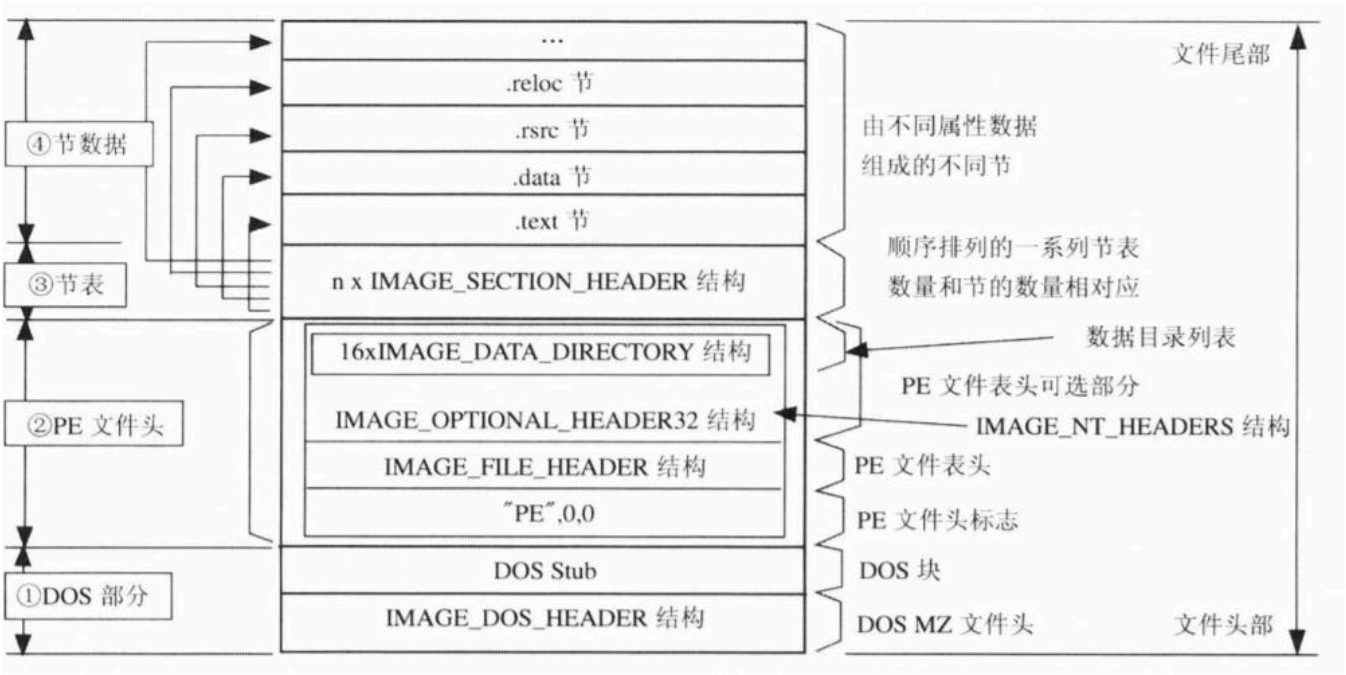
在笔者上一篇文章《内核解析PE结构导出表》介绍了如何解析内存导出表结构，本章将继续延申实现解析PE结构的PE头，PE节表等数据，总体而言内核中解析PE结构与应用层没什么不同，在上一篇文章中`LyShark`封装实现了`KernelMapFile()`内存映射函数，在之后的章节中这个函数会被多次用到，为了减少代码冗余，后期文章只列出重要部分，读者可以自行去前面的文章中寻找特定的片段。

PE结构（Portable Executable Structure）是Windows操作系统用于执行可执行文件和动态链接库（DLL）的标准格式。节表（Section Table）是PE结构中的一个部分，它记录了可执行文件或DLL中每个区域的详细信息，例如代码、数据、资源等。

Windows NT 系统中可执行文件使用微软设计的新的文件格式，PE文件的基本结构如下图所示：



在PE文件中,代码,已初始化的数据,资源和重定位信息等数据被按照属性分类放到不同的`Section(节区/或简称为节)`中,而每个节区的属性和位置等信息用一个`IMAGE_SECTION_HEADER`结构来描述,所有的`IMAGE_SECTION_HEADER`结构组成了一个节表`(Section Table)`,节表数据在PE文件中被放在所有节数据的前面.

上面PE结构图中可知PE文件的开头部分包括了一个标准的DOS可执行文件结构，这看上去有些奇怪，但是这对于可执行程序的向下兼容性来说却是不可缺少的，当然现在已经基本不会出现纯DOS程序了，现在来说这个`IMAGE_DOS_HEADER`结构纯粹是历史遗留问题。

DOS头结构解析

PE文件中的DOS部分由MZ格式的文件头和可执行代码部分组成，可执行代码被称为`DOS块(DOS stub)`，MZ格式的文件头由`IMAGE_DOS_HEADER`结构定义，在C语言头文件`winnt.h`中有对这个DOS结构详细定义,如下所示：

```
typedef struct _IMAGE_DOS_HEADER {
    WORD   e_magic;                     // DOS的头部
    WORD   e_cblp;                      // Bytes on last page of file
    WORD   e_cp;                        // Pages in file
    WORD   e_crlc;                      // Relocations
    WORD   e_cparhdr;                   // Size of header in paragraphs
    WORD   e_minalloc;                  // Minimum extra paragraphs needed
    WORD   e_maxalloc;                  // Maximum extra paragraphs needed
    WORD   e_ss;                        // Initial (relative) SS value
    WORD   e_sp;                        // Initial SP value
```

```
    WORD    e_csum;                         // Checksum
    WORD    e_ip;                           // Initial IP value
    WORD    e_cs;                           // Initial (relative) CS value
    WORD    e_lfarlc;                       // File address of relocation table
    WORD    e_ovno;                         // Overlay number
    WORD    e_res[4];                       // Reserved words
    WORD    e_oemid;                        // OEM identifier (for e_oeminfo)
    WORD    e_oeminfo;                      // OEM information; e_oemid specific
    WORD    e_res2[10];                     // Reserved words
    LONG    e_lfanew;                       // 指向了PE文件的开头(重要)
  } IMAGE_DOS_HEADER, *PIMAGE_DOS_HEADER;
```

在DOS文件头中，第一个字段`e_magic`被定义为`MZ`,标志着DOS文件的开头部分,最后一个字段`e_lfanew`则指明了PE文件的开头位置，现在来说除了第一个字段和最后一个字段有些用处，其他字段几乎已经废弃了，这里附上读取DOS头的代码。

```
void DisplayDOSHeadInfo(HANDLE ImageBase)
{
    PIMAGE_DOS_HEADER pDosHead = NULL;
    pDosHead = (PIMAGE_DOS_HEADER)ImageBase;

    printf("DOS头:          %x\n", pDosHead->e_magic);
    printf("文件地址:       %x\n", pDosHead->e_lfarlc);
    printf("PE结构偏移:     %x\n", pDosHead->e_lfanew);
}
```

PE头结构解析

从DOS文件头的`e_lfanew`字段向下偏移`003CH`的位置，就是真正的PE文件头的位置，该文件头是由`IMAGE_NT_HEADERS`结构定义的，定义结构如下：

```
typedef struct _IMAGE_NT_HEADERS {
    DWORD Signature;                    // PE文件标识字符
    IMAGE_FILE_HEADER FileHeader;
    IMAGE_OPTIONAL_HEADER32 OptionalHeader;
} IMAGE_NT_HEADERS32, *PIMAGE_NT_HEADERS32;
```

如上PE文件头的第一个DWORD是一个标志，默认情况下它被定义为00004550h也就是`P,E`两个字符另外加上两个零，而大部分的文件属性由标志后面的`IMAGE_FILE_HEADER`和`IMAGE_OPTIONAL_HEADER32`结构来定义，我们继续跟进`IMAGE_FILE_HEADER`这个结构：

```
typedef struct _IMAGE_FILE_HEADER {
    WORD    Machine;                    // 运行平台
    WORD    NumberOfSections;           // 文件的节数目
    DWORD   TimeDateStamp;              // 文件创建日期和时间
    DWORD   PointerToSymbolTable;       // 指向符号表(用于调试)
    DWORD   NumberOfSymbols;            // 符号表中的符号数量
    WORD    SizeOfOptionalHeader;       // IMAGE_OPTIONAL_HANDLER32结构的长度
    WORD    Characteristics;            // 文件的属性 exe=010fh dll=210eh
} IMAGE_FILE_HEADER, *PIMAGE_FILE_HEADER;
```

继续跟进 `IMAGE_OPTIONAL_HEADER32` 结构，该结构体中的数据就丰富了，重要的结构说明经备注好了：

```
typedef struct _IMAGE_OPTIONAL_HEADER {
    WORD    Magic;
    BYTE    MajorLinkerVersion;            // 连接器版本
    BYTE    MinorLinkerVersion;
    DWORD   SizeOfCode;                    // 所有包含代码节的总大小
    DWORD   SizeOfInitializedData;         // 所有已初始化数据的节总大小
    DWORD   SizeOfUninitializedData;       // 所有未初始化数据的节总大小
    DWORD   AddressOfEntryPoint;           // 程序执行入口RVA
    DWORD   BaseOfCode;                    // 代码节的起始RVA
    DWORD   BaseOfData;                    // 数据节的起始RVA
    DWORD   ImageBase;                     // 程序镜像基地址
    DWORD   SectionAlignment;              // 内存中节的对其粒度
    DWORD   FileAlignment;                 // 文件中节的对其粒度
    WORD    MajorOperatingSystemVersion;   // 操作系统主版本号
    WORD    MinorOperatingSystemVersion;   // 操作系统副版本号
    WORD    MajorImageVersion;             // 可运行于操作系统的最小版本号
    WORD    MinorImageVersion;
    WORD    MajorSubsystemVersion;         // 可运行于操作系统的最小子版本号
    WORD    MinorSubsystemVersion;
    DWORD   Win32VersionValue;
    DWORD   SizeOfImage;                   // 内存中整个PE映像尺寸
    DWORD   SizeOfHeaders;                 // 所有头加节表的大小
    DWORD   CheckSum;
    WORD    Subsystem;
    WORD    DllCharacteristics;
    DWORD   SizeOfStackReserve;            // 初始化时堆栈大小
    DWORD   SizeOfStackCommit;
    DWORD   SizeOfHeapReserve;
    DWORD   SizeOfHeapCommit;
    DWORD   LoaderFlags;
    DWORD   NumberOfRvaAndSizes;           // 数据目录的结构数量
    IMAGE_DATA_DIRECTORY DataDirectory[IMAGE_NUMBEROF_DIRECTORY_ENTRIES];
} IMAGE_OPTIONAL_HEADER32, *PIMAGE_OPTIONAL_HEADER32;
```

IMAGE_DATA_DIRECTORY数据目录列表，它由16个相同的IMAGE_DATA_DIRECTORY结构组成，这16个数据目录结构定义很简单仅仅指出了某种数据的位置和长度，定义如下：

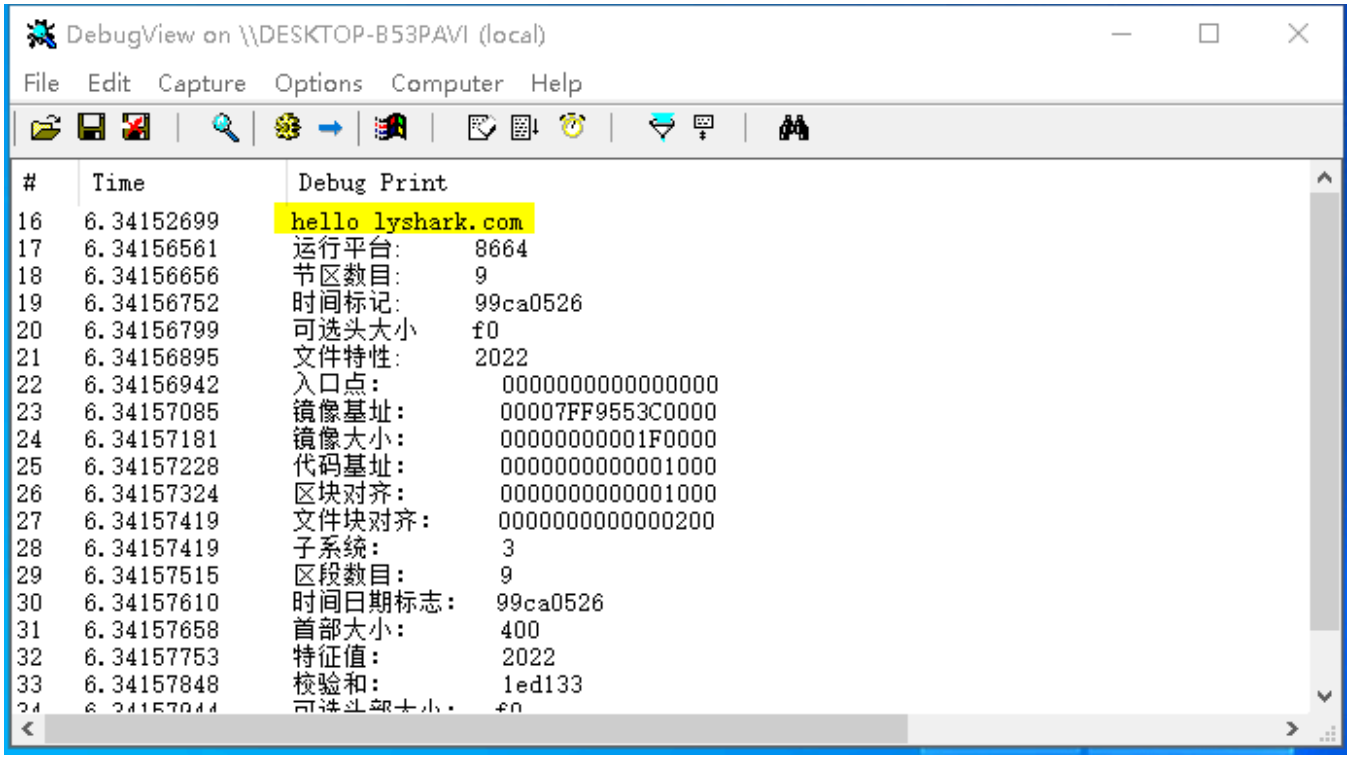
```
typedef struct _IMAGE_DATA_DIRECTORY {
    DWORD   VirtualAddress;      // 数据起始RVA
    DWORD   Size;                // 数据块的长度
} IMAGE_DATA_DIRECTORY, *PIMAGE_DATA_DIRECTORY;
```

上方的结构就是PE文件的重要结构，接下来将通过编程读取出PE文件的开头相关数据，读取这些结构也非常简单代码如下所示。

```
NTSTATUS DriverEntry(IN PDRIVER_OBJECT Driver, PUNICODE_STRING RegistryPath)
{
    DbgPrint("hello lyshark.com \n");
```

```
    NTSTATUS status = STATUS_SUCCESS;
    HANDLE hFile = NULL;
    HANDLE hSection = NULL;
    PVOID pBaseAddress = NULL;
    UNICODE_STRING FileName = { 0 };

    // 初始化字符串
    RtlInitUnicodeString(&FileName, L"\\??\\C:\\Windows\\System32\\ntdll.dll");

    // 内存映射文件
    status = KernelMapFile(FileName, &hFile, &hSection, &pBaseAddress);
    if (!NT_SUCCESS(status))
    {
        return 0;
    }

    // 获取PE头数据集
    PIMAGE_DOS_HEADER pDosHeader = (PIMAGE_DOS_HEADER)pBaseAddress;
    PIMAGE_NT_HEADERS pNtHeaders = (PIMAGE_NT_HEADERS)((PUCHAR)pDosHeader + pDosHeader-
>e_lfanew);
    PIMAGE_FILE_HEADER pFileHeader = &pNtHeaders->FileHeader;

    DbgPrint("运行平台:     %x\n", pFileHeader->Machine);
    DbgPrint("节区数目:     %x\n", pFileHeader->NumberOfSections);
    DbgPrint("时间标记:     %x\n", pFileHeader->TimeDateStamp);
    DbgPrint("可选头大小    %x\n", pFileHeader->SizeOfOptionalHeader);
    DbgPrint("文件特性:     %x\n", pFileHeader->Characteristics);
    DbgPrint("入口点:         %p\n", pNtHeaders->OptionalHeader.AddressOfEntryPoint);
    DbgPrint("镜像基址:       %p\n", pNtHeaders->OptionalHeader.ImageBase);
    DbgPrint("镜像大小:       %p\n", pNtHeaders->OptionalHeader.SizeOfImage);
    DbgPrint("代码基址:       %p\n", pNtHeaders->OptionalHeader.BaseOfCode);
    DbgPrint("区块对齐:       %p\n", pNtHeaders->OptionalHeader.SectionAlignment);
    DbgPrint("文件块对齐:     %p\n", pNtHeaders->OptionalHeader.FileAlignment);
    DbgPrint("子系统:         %x\n", pNtHeaders->OptionalHeader.Subsystem);
    DbgPrint("区段数目:       %d\n", pNtHeaders->FileHeader.NumberOfSections);
    DbgPrint("时间日期标志:   %x\n", pNtHeaders->FileHeader.TimeDateStamp);
    DbgPrint("首部大小:       %x\n", pNtHeaders->OptionalHeader.SizeOfHeaders);
    DbgPrint("特征值:         %x\n", pNtHeaders->FileHeader.Characteristics);
    DbgPrint("校验和:         %x\n", pNtHeaders->OptionalHeader.CheckSum);
    DbgPrint("可选头部大小:   %x\n", pNtHeaders->FileHeader.SizeOfOptionalHeader);
    DbgPrint("RVA 数及大小:   %x\n", pNtHeaders->OptionalHeader.NumberOfRvaAndSizes);

    ZwUnmapViewOfSection(NtCurrentProcess(), pBaseAddress);
    ZwClose(hSection);
    ZwClose(hFile);

    Driver->DriverUnload = UnDriver;
    return STATUS_SUCCESS;
}
```

运行如上这段代码，即可解析出`ntdll.dll`模块的核心内容，如下图所示；



接着来实现解析节表，PE文件中的所有节的属性定义都被定义在节表中，节表由一系列的`IMAGE_SECTION_HEADER`结构排列而成，每个结构邮过来描述一个节，节表总被存放在紧接在PE文件头的地方，也即是从PE文件头开始偏移为`00f8h`的位置处，如下是节表头部的定义。

```
typedef struct _IMAGE_SECTION_HEADER {
    BYTE    Name[IMAGE_SIZEOF_SHORT_NAME];
    union {
            DWORD   PhysicalAddress;
            DWORD   VirtualSize;            // 节区尺寸
    } Misc;
    DWORD   VirtualAddress;                 // 节区RVA
    DWORD   SizeOfRawData;                  // 在文件中对齐后的尺寸
    DWORD   PointerToRawData;               // 在文件中的偏移
    DWORD   PointerToRelocations;           // 在OBJ文件中使用
    DWORD   PointerToLinenumbers;
    WORD    NumberOfRelocations;
    WORD    NumberOfLinenumbers;
    DWORD   Characteristics;                // 节区属性字段
} IMAGE_SECTION_HEADER, *PIMAGE_SECTION_HEADER;
```

其中，Name是该节的名称，`VirtualAddress`是该节在内存中的虚拟地址，`SizeOfRawData`是该节在文件中的大小，`PointerToRawData`是该节在文件中的偏移地址，`Characteristics`描述了该节的属性，例如是否可读、可写、可执行等。

节表通常位于PE结构的文件头后面，它包含了多个节表项，每个节表项描述了一个节的信息，包括：

- 节名称：每个节都有一个名称，例如代码节的名称为`.text`，数据节的名称为`.data`等；
- 节大小：该节的大小，以字节为单位；
- 节的虚拟地址：该节在内存中的虚拟地址；
- 节的物理地址：该节在文件中的偏移地址；

- 节的属性：例如该节是否可读、可写、可执行等。

总的来说，节表记录了PE文件中每个区域的详细信息，这些信息对于可执行文件或DLL的加载和运行都非常重要。

解析节表也很容易实现，首先通过`pFileHeader->NumberOfSections`获取到节数量，然后循环解析直到所有节输出完成，这段代码实现如下所示。

```
NTSTATUS DriverEntry(IN PDRIVER_OBJECT Driver, PUNICODE_STRING RegistryPath)
{
    DbgPrint("hello lyshark.com \n");

    NTSTATUS status = STATUS_SUCCESS;
    HANDLE hFile = NULL;
    HANDLE hSection = NULL;
    PVOID pBaseAddress = NULL;
    UNICODE_STRING FileName = { 0 };

    // 初始化字符串
    RtlInitUnicodeString(&FileName, L"\\??\\C:\\Windows\\System32\\ntdll.dll");

    // 内存映射文件
    status = KernelMapFile(FileName, &hFile, &hSection, &pBaseAddress);
    if (!NT_SUCCESS(status))
    {
        return 0;
    }

    // 获取PE头数据集
    PIMAGE_DOS_HEADER pDosHeader = (PIMAGE_DOS_HEADER)pBaseAddress;
    PIMAGE_NT_HEADERS pNtHeaders = (PIMAGE_NT_HEADERS)((PUCHAR)pDosHeader + pDosHeader-
>e_lfanew);
    PIMAGE_SECTION_HEADER pSection = IMAGE_FIRST_SECTION(pNtHeaders);
    PIMAGE_FILE_HEADER pFileHeader = &pNtHeaders->FileHeader;

    DWORD NumberOfSectinsCount = 0;

    // 获取区块数量
    NumberOfSectinsCount = pFileHeader->NumberOfSections;

    DWORD64 *difA = NULL;    // 虚拟地址开头
    DWORD64 *difS = NULL;    // 相对偏移(用于遍历)

    difA = ExAllocatePool(NonPagedPool, NumberOfSectinsCount*sizeof(DWORD64));
    difS = ExAllocatePool(NonPagedPool, NumberOfSectinsCount*sizeof(DWORD64));

    DbgPrint("节区名称 相对偏移\t虚拟大小\tRaw数据指针\tRaw数据大小\t节区属性\n");

    for (DWORD temp = 0; temp<NumberOfSectinsCount; temp++, pSection++)
    {
        DbgPrint("%10s\t 0x%x \t 0x%x \t 0x%x \t 0x%x \t 0x%x \n",
            pSection->Name, pSection->VirtualAddress, pSection->Misc.VirtualSize,
            pSection->PointerToRawData, pSection->SizeOfRawData, pSection->Characteristics);
```

```
        difA[temp] = pSection->VirtualAddress;
        difS[temp] = pSection->VirtualAddress - pSection->PointerToRawData;
    }

    ZwUnmapViewOfSection(NtCurrentProcess(), pBaseAddress);
    ZwClose(hSection);
    ZwClose(hFile);

    Driver->DriverUnload = UnDriver;
    return STATUS_SUCCESS;
}
```

运行驱动程序，即可输出 `ntdll.dll` 模块的节表信息，如下图；