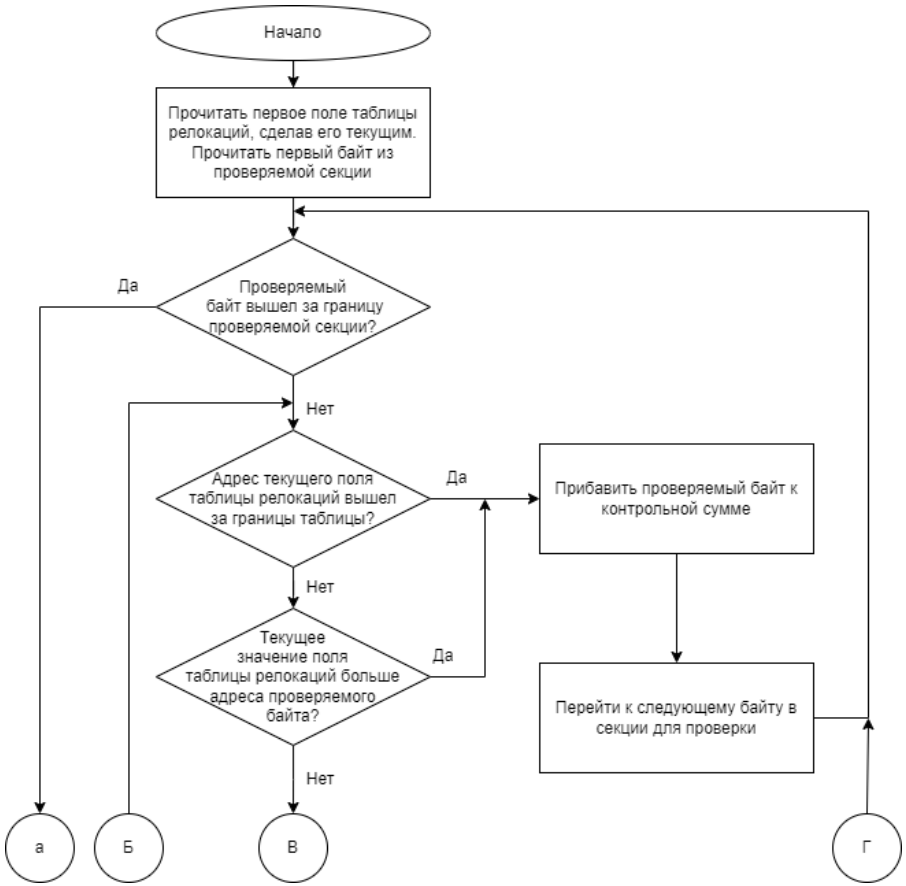
Структура блока исправлений:

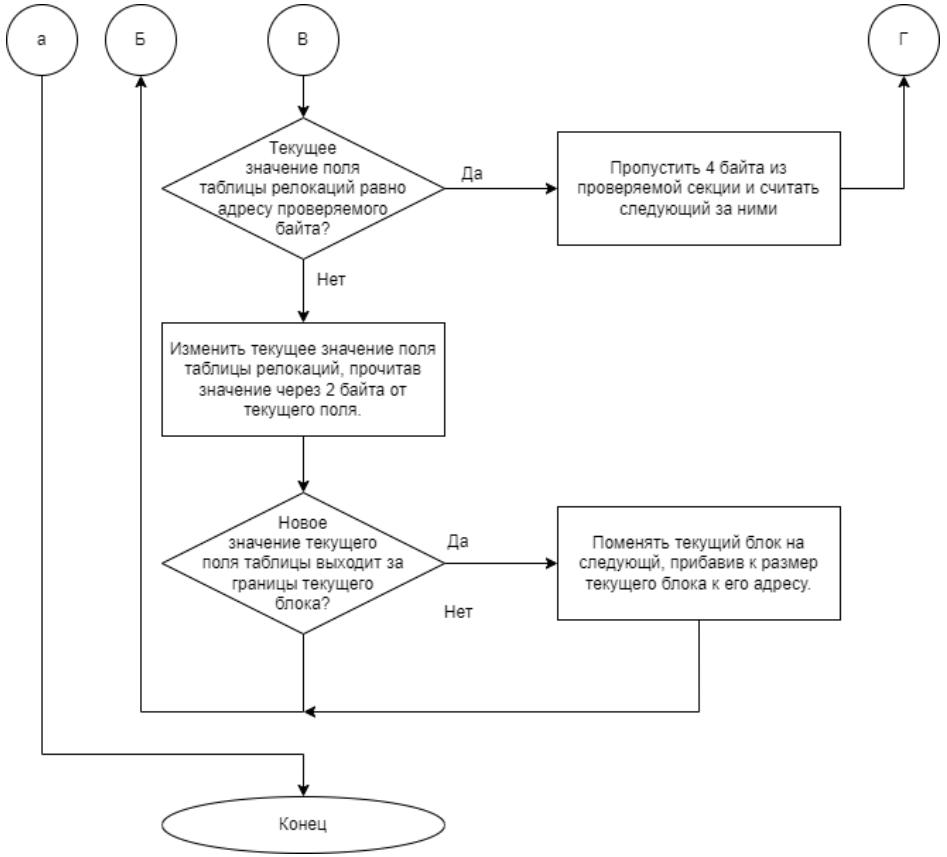
Смещение	Размер	Поле	Значение
0	4	Относительный виртуальный адрес страницы	Базовый адрес загрузки и относительный виртуальный адрес страницы прибавляется к каждому смещению в таблице, чтобы получить виртуальный адрес по которому необходимо провести исправление
4	4	Размер блока исправлений	Общее количество байтов, занимаемых блоком исправлений, включая эту структуру.

Структура поля таблицы базовых релокаций:

Смещение	Размер	Поле	Значение
0	4 бита	Тип	Значение, размещенное в старших четырех битах слова, указывает на тип исправления. Всего типов исправлений может быть 16. Каждый тип указывает, как провести коррекцию значения в памяти.
0	12 бита	Смещение	Значение, размещенное в младших двенадцати битах слова, указывает смещение относительно относительного виртуального адреса страницы. Это смещение указывает место, где необходимо произвести коррекцию.

Алгоритм нахождения контрольной суммы





POLYTECH

Реализация алгоритма

Листинг макроса для нахождения контрольной суммы

```
#define GET_CRC(reg_A, reg_B, reg_C, reg_D, reg_SI, reg_DI, out_var) __asm \
{ \
    __asm mov e##reg_A##x, hInst /* base load address in eax ## */\
    __asm mov e##reg_B##x, e##reg_A##x\
    __asm add e##reg_B##x, 60 /* sixty is e_lfanew offset */\
    __asm mov e##reg_B##x, [e##reg_B##x] /* e_lfanew value is in ebx*/\
    __asm add e##reg_A##x, e##reg_B##x /* pe header is in eax */\
    __asm xor e##reg_C##x, e##reg_C##x \
    __asm xor e##reg_SI, e##reg_SI \
    __asm mov reg_C##x, [e##reg_A##x + 6] /* number of sections is in ecx */\
    __asm mov reg_SI, [e##reg_A##x + 20] /* Size of optional header is in esi */\
    __asm add e##reg_A##x, 24 /* Optional pe header is in eax */\
    __asm mov e##reg_B##x, e##reg_A##x \
    __asm add e##reg_B##x, 96 /* DataDirectory is in ebx */\
    __asm add e##reg_B##x, 5 * 8 /* Base relocation table field is in ebx */\
    __asm push[e##reg_B##x] /* Add reloc rva in stack */\
    __asm push[e##reg_B##x + 4] /* Add reloc size in stack */\
    __asm add e##reg_A##x, e##reg_SI /* Start of section table in eax */\
    __asm mov e##reg_SI, 1 \
    __asm mov e##reg_D##x, e##reg_A##x \
}\
sections_loop: \
__asm {\
    __asm mov e##reg_B##x, [e##reg_D##x + 36] /* Characteristics of section is in ebx
    */\
    __asm and e##reg_B##x, 0x20 /* if ebx is not zero, then the section is being
   executed */\
    __asm jnz section_found  \
    __asm add e##reg_D##x, 40 /* in edx next section table */\
    __asm inc e##reg_SI /* in esi number off current section */\
    __asm cmp e##reg_SI, e##reg_C##x /* if esi and ecx are equal, then there isn't
   code section */\
    __asm je no_section \
    __asm jmp sections_loop \
}\
section_found: \
__asm {\
    /* In edx code section table /* */\
    __asm push [e##reg_D##x + 12] /* Add code section rva in stack */\
    __asm push [e##reg_D##x + 8] /* Add code section rva in stack */\
    /*============= Main algorithm =============*/\
    __asm mov e##reg_DI, [esp + 12] /* reloc rva is in edi */\
    __asm add e##reg_DI, hInst /* reloc address is in edi. So edi conatains current
   reloc block */\
    __asm mov e##reg_SI, e##reg_DI /* esi contains current block */\
    __asm add e##reg_SI, 8 /* esi contains current rf */\
    __asm xor e##reg_C##x, e##reg_C##x /* In ecx will be iterator for main loop */\
    __asm xor e##reg_D##x, e##reg_D##x /* In edx will be checksum */\
}\
main_loop: \
__asm {\
    __asm cmp e##reg_C##x, [esp] /* Check is iterator less than code section size */\
    __asm jge main_loop_end \
}\
find_reloc_loop: \
__asm{ \
    /* Check is current rf in relocation table */\
      __asm mov e##reg_B##x, [esp + 12] /* Reloc section rva in edx */\
      __asm add e##reg_B##x, [esp + 8] /* rva of end address reloc table is in edx */
   \
      __asm add e##reg_B##x, hInst /* end address reloc table is in edx */\
      __asm cmp e##reg_SI, e##reg_B##x \
      __asm jge end_reloc_loop \
    /* Check equals current rf checked byte */\
      __asm mov reg_A##x, [e##reg_SI] /* Place 2 bytes reloc in eax */\
      __asm and e##reg_A##x, 0xFFF /* Remove type of relocation */\
      __asm add e##reg_A##x, [e##reg_DI] /* Add section rva to value from reloc field
   . Reloc address is in eax */\
      __asm mov e##reg_B##x, [esp + 4] /* code section rva in ebx */\
      __asm add e##reg_B##x, e##reg_C##x /* Current checked byte rva in ebx */\
      __asm cmp e##reg_A##x, e##reg_B##x /* Compare checked byte and current
   relocation */\
      __asm jg  checked_is_not_in_reloc \
      __asm je  checked_in_reloc \
    /* Check is current rf in current block */\
      __asm mov e##reg_B##x, e##reg_DI /* reloc block is in edx */\
      __asm add e##reg_B##x, [e##reg_B##x + 4] /* end address of relocation block is
   in edx */\
      __asm cmp e##reg_SI, e##reg_B##x /* compare current rf with end address of
   relocation block */\
      __asm jl in_old_block \
      __asm add e##reg_DI, [e##reg_DI + 4] /* Switch to next reloc block */\
      __asm lea e##reg_SI, [e##reg_DI + 6] /* Current rf in new block */\
}\
in_old_block: \
__asm{ \
      __asm add e##reg_SI, 2 /* Next rf */\
      __asm jmp find_reloc_loop \
}\
checked_is_not_in_reloc: \
__asm{ \
      __asm xor e##reg_A##x, e##reg_A##x /* if checked byte isn't in reloc, then eax
   contains 0 */\
      __asm jmp end_reloc_loop \
}\
checked_in_reloc: \
__asm{ \
      __asm mov e##reg_A##x, 1 /* if checked byte is in reloc, then eax contains 1 */
   \
      __asm jmp end_reloc_loop /* TODO delete this instruction */\
}\
end_reloc_loop: \
__asm{ \
    __asm test e##reg_A##x, e##reg_A##x  \
    __asm jnz skip_byte \
    __asm mov e##reg_B##x, hInst /* Place hInst in
    __asm add e##reg_B##x, [esp + 4] /* Add code se
    __asm add e##reg_B##x, e##reg_C##x /* Add itera
   address of checked byte */\
    __asm xor e##reg_A##x, e##reg_A##x \
    __asm mov reg_A##l, byte ptr [e##reg_B##x] /* I
   code section for adding in crc */\
    __asm add e##reg_D##x, e##reg_A##x /* Add value
    __asm inc e##reg_C##x /* Increment iterator */\
    __asm jmp main_loop \
}\
skip_byte: \
__asm{ \
    __asm add e##reg_C##x, 4 \
    __asm jmp main_loop \
}\
main_loop_end: \
__asm{ \
    __asm mov out_var, e##reg_D##x \
    __asm add esp, 2*4 \
}\
no_section: \
__asm{ \
    __asm add esp, 2*4 /* clear stack */\
}
```

Модули для работы с секциями PE-файла

В ходе работы были реализованы модули, обеспечивающие нахождение контрольной суммы различных секций программ, загруженных в память и расположенных на диске.

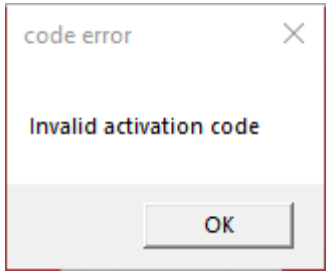
Пример использования реализованных классов

```cpp
#include <iostream>
#include "CRC_exe.h"
#include "CRC_image.h"

static volatile uint32_t CRC = 0x4C52454B;

int main(int argc, char *argv[])
{
    std::string path(argv[0]);
    CRC_exe finder;
    CRC_image image_finder;
    finder.read_file(path);
    uint32_t crc = finder.get_sections_CRC(IMAGE_SCN_CNT_CODE);
    uint32_t crc_in_loaded = image_finder.get_sections_CRC(IMAGE_SCN_CNT_CODE);
    std::cout << "This exe contains key: " << std::boolalpha << finder.any_key(CRC) << std::endl;
    finder.replace_all_key(CRC, crc);
    finder.write_file(std::string("Cracked") + argv[0]);
    printf("CRC in file: %08X\n", crc);
    printf("CRC in memory: %08X\n", crc_in_loaded);
    // ...
}
```

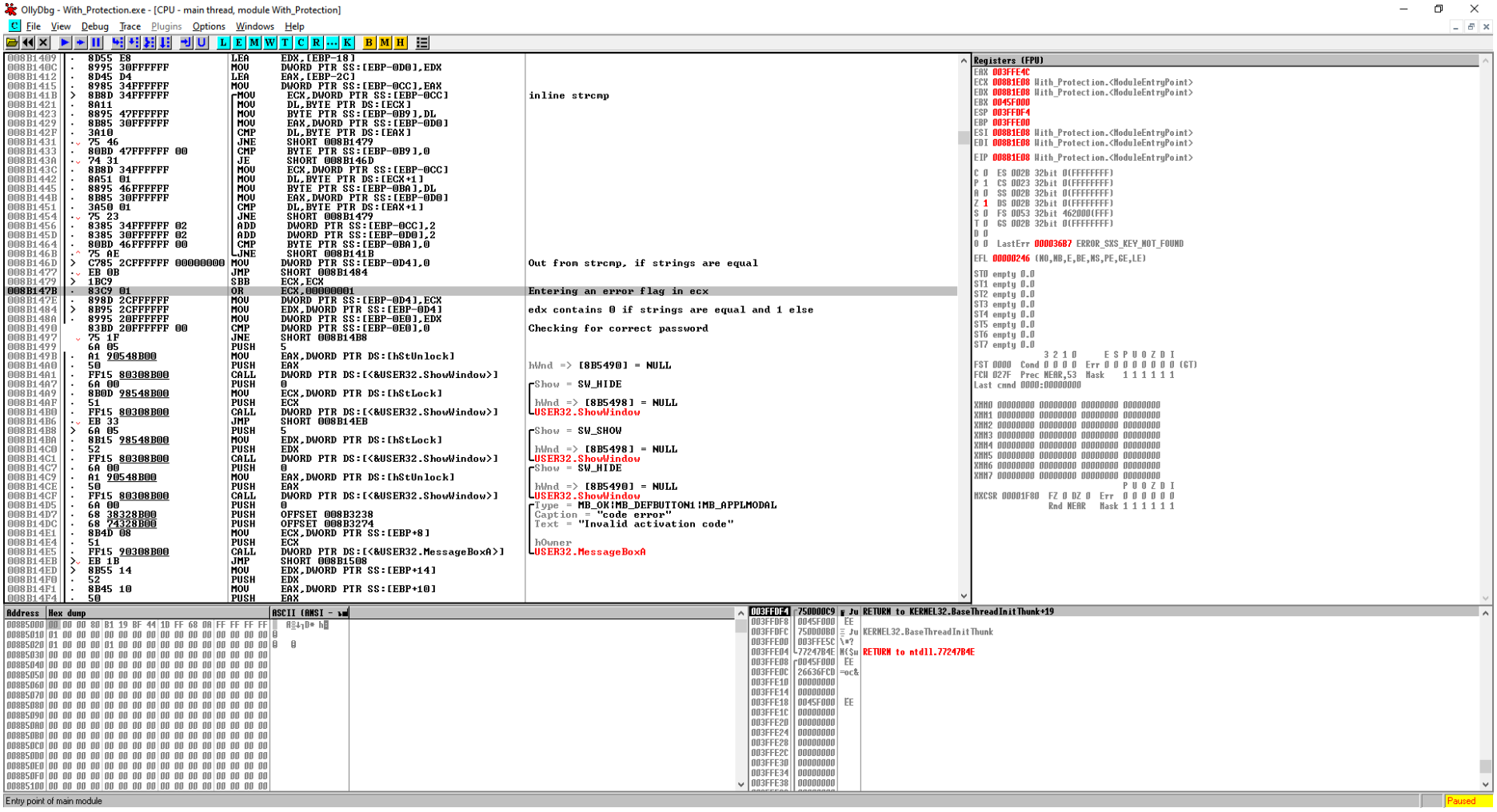
```
Microsoft Visual Studio Debug Console
This exe contains key: true
CRC in file: 001D2EAF
CRC in memory: 001D2EAF

H:\work\C++\CRC_class\Release\CRC_class.exe (process 13952) exited with code 0.
To automatically close the console when debugging stops, enable Tools->Options->Debugging->Automatically close the console when debugging stops.
Press any key to close this window . . .
```

Демонстрационная программа

Для проведения тестов была написана демонстрационная программа на языке C с использованием только WinAPI. В случае, если введенный пользователем ключ не совпадает с тем, который сгенерировала программа, выводится окно сообщения, уведомляющее пользователя о неудаче.

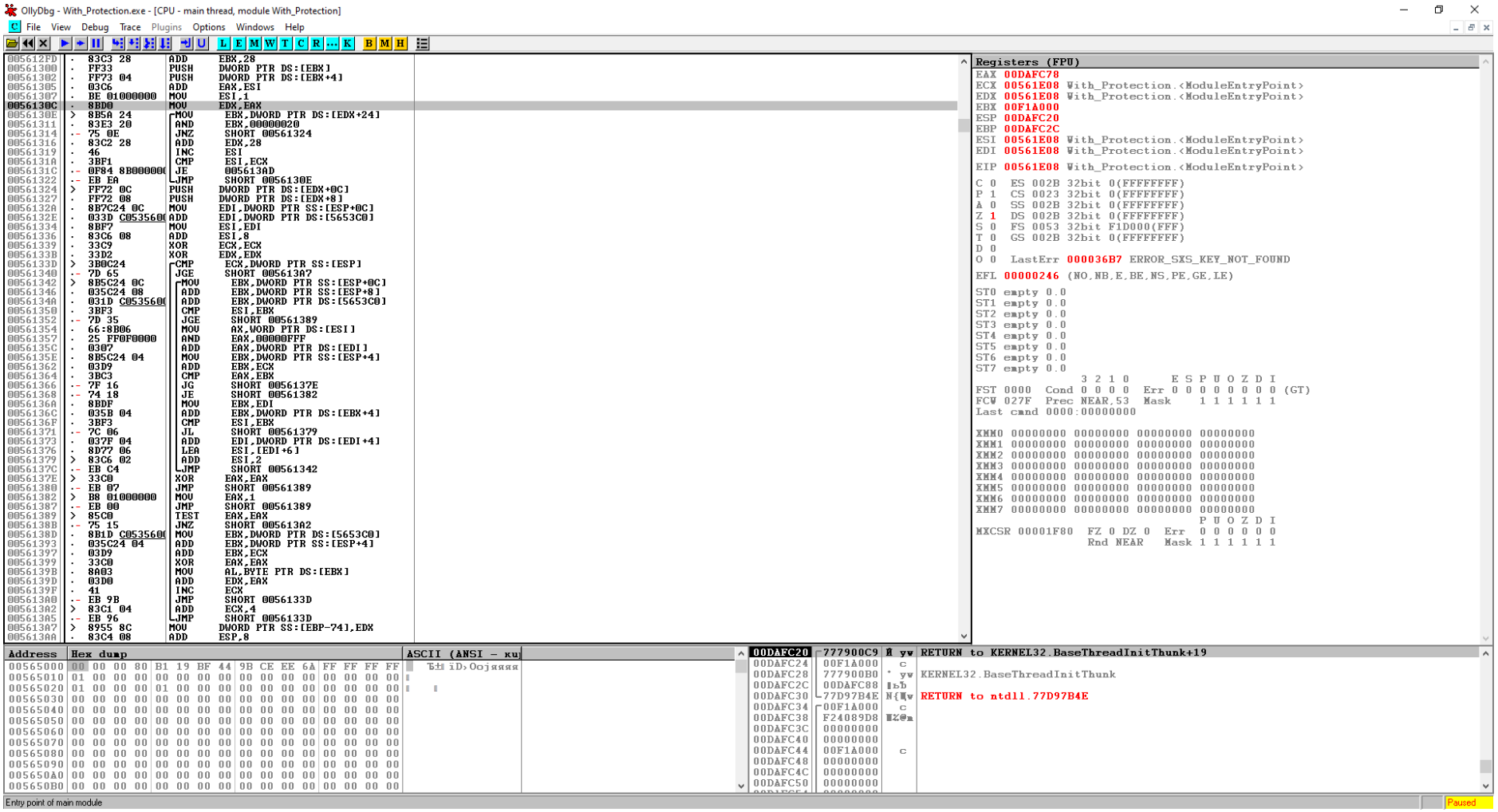


Взлом демонстрационной программы



Окно отладчика OllyDBG с загруженной демонстрационной программой

Код защиты

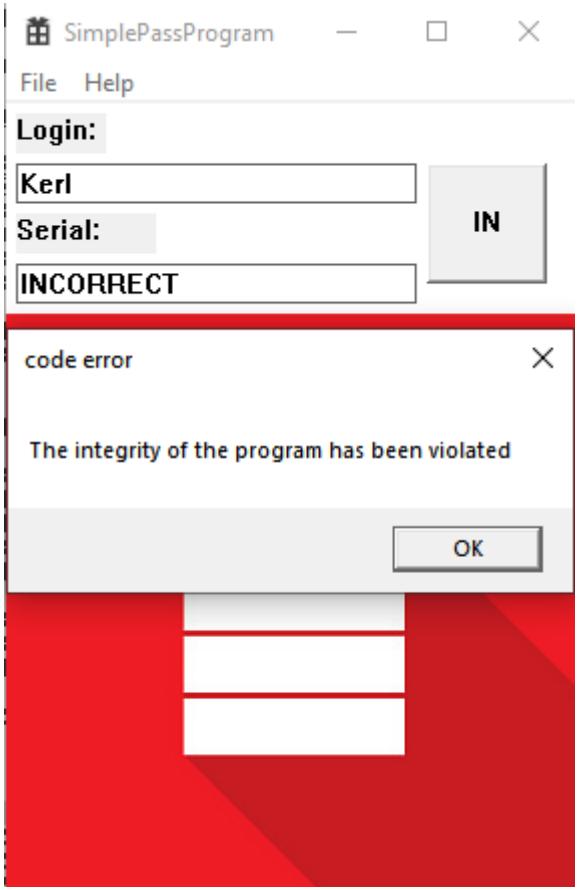


Окно отладчика OllyDBG, в котором открыт участок с кодом защиты

Сравнение работы программы с защитой и без

Программа без защиты

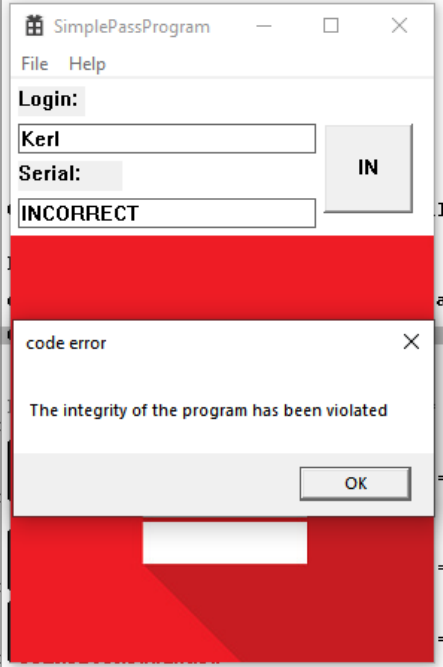
Программа с защитой



POLYTECH

Детектирование точки останова

```
008B1409  .  8D55 E8        LEA      EDX,[EBP-18]
008B140C  .  8995 30FFFFFF  MOV      DWORD PTR SS:[EBP-0D0],EDX
008B1412  .  8D45 D4        LEA      EAX,[EBP-2C]
008B1415  .  8985 34FFFFFF  MOV      DWORD PTR SS:[EBP-0CC],EAX
008B141B  >  8B8D 34FFFFFF  MOV      ECX,DWORD PTR SS:[EBP-0CC]     inline strcmp
008B1421  .  8A11           MOV      DL,BYTE PTR DS:[ECX]
008B1423  .  8895 47FFFFFF  MOV      BYTE PTR SS:[EBP-0B9],DL
008B1429  .  8B85 30FFFFFF  MOV      EAX,DWORD PTR SS:[EBP-0D0]
008B142F  .  3A10           CMP      DL,BYTE PTR DS:[EAX]
008B1431  .  75 46          JNE      SHORT 008B1479
008B1433  .  80BD 47FFFFFF  CMP      BYTE PTR SS:[EBP-0B9],0
008B143A  .  74 31          JE       SHORT 008B146D
008B143C  .  8B8D 34FFFFFF  MOV      ECX,DWORD PTR SS:[EBP-0CC]
008B1442  .  8A51 01        MOV      DL,BYTE PTR DS:[ECX+1]
008B1445  .  8895 46FFFFFF  MOV      BYTE PTR SS:[EBP-0BA],DL
008B144B  .  8B85 30FFFFFF  MOV      EAX,DWORD PTR SS:[EBP-0D0]
008B1451  .  3A50 01        CMP      DL,BYTE PTR DS:[EAX+1]
008B1454  .  75 23          JNE      SHORT 008B1479
008B1456  .  8385 34FFFFFF  ADD      DWORD PTR SS:[EBP-0CC],2
008B145D  .  8385 30FFFFFF  ADD      DWORD PTR SS:[EBP-0D0],2
008B1464  .  80BD 46FFFFFF  CMP      BYTE PTR SS:[EBP-0BA],0
008B146B  .  75 AE          JNE      SHORT 008B141B
008B146D  >  C785 2CFFFFFF  MOV      DWORD PTR SS:[EBP-0D4],0
008B1477  .  EB 0B          JMP      SHORT 008B1484
008B1479  >  1BC9           SBB      ECX,ECX
008B147B     83C9 01        OR       ECX,00000001
008B147E  .  898D 2CFFFFFF  MOV      DWORD PTR SS:[EBP-0D4],ECX
008B1484  >  8B95 2CFFFFFF  MOV      EDX,DWORD PTR SS:[EBP-0D4]
008B148A  .  8995 20FFFFFF  MOV      DWORD PTR SS:[EBP-0E0],EDX
008B1490     83BD 20FFFFFF  CMP      DWORD PTR SS:[EBP-0E0],0
008B1497     75 1F          JNE      SHORT 008B14B8
008B1499     6A 05          PUSH     5
008B149B  .  A1 90548B00    MOV      EAX,DWORD PTR DS:[hStUnlock]
008B14A0  .  50             PUSH     EAX
008B14A1  .  FF15 80308B00  CALL     DWORD PTR DS:[<&USER32.ShowWindo
008B14A7  .  6A 00          PUSH     0
008B14A9  .  8B0D 98548B00  MOV      ECX,DWORD PTR DS:[hStLock]
008B14AF  .  51             PUSH     ECX
008B14B0  .  FF15 80308B00  CALL     DWORD PTR DS:[<&USER32.ShowWindo
008B14B6  .  EB 33          JMP      SHORT 008B14EB
008B14B8  >  6A 05          PUSH     5
008B14BA  .  8B15 98548B00  MOV      EDX,DWORD PTR DS:[hStLock]
008B14C0  .  52             PUSH     EDX
008B14C1  .  FF15 80308B00  CALL     DWORD PTR DS:[<&USER32.ShowWindo
008B14C7  .  6A 00          PUSH     0
008B14C9  .  A1 90548B00    MOV      EAX,DWORD PTR DS:[hStUnlock]
008B14CE  .  50             PUSH     EAX
008B14CF  .  FF15 80308B00  CALL     DWORD PTR DS:[<&USER32.ShowWindo
008B14D5  .  6A 00          PUSH     0
008B14D7  .  68 38328B00    PUSH     OFFSET 008B3238
008B14DC  .  68 74328B00    PUSH     OFFSET 008B3274
008B14E1  .  8B4D 08        MOV      ECX,DWORD PTR SS:[EBP+8]
008B14E4  .  51             PUSH     ECX
008B14E5  .  FF15 90308B00  CALL     DWORD PTR DS:[<&USER32.MessageBo
008B14EB  >  EB 1B          JMP      SHORT 008B1508
008B14ED  >  8B55 14        MOV      EDX,DWORD PTR SS:[EBP+14]
008B14F0  .  52             PUSH     EDX
008B14F1  .  8B45 10        MOV      EAX,DWORD PTR SS:[EBP+10]
008B14F4  .  50             PUSH     EAX
```




```
Type = MB_OK|MB_DEFBUTTON1|MB_APPLMODAL
Caption = "code error"
Text = "Invalid activation code"

hOwner
USER32.MessageBoxA
```

Отлаживаемый процесс обнаружил установленную точки останова

POLYTECH

Выводы

В рамках ВКР был разработан метод защиты программного обеспечения от отладчика.

В ходе выполнения были выполнены следующие задачи:

1) Изучен принцип работы отладчика;
2) Разработан алгоритм защиты от отладчика, основанный на проверке контрольной суммы;
3) Полученный алгоритм реализован на языке ассемблера с достаточным уровнем скрытности;
4) Написаны программные модули на языке C++ для работы с секциями PE-файла;
5) Полученная система защиты была протестирована.

Результаты тестирования показали, что разработанный метод обеспечивает защиту на достойном уровне