目录

iOS逆向开发：Block匿名函数

- 最新版本：`v0.7.1`
- 更新时间：`20241026`

简介

介绍iOS逆向期间会涉及到的Block匿名回调函数。先解释为何要研究Block；再详细介绍Block，包括正向开发时的如何写Block代码，然后是逆向时Block的结构定义，包括定义的代码和定义的结构图，再分别介绍每一部分的含义，包括Block类型、flags、invoke，以及其中的signature函数签名，以及descriptor、imported variables引用的量；再介绍iOS逆向期间所涉及到的Block最核心的内容是哪些，然后举例详细阐述如何通过Block搞懂函数调用逻辑，以及导入变量的参数传递，顺带介绍如何优化IDA伪代码。然后再整理Block相关的心得，比如动态调试期间，如何查看Block信息、和Block相关的objc函数。

源码+浏览+下载

本书的各种源码、在线浏览地址、多种格式文件下载如下：

HonKit源码

- crifan/ios_re_objc_block: iOS逆向开发：Block匿名函数

如何使用此HonKit源码去生成发布为电子书

详见：crifan/honkit_template: demo how to use crifan honkit template and demo

在线浏览

- iOS逆向开发：Block匿名函数 book.crifan.org
- iOS逆向开发：Block匿名函数 crifan.github.io

离线下载阅读

- iOS逆向开发：Block匿名函数 PDF
- iOS逆向开发：Block匿名函数 ePub
- iOS逆向开发：Block匿名函数 Mobi

版权和用途说明

鸣谢

感谢我的老婆**陈雪**的包容理解和悉心照料，才使得我 `crifan` 有更多精力去专注技术专研和整理归纳出这些电子书和技术教程，特此鸣谢。

其他

作者的其他电子书

本人 `crifan` 还写了其他 `150+` 本电子书教程，感兴趣可移步至：

crifan/crifan_ebook_readme: Crifan的电子书的使用说明

关于作者

关于作者更多介绍，详见：

关于CrifanLi李茂 – 在路上

Block概览

- `Block`
  - 名称
    - 官方标准叫法其实是：`Blocks`
    - 大家常简称为：`Block` = `代码块`
  - 是什么：
    - `ObjC` 的对象
      - `iOS` 的 `ObjC` 中的一个将 `数据` 与相关 `行为` 相结合的**对象**
    - （`ObjC` 对） `C` 语言扩展
      - `Blocks` 是添加到 `C` 、 `Objective-C` 和 `C++` 的语言级功能，它允许您创建不同的代码段，这些代码段可以像值一样传递给方法或函数。
      - 它们还具有从封闭范围捕获值的能力
        - 类似：其他语言中的 `闭包` = `closure` 、 `lambda`
  - 功能和用途：用于创建匿名函数，实现函数的异步（或同步）调用
  - 相关底层机制
    - Block可以从局部变量中获取值； 发生这种情况时，必须动态分配内存。
      - 初始分配是在堆栈 `Stack` 上完成的，但是运行时提供了一个 `Block_copy` 函数，给定一个块指针，该函数要么将底层块对象复制到堆 `Heap` ，将其引用计数设置为 1 并返回新的块指针，要么（如果 `Block` 对象已经在堆 `Heap` 上）将其引用计数增加 1
      - 配对函数是 `Block_release` ，它将引用计数减少 1，如果计数达到零并且在堆 `Heap` 上，则销毁该对象
  - 官网
    - Working with Blocks
    - Objective-C Automatic Reference Counting (ARC) — Clang 16.0.0git documentation

为何要研究ObjC中的Block?

iOS逆向期间，最初是要找到某函数被调用的地方，通过函数调用堆栈，找到最后，发现找不下去了

之后发现其实是 `Block` 的机制实现的： `Block` = 实现了 `函数（同步或）异步的回调`

TODO：

- 找到Block的函数如何被调用的 = Block函数的上层调用函数
  - 【整理】iOS逆向调试心得：如何找到Block的_pthread_wqthread和_dispatch_call_block_and_release的函数调用最初来源

Block详解

此处详细介绍Block的相关内容。

主要包括：

- iOS的ObjC的正向开发时：Block代码是什么样的
- iOS的ObjC的逆向时：Block的详细定义，以及每个字段的含义是什么

Block正向开发

Block函数定义：

```
double ( multiplyTwoValues)(double, double);
```

Block函数写法：

```
^ (double firstValue, double secondValue) {
    return firstValue * secondValue;
}
```

显示指定返回值类型：

```
^ double (double firstValue, double secondValue) {
    return firstValue * secondValue;
}
```

调用：

```
double ( multiplyTwoValues)(double, double) =
                          ^(double firstValue, double secondValue) {
                              return firstValue * secondValue;
                          };

double result = multiplyTwoValues(2,4);

NSLog(@"The result is %f", result);
```

可以从作用域内，直接引用值：

```
- (void)testMethod {
    int anInteger = 42;

    void ( testBlock)(void) = ^{
        NSLog(@"Integer is: %i", anInteger);
    };

    testBlock();
}
```

TODO：

- 继续整理 *【整理】iOS的ObjC的基础知识：正向开发时Block相关知识

Block定义

TODO：

- 【记录】iOS中的Block的定义画出结构图

Block结构体定义

- 来源=官网源码
  - Block_private.h
    - 旧：https://opensource.apple.com/source/libclosure/libclosure-38/Block_private.h
    - 新：https://opensource.apple.com/source/libclosure/libclosure-63/Block_private.h
  - TODO：更新版，记得还有额外的属性，抽空也去整理过来

-> 合并后的最新的理解：

Block定义的代码

```
struct Block_layout {
    void *isa;
    volatile int32_t flags; // contains ref count
    int32_t reserved;
    void (*invoke)(void *, ...);
    struct Block_descriptor_1 *descriptor;
    // imported variables
};

// merged new layout
struct Block_descriptor {
    // Block_descriptor_1
    uintptr_t reserved;
    uintptr_t size;

    // Block_descriptor_2
    // requires BLOCK_HAS_COPY_DISPOSE
    void (*copy)(void *dst, const void *src);
    void (*dispose)(const void *);

    // Block_descriptor_3
    // requires BLOCK_HAS_SIGNATURE
    const char *signature;
    const char *layout;     // contents depend on BLOCK_HAS_EXTENDED_LAYOUT
};
```

Block定义的结构图

- 自己的详细图

    -
        - 在线浏览
            - iOS的Block定义的结构图 | ProcessOn免费在线作图
- 别人的简单的图

    -

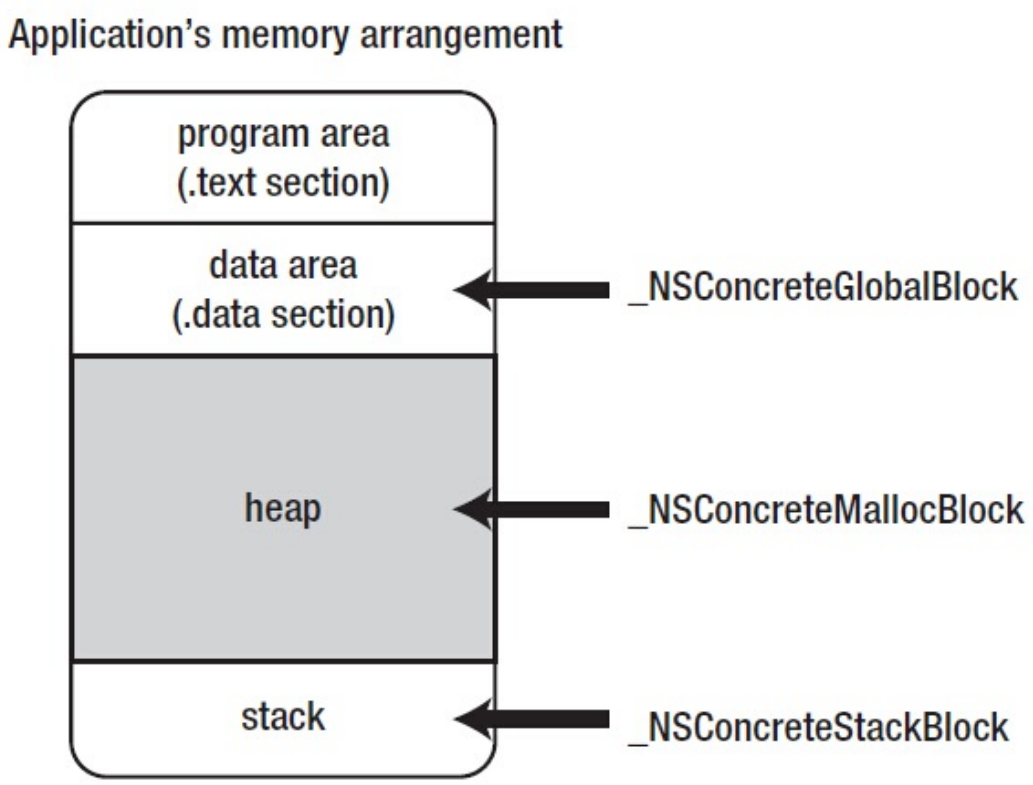
TODO：

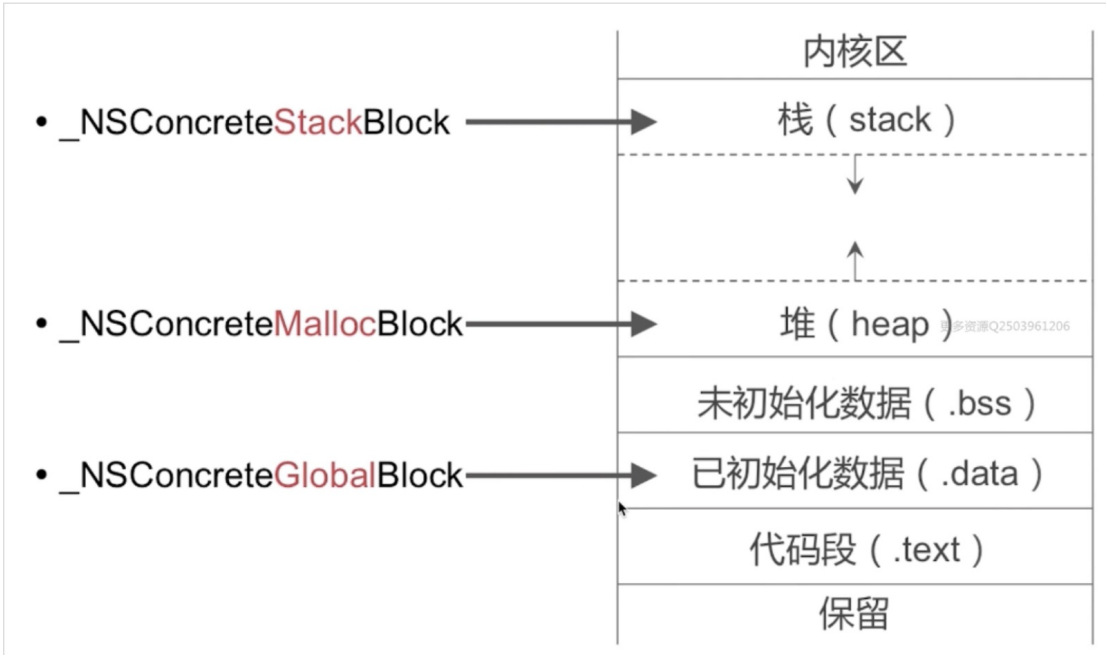
- 【整理】iOS逆向心得：ObjC中Block的定义

Block类型

Block有多种类型：

- Block类型
  - 大类：3类
    - `global`
    - `malloc`
    - `stack`
  - 具体：很多种
    - `_NSConcreteGlobalBlock`
    - `_NSConcreteMallocBlock`
    - `_NSConcreteStackBlock`
    - `_NSConcreteAutoBlock`
    - `_NSConcreteFinalizingBlock`
    - 其他相关
      - `_NSConcreteWeakBlockVariable`
- 最常见的3种Block类型
  - 文字
    - `_NSConcreteGlobalBlock`
    - `_NSConcreteMallocBlock`
    - `_NSConcreteStackBlock`
  - 图
Block Class	Copied From	How “Copy” Works
_NSConcreteStackBlock	Stack	Copy from the stack to the heap
_NSConcreteGlobalBlock	.data section of the program	Do nothing
_NSConcreteMallocBlock	Heap	Increment the reference count of the object





- Block类型识别和转换
  - 访问了auto变量的block是 `__NSStackBlock__` 类型
  - 没有访问auto变量的block是 `__NSGlobalBlock__` 类型
  - 而对 `__NSStackBlock__` 类型进行copy操作就会变为 `__NSMallocBlock__` 类型

iOS逆向中，IDA伪代码中最常看到的是： `_NSConcreteStackBlock` 。

flags

Block中的 `flags` 是个 `标签` ，一个int型数值，不同的位 `bit` 表示不同的含义。

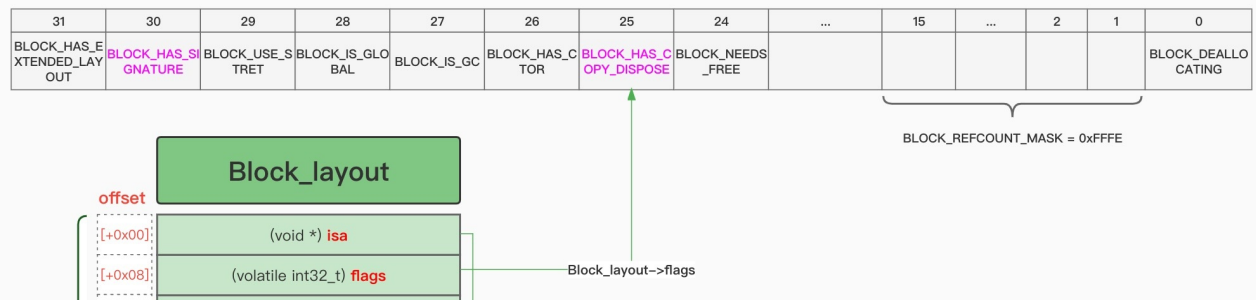
具体定义：

Block_private.h

```
// Values for Block_layout->flags to describe block objects
enum {
    BLOCK_DEALLOCATING =      (0x0001),  // runtime
    BLOCK_REFCOUNT_MASK =     (0xfffe),  // runtime
    BLOCK_NEEDS_FREE =        (1 << 24), // runtime
    BLOCK_HAS_COPY_DISPOSE =  (1 << 25), // compiler
    BLOCK_HAS_CTOR =          (1 << 26), // compiler: helpers have C++ code
    BLOCK_IS_GC =             (1 << 27), // runtime
    BLOCK_IS_GLOBAL =         (1 << 28), // compiler
    BLOCK_USE_STRET =         (1 << 29), // compiler: undefined if !BLOCK_HAS_SIGNATURE
    BLOCK_HAS_SIGNATURE =     (1 << 30), // compiler
    BLOCK_HAS_EXTENDED_LAYOUT (1 << 31)  // compiler
};

struct Block_layout {
...
    volatile int32_t flags; // contains ref count
...
};
```

详见整理的Block结构图中的定义：



reference引用

```
    // 3
    if (aBlock->flags & BLOCK_NEEDS_FREE) {
        // latches on high
        latching_incr_int(&aBlock->flags);
        return aBlock;
    }
```

> If the block's flags includes BLOCK_NEEDS_FREE then the block is a heap block (you'll see why shortly). In this case, all that needs doing is the reference count needs incrementing and then the same block returned.

如果flags中有BLOCK_NEEDS_FREE，则意味着：是个heap的block，即类型是 `_NSConcreteMallocBlock`

```
    // 8
    result->isa = _NSConcreteMallocBlock;
```

> Here the block's isa pointer is set to be _NSConcreteMallocBlock, which means it's a heap block

最后设置为：`_NSConcreteMallocBlock`

invoke

TODO：

- 【已解决】iOS逆向心得：Block的invoke函数调用时的函数参数
- 【整理】iOS逆向调试心得：Block的invoke函数调用

Block中的`invoke`，是核心的内容，决定了：具体要`调用`的（子）`函数`。

descriptor

Block中的 `descriptor` 描述符，决定了Block有哪些额外的属性和具体定义。

Block_private.h

中的，3
种 `Block_descriptor` ： `Block_descriptor_1` 、 `Block_descriptor_2` 、 `Block_descriptor_3`

```
#define BLOCK_DESCRIPTOR_1 1
struct Block_descriptor_1 {
    uintptr_t reserved;
    uintptr_t size;
};

#define BLOCK_DESCRIPTOR_2 1
struct Block_descriptor_2 {
    // requires BLOCK_HAS_COPY_DISPOSE
    void (*copy)(void *dst, const void *src);
    void (*dispose)(const void *);
};

#define BLOCK_DESCRIPTOR_3 1
struct Block_descriptor_3 {
    // requires BLOCK_HAS_SIGNATURE
    const char *signature;
    const char *layout;     // contents depend on BLOCK_HAS_EXTENDED_LAYOUT
};

struct Block_layout {
    void *isa;
    volatile int32_t flags; // contains ref count
    int32_t reserved;
    void (*invoke)(void *, ...);
    struct Block_descriptor_1 *descriptor;
    // imported variables
};
```

合并后，就是前面Block详细定义所整理的：

```
// merged new layout
struct Block_descriptor {
    // Block_descriptor_1
    uintptr_t reserved;
    uintptr_t size;

    // Block_descriptor_2
    // requires BLOCK_HAS_COPY_DISPOSE
    void (*copy)(void *dst, const void *src);
    void (*dispose)(const void *);

    // Block_descriptor_3
```

```
    // requires BLOCK_HAS_SIGNATURE
    const char *signature;
    const char *layout;     // contents depend on BLOCK_HAS_EXTENDED_LAYOUT
};
```

TODO：

- Block_descriptor_1、Block_descriptor_2、Block_descriptor_3
  - 【整理】iOS逆向心得：Block中Block_descriptor_1、Block_descriptor_2、Block_descriptor_3的计算逻辑和位置

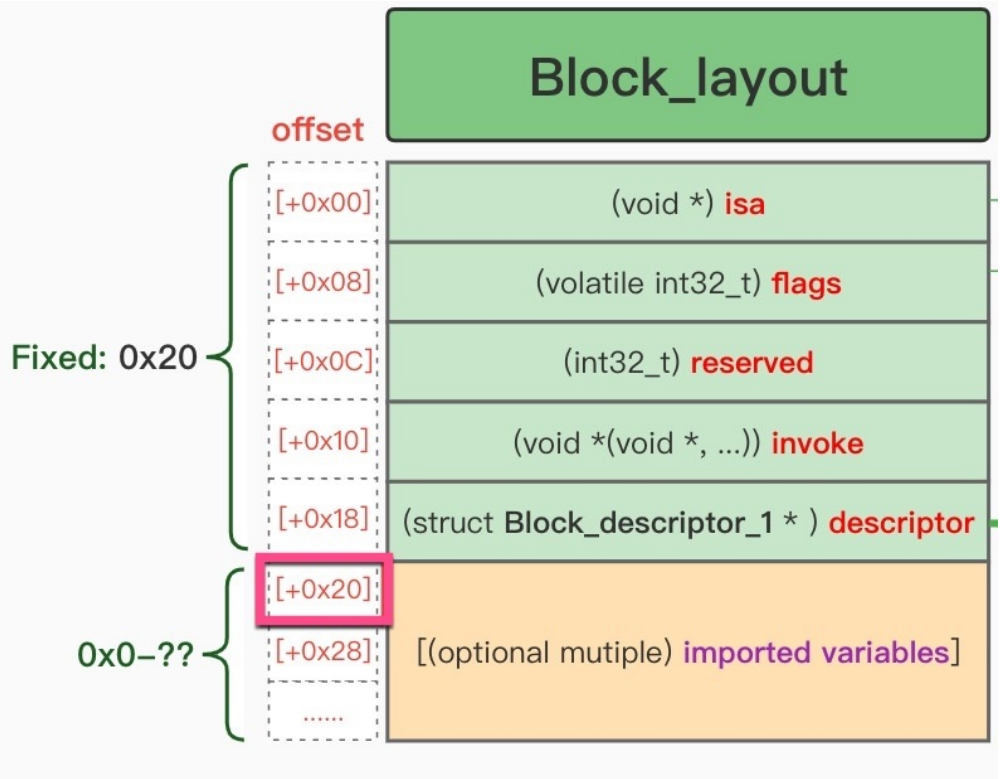
imported variables

TODO：

- 【已解决】iOS逆向心得：Block的invoke函数调用时的函数参数
- 【整理】iOS逆向心得：Block被调用时的函数参数
- 【已解决】研究抖音关注逻辑：Block函数调用时的参数传递逻辑之sub_93413B8调用sub_9341898
  - 举例
    - 【未解决】研究抖音关注逻辑：sub_93413B8调用___lldb_unnamed_symbol583654即sub_9341898的调用逻辑
- 计算（引用的变量）参数的个数
  - 【已解决】iOS逆向心得：Block中能否和如何计算invoke函数的参数的个数
-

Block是通过 `imported variables` = `引用变量` ，去实现参数传递的。

- 最新的理解：parameters vs imported variables
  - parameters
    - Block（的invoke函数）被调用时，传入的各个参数
      - x0=Block本身
      - x1、x2、x3等等：才是invoke函数的参数
  - imported variables
    - Block中的额外引用的变量 的叫法：
      - Block中0x20之后额外引用的变量



      - 标准叫法=Block定义中的注释的说法：imported variables = 导入的变量

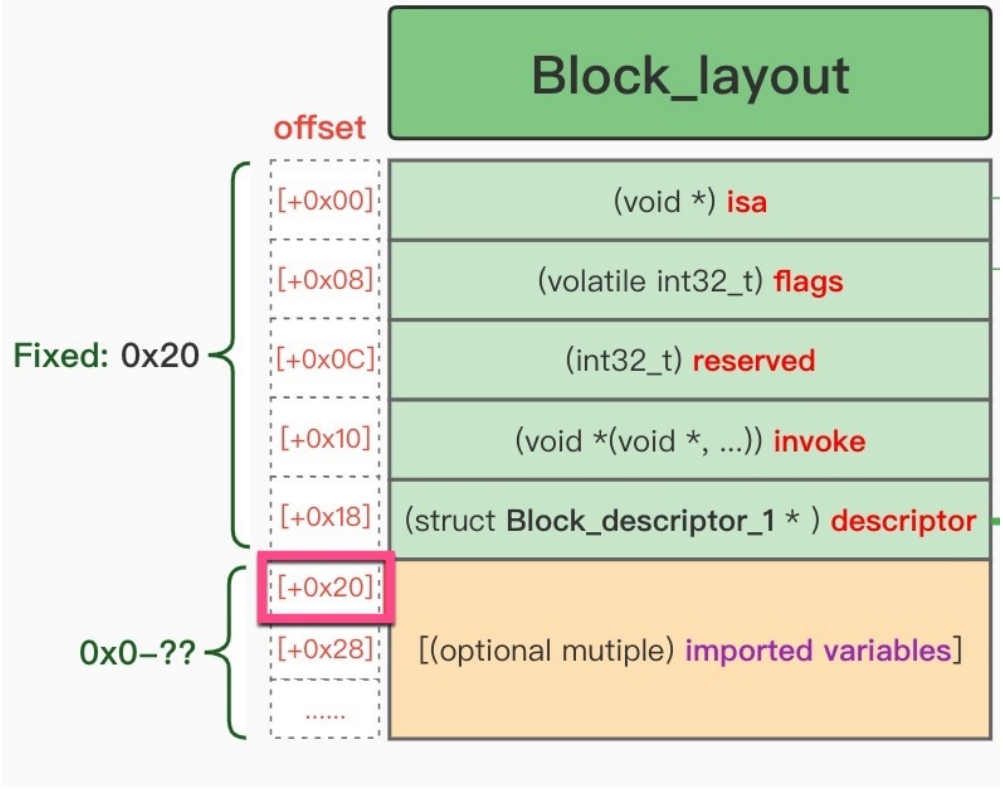
        - =Block引用的变量
        - =Block额外引用的变量
        - =Block额外的参数
- Block所引用的变量

    -

Block分析实例

Block最核心的部分

iOS逆向期间，和搞懂代码逻辑相关的，所涉及到的Block机制最核心的部分是

- `invoke` = 调用了什么函数
  - 知道A函数调用了B函数
    - 明白后续会调用到B函数 = B函数后续会同步或异步执行
- `imported variables` = 额外传入了什么参数
  - `imported variables` = `引用的变量` = `导入的变量` = `额外传入的参数`
    - A函数调用B函数，往往有些额外的参数，由于是匿名函数，无法像普通函数调用传递参数，所以底层实现机制是，在 `descriptor` 之后，按照顺序去摆放所 `引用的参数` = `导入的变量` = `imported variables`
      - 具体的说就是，在 `block+0x20` 之后，可能有0或多个，引用的参数
      - 

YouTube逆向

此处通过具体实例来说明：

iOS逆向 `YouTube` 期间，如何搞懂 `Block` 异步函数调用，包括如何传递参数 `引用变量` = `imported variables` 。

YouTube的函数调用逻辑是：

```
当 去掉广告过滤 时，调用到 MLServerABRLoader onesieDataLoader:didCompleteChunks:withError:
的顺序：

-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLog
ger:]
    sub_10380F8 = -[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegat
e:queue:latencyLogger:]_block
        sub_10381F8 = -[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:del
egate:queue:latencyLogger:]_block_block + 344 =
            -[HAMBaseChunkLoadTask didCompleteWithError:] + 412
                -[MLServerABROnesieDataLoader chunks:didCompleteLoadingWithError:] + 92
                    MLServerABRLoader onesieDataLoader:didCompleteChunks:withError:
                        参数举例：
                            [case 1]:
                                arg1 = 0x0000000282b42000,
                                arg2 = 1 element,
                                arg3 = domain: "com.google.ios.hamplayer" - code: 10000
                            [case 2]:
                                arg1 = <MLServerABROnesieDataLoader: 0x282bd5e80>,
                                arg2 = <__NSSingleObjectArrayI 0x2807d1510>(
                                        <HAMMP4InitializationChunk: 0x282bc3b80>
                                    )
                                arg3 = NULL
```

其中的：

- `sub_10380F8` = `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block`

就是函数：

- `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]` 的 `Block` 回调函数
  - 后续会异步执行

而后续继续调用了其他的Block回调函数：

- `sub_10381F8` = `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block_block`

下面就从对应的IDA伪代码中，去分析和解释具体逻辑和过程：

Block通过invoke调用子函数

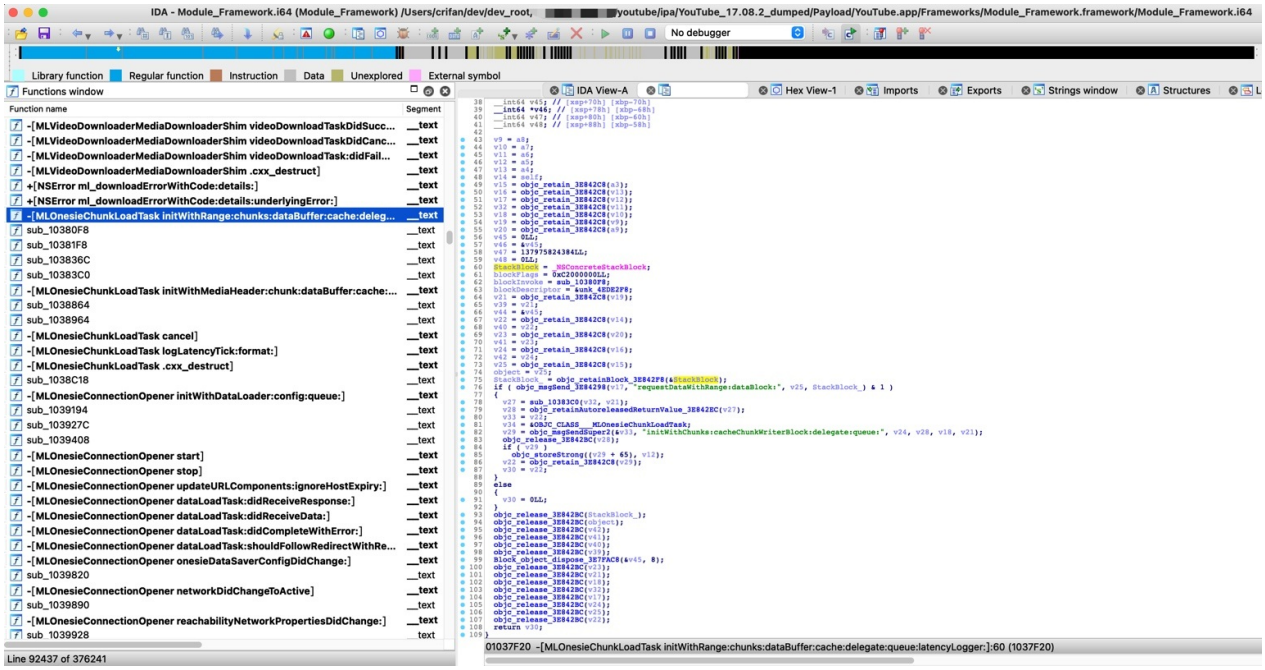
`-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]`

第一层：`-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]`

IDA伪代码：

```
MLOnesieChunkLoadTask *__cdecl -[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange chunks dataBuffer
cache delegate queue latencyLogger:](MLOnesieChunkLoadTask *self, SEL a2, id a3, id a4,
 id a5, id a6, id a7, id a8, id a9)
{
...
  id StackBlock; // [xsp+20h] [xbp-C0h]
  __int64 blockFlags; // [xsp+28h] [xbp-B8h]
  __int64 (__fastcall *blockInvoke)(_QWORD *, __int64, char, char); // [xsp+30h] [xbp-B
0h]
  void *blockDescriptor; // [xsp+38h] [xbp-A8h]
...

  StackBlock = _NSConcreteStackBlock;
  blockFlags = 0xC2000000LL;
  blockInvoke = sub_10380F8;
  blockDescriptor = &unk_4EDE2F8;
  v21 = objc_retain_3E842C8(v19);
...
  StackBlock_ = objc_retainBlock_3E842F8(&StackBlock);
  if ( objc_msgSend_3E84298(v17, "requestDataWithRange:dataBlock:", v25, StackBlock_) &
1 )
...
}
```



而其中的Block中被调用的，后续会异步执行的函数是：

- `sub_10380F8`

就是此处的，iOS逆向期间，调试找出的，函数调用堆栈中的：

- `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block`

对应的真正触发调用子函数的代码是：

```
objc_msgSend_3E84298(v17, "requestDataWithRange:dataBlock:", v25, StackBlock_)
```

对应的 `v17 requestDataWithRange:dataBlock:` 的内部，会有 `dispatch_async` 之类的真正触发调用此处的 `Block` 的 `invoke` 函数

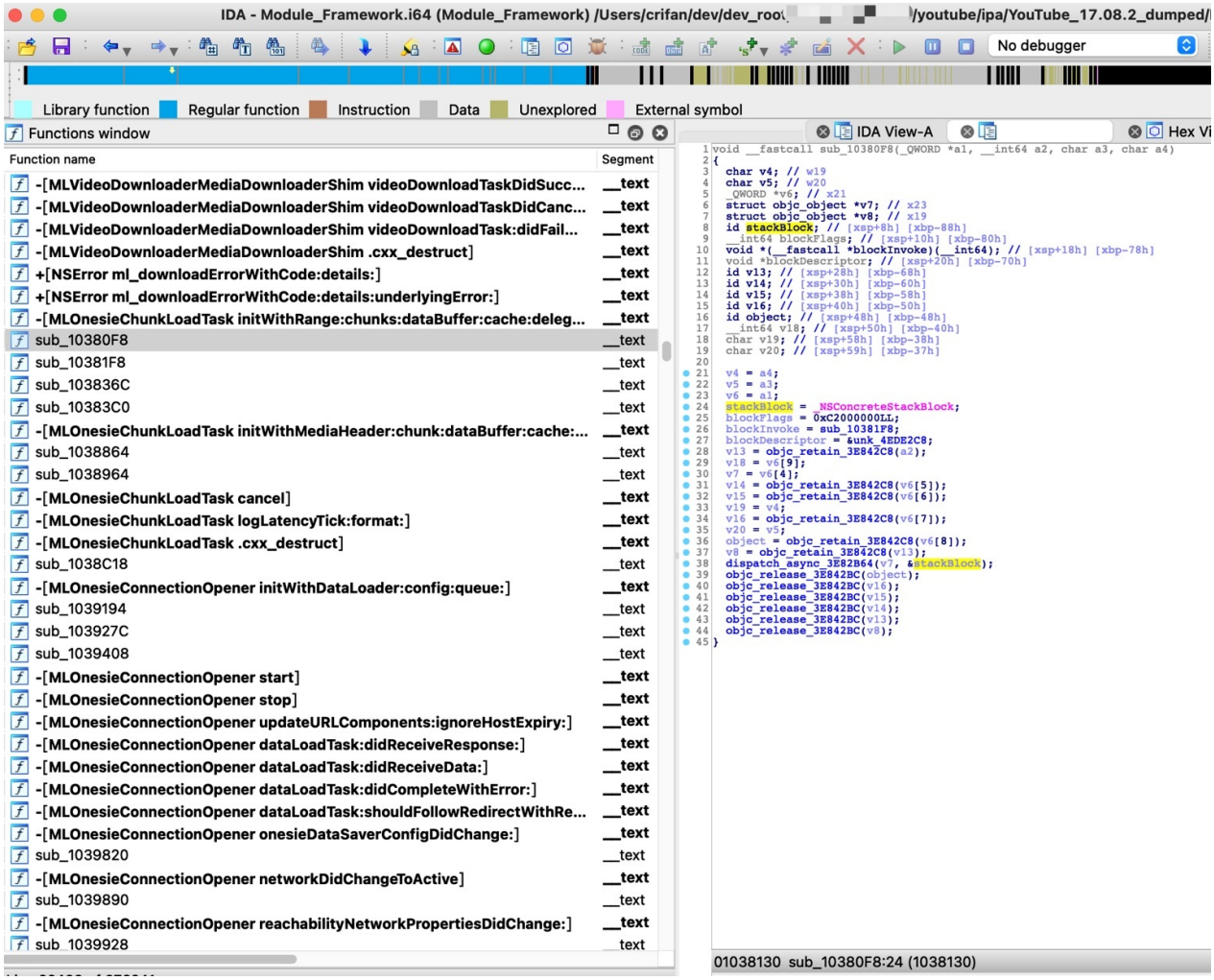
`-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block`

第二层：`-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block`

IDA伪代码是：

```
void __fastcall sub_10380F8(_QWORD *a1, __int64 a2, char a3, char a4)
{
...
  struct objc_object *v7; // x23
  struct objc_object *v8; // x19
  id stackBlock; // [xsp+8h] [xbp-88h]
  __int64 blockFlags; // [xsp+10h] [xbp-80h]
  void *(__fastcall *blockInvoke)(__int64); // [xsp+18h] [xbp-78h]
  void *blockDescriptor; // [xsp+20h] [xbp-70h]
```

```
...
  stackBlock = _NSConcreteStackBlock;
  blockFlags = 0xC2000000LL;
  blockInvoke = sub_10381F8;
  blockDescriptor = &unk_4EDE2C8;
...
  v7 = v6[4];
...
  dispatch_async_3E82B64(v7, &stackBlock);
...
}
```



而此Block中被调用的函数是：

- `sub_10381F8`

也正好对应着，调试时通过函数调用堆栈找到的：

- `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block_block`

而真正触发子函数调用的代码是：

- `dispatch_async_3E82B64(v7, &stackBlock);`

-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block_block

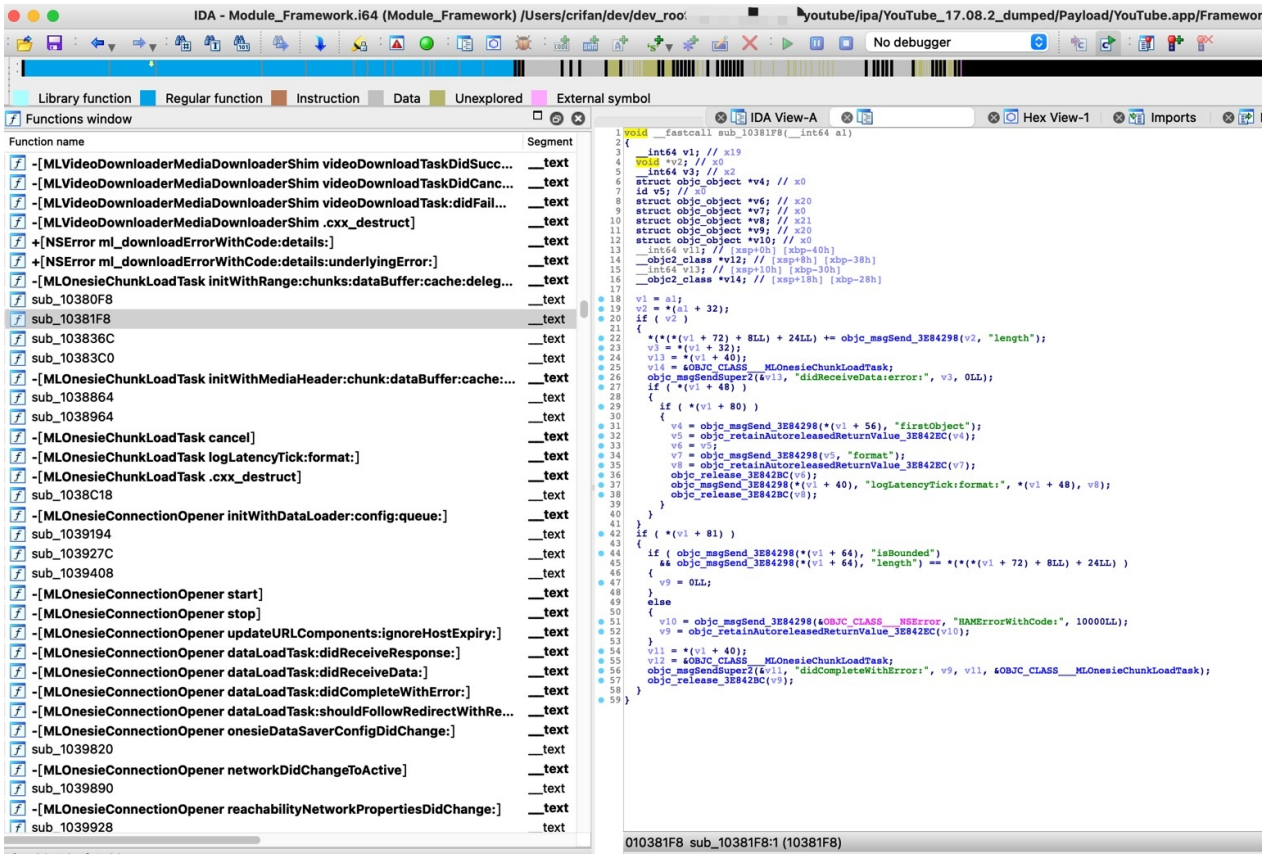
第三层：`-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block_block`

IDA伪代码是：

```
void __fastcall sub_10381F8(__int64 a1)
{
  __int64 v1; // x19
  void *v2; // x0
  __int64 v3; // x2
  struct objc_object *v4; // x0
  id v5; // x0
  struct objc_object *v6; // x20
  struct objc_object *v7; // x0
  struct objc_object *v8; // x21
  struct objc_object *v9; // x20
  struct objc_object *v10; // x0
  __int64 v11; // [xsp+0h] [xbp-40h]
  __objc2_class *v12; // [xsp+8h] [xbp-38h]
  __int64 v13; // [xsp+10h] [xbp-30h]
  __objc2_class *v14; // [xsp+18h] [xbp-28h]


  v1 = a1;
  v2 = *(a1 + 32);
  if ( v2 )
  {
    *(*(*(v1 + 72) + 8LL) + 24LL) += objc_msgSend_3E84298(v2, "length");
    v3 = *(v1 + 32);
    v13 = *(v1 + 40);
    v14 = &OBJC_CLASS___MLOnesieChunkLoadTask;
    objc_msgSendSuper2(&v13, "didReceiveData:error:", v3, 0LL);
    if ( *(v1 + 48) )
    {
      if ( *(v1 + 80) )
      {
        v4 = objc_msgSend_3E84298(*(v1 + 56), "firstObject");
        v5 = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(v4);
        v6 = v5;
        v7 = objc_msgSend_3E84298(v5, "format");
        v8 = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(v7);
        objc_release_3E842BC(v6);
        objc_msgSend_3E84298(*(v1 + 40), "logLatencyTick:format:", *(v1 + 48), v8);
        objc_release_3E842BC(v8);
      }
    }
  }
  if ( *(v1 + 81) )
  {
    if ( objc_msgSend_3E84298(*(v1 + 64), "isBounded")
      && objc_msgSend_3E84298(*(v1 + 64), "length") == *(*(*(v1 + 72) + 8LL) + 24LL) )
```

```
    {
      v9 = 0LL;
    }
    else
    {
      v10 = objc_msgSend_3E84298(&OBJC_CLASS___NSError, "HAMErrorWithCode:", 10000LL);
      v9 = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(v10);
    }
    v11 = *(v1 + 40);
    v12 = &OBJC_CLASS___MLOnesieChunkLoadTask;
    objc_msgSendSuper2(&v11, "didCompleteWithError:", v9, v11, &OBJC_CLASS___MLOnesieChunkLoadTask);
    objc_release_3E842BC(v9);
  }
}
```



进一步的，从伪代码中，可以看出此函数的大概逻辑是：

- 判断收到的数据？是否出错，如果出错，则报错。

-》由此实现，iOS逆向期间，一点点找到被调用的函数，期间可能会涉及到Block的异步调用，搞懂函数的代码逻辑。

Block通过imported variables传递参数

接下来继续分析：Block的引用变量的传递过程

而如何搞懂此处Block的函数异步调用时，传递了哪些额外参数= imported variables=引用变量?

核心思路是：

- 从 `block+0x20` 往后，如果有连续的变量赋值，那基本上就是对应所引用的参数
  - 同时，也去被调用的函数中，互相对照，才能确定
    - 被调用函数中，如果从 `block+0x20` 之后位置获取值，也就是，获取对应的 `imported variables` ，就的确表示对应的值是引用的变量了

对应此处具体的过程就是：

MLOnesieChunkLoadTask initWithRange传递给sub_10380F8

先确认 `block+0x20` 的位置

先从 `Block` 的起始位置去算起：

```
MLOnesieChunkLoadTask * __cdecl -[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:
cache:delegate:queue:latencyLogger:](MLOnesieChunkLoadTask *self, SEL a2, id a3, id a4,
 id a5, id a6, id a7, id a8, id a9)
{
...
  id StackBlock; // [xsp+20h] [xbp-C0h]
  __int64 blockFlags; // [xsp+28h] [xbp-B8h]
  void (__fastcall *blockInvoke)(_QWORD *, __int64, char, char); // [xsp+30h] [xbp-B0h]
  void *blockDescriptor; // [xsp+38h] [xbp-A8h]

  StackBlock = _NSConcreteStackBlock;
  blockFlags = 0xC2000000LL;
  blockInvoke = sub_10380F8;
  blockDescriptor = &unk_4EDE2F8;
  StackBlock = _NSConcreteStackBlock;
```

可以算出：

- `[block+0x0]` = `Block` 自身 = `_NSConcreteStackBlock`
  - 此处： `[xsp+20h]` == `sp+0x20`
- `[block+0x08]` = `flags` = `0xC2000000LL`
  - 此处： `[xsp+28h]` == `sp+0x28`
- `[block+0x10]` = `invoke` = `sub_10380F8`
  - 此处： `[xsp+30h]` == `sp+0x30`
- `[block+0x18]` = `descriptor` = `&unk_4EDE2F8`
  - 此处： `[xsp+38h]` == `sp+0x38`

继续计算出 `imported variable` ：

- `[block+0x20]` = 第**1**个引用变量
  - 此处： `[xsp+40h]` = `sp+0x40` 的 `v39`
- `[block+0x28]` = 第**2**个引用变量
  - 此处： `[xsp+48h]` = `sp+0x48` 的 `v40`
- `[block+0x30]` = 第**3**个引用变量
  - 此处： `[xsp+50h]` = `sp+0x50` 的 `v41`

- `[block+0x38]` = 第**4**个引用变量
  - 此处：`[xsp+58h]` = `sp+0x58` 的 `v42`
- `[block+0x40]` = 第**5**个引用变量
  - 此处：`[xsp+60h]` = `sp+0x60` 的 `object`
    - 注：此处变量名之所以叫 `object`，而不是叫做 `v43`，其实是反编译器尝试理解代码逻辑，并给变量命令，结果由于（本身就很难）完全猜出代码逻辑，所以变量名命名的不是很合适，此种情况属于正常现象
- `[block+0x48]` = 第**6**个引用变量
  - 此处：`[xsp+68h]` = `sp+0x68` 的 `v44`
- `[block+0x50]` = 第**7**个引用变量
  - 此处：`[xsp+70h]` = `sp+0x70` 的 `v45`
- `[block+0x58]` = 第**8**个引用变量
  - 此处：`[xsp+78h]` = `sp+0x78` 的 `v46`
- `[block+0x60]` = 第**9**个引用变量
  - 此处：`[xsp+80h]` = `sp+0x80` 的 `v47`
- `[block+0x68]` = 第**10**个引用变量
  - 此处：`[xsp+88h]` = `sp+0x88` 的 `v48`

需要说明的是，一般Block的引用变量的个数，也就**2**，**3**个左右，此处看起来引用变量多达**10**个

而目前暂时不是完全确定，后续变量的确是引用这么多变量

->需要后续看Block中被调用函数的实际使用情况，才能确定，到底引用了几个变量

继续分析Block的引用变量：

代码稍微优化（改名）后是：

```
void __fastcall sub_10380F8(_QWORD *inputBlock, __int64 a2, char a3, char a4)
{
  char v4; // w19
  char v5; // w20
  _QWORD *curBlock; // x21
  struct objc_object *v7; // x23
  struct objc_object *v8; // x19
  id stackBlock; // [xsp+8h] [xbp-88h]
  __int64 blockFlags; // [xsp+10h] [xbp-80h]
  void (__fastcall *blockInvoke)(__int64); // [xsp+18h] [xbp-78h]
  void *blockDescriptor; // [xsp+20h] [xbp-70h]
  id v13; // [xsp+28h] [xbp-68h]
  id v14; // [xsp+30h] [xbp-60h]
  id v15; // [xsp+38h] [xbp-58h]
  id v16; // [xsp+40h] [xbp-50h]
  id object; // [xsp+48h] [xbp-48h]
  __int64 v18; // [xsp+50h] [xbp-40h]
  char v19; // [xsp+58h] [xbp-38h]
  char v20; // [xsp+59h] [xbp-37h]

  v4 = a4;
  v5 = a3;
  curBlock = inputBlock;
  stackBlock = _NSConcreteStackBlock;
```

```
  blockFlags = 0xC2000000LL;
  blockInvoke = sub_10381F8;
  blockDescriptor = &unk_4EDE2C8;
  v13 = objc_retain_3E842C8(a2);
  v18 = curBlock[9];
  v7 = curBlock[4];
  v14 = objc_retain_3E842C8(curBlock[5]);
  v15 = objc_retain_3E842C8(curBlock[6]);
  v19 = v4;
  v16 = objc_retain_3E842C8(curBlock[7]);
  v20 = v5;
  object = objc_retain_3E842C8(curBlock[8]);
  v8 = objc_retain_3E842C8(v13);
  dispatch_async_3E82B64(v7, &stackBlock);
...
}
```

此处可以看出其中的：

- curBlock[4]
- curBlock[5]
- curBlock[6]
- curBlock[7]
- curBlock[8]
- curBlock[9]

就是：

- 来自上层的Block所传入的引用变量= `imported variables`

同时也要清楚，为何是从 `curBlock[4]` 的**4**开始，而不是从**0**开始，则是因为：

- 从 `0` 开始的 `0` 到 `3` ，都是 `Block` 相关的属性
  - curBlock[0] = block + 0x0 = Block
  - curBlock[1] = block + 0x8 = flags
  - curBlock[2] = block + 0x10 = invoke
  - curBlock[3] = block + 0x18 = descriptor

所以后续的 `imported variables` 才是：

- curBlock[4] = block + 0x20
- curBlock[5] = block + 0x28
- curBlock[6] = block + 0x30
- curBlock[7] = block + 0x38
- curBlock[8] = block + 0x40
- curBlock[9] = block + 0x48

至此，就清楚了，从：

- `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]`

调用了Block，其中：

- 被调用的函数是：`sub_10380F8`
  - == `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block`
- 传入的参数=引用的变量
  - [block+0x20] = 第1个 引用变量： 当时的 [xsp+40h] = sp +0x40 的 v39
    - 被调用函数sub_10380F8中所引用的：curBlock[4]
  - [block+0x28] = 第2个引用变量： 当时的 [xsp+48h] = sp +0x48 的 v40
    - 被调用函数sub_10380F8中所引用的：curBlock[5]
  - [block+0x30] = 第3个引用变量： 当时的 [xsp+50h] = sp +0x50 的 v41
    - 被调用函数sub_10380F8中所引用的：curBlock[6]
  - [block+0x38] = 第4个引用变量： 当时的 [xsp+58h] = sp +0x58 的 v42
    - 被调用函数sub_10380F8中所引用的：curBlock[7]
  - [block+0x40] = 第5个引用变量： 当时的 [xsp+60h] = sp +0x60 的 object
    - 被调用函数sub_10380F8中所引用的：curBlock[8]
  - [block+0x48] = 第6个引用变量： 当时的 [xsp+68h] = sp +0x68 的 v44
    - 被调用函数sub_10380F8中所引用的：curBlock[9]

至此，其中函数调用的大体逻辑，就清楚了：

- `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]`
  - 其中用Block回调了函数：`sub_10380F8` （= `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block` ）
    - 且通过 `imported variables` 传入了 `6` 个参数变量

优化IDA伪代码

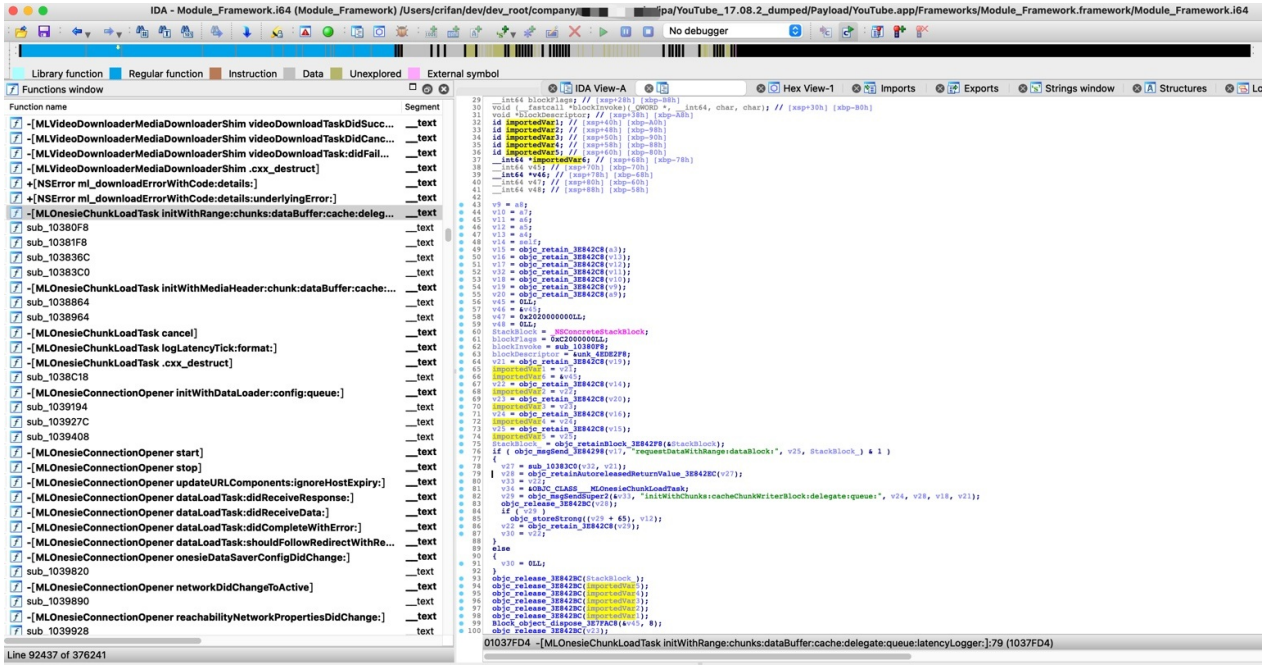
接着，也就可以继续去优化代码了：

给对应的变量改名字-》变成人类易读的代码-》让看代码的你自己更容易读懂代码逻辑

MLOnesieChunkLoadTask initWithRange

```
MLOnesieChunkLoadTask *__cdecl -[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:
cache:delegate:queue:latencyLogger:](MLOnesieChunkLoadTask *self, SEL a2, id a3, id a4,
 id a5, id a6, id a7, id a8, id a9)
{
...
  id StackBlock; // [xsp+20h] [xbp-C0h]
  __int64 blockFlags; // [xsp+28h] [xbp-B8h]
  void (__fastcall *blockInvoke)(_QWORD *, __int64, char, char); // [xsp+30h] [xbp-B0h]
  void *blockDescriptor; // [xsp+38h] [xbp-A8h]
  id importedVar1; // [xsp+40h] [xbp-A0h]
  id importedVar2; // [xsp+48h] [xbp-98h]
  id importedVar3; // [xsp+50h] [xbp-90h]
  id importedVar4; // [xsp+58h] [xbp-88h]
  id importedVar5; // [xsp+60h] [xbp-80h]
  __int64 importedVar6; // [xsp+68h] [xbp-78h]
...
```

```
  StackBlock = _NSConcreteStackBlock;
  blockFlags = 0xC2000000LL;
  blockInvoke = sub_10380F8;
  blockDescriptor = &unk_4EDE2F8;
  v21 = objc_retain_3E842C8(v19);
  importedVar1 = v21;
  importedVar6 = &v45;
  v22 = objc_retain_3E842C8(v14);
  importedVar2 = v22;
  v23 = objc_retain_3E842C8(v20);
  importedVar3 = v23;
  v24 = objc_retain_3E842C8(v16);
  importedVar4 = v24;
  v25 = objc_retain_3E842C8(v15);
  importedVar5 = v25;
  StackBlock_ = objc_retainBlock_3E842F8(&StackBlock);
...
}
```

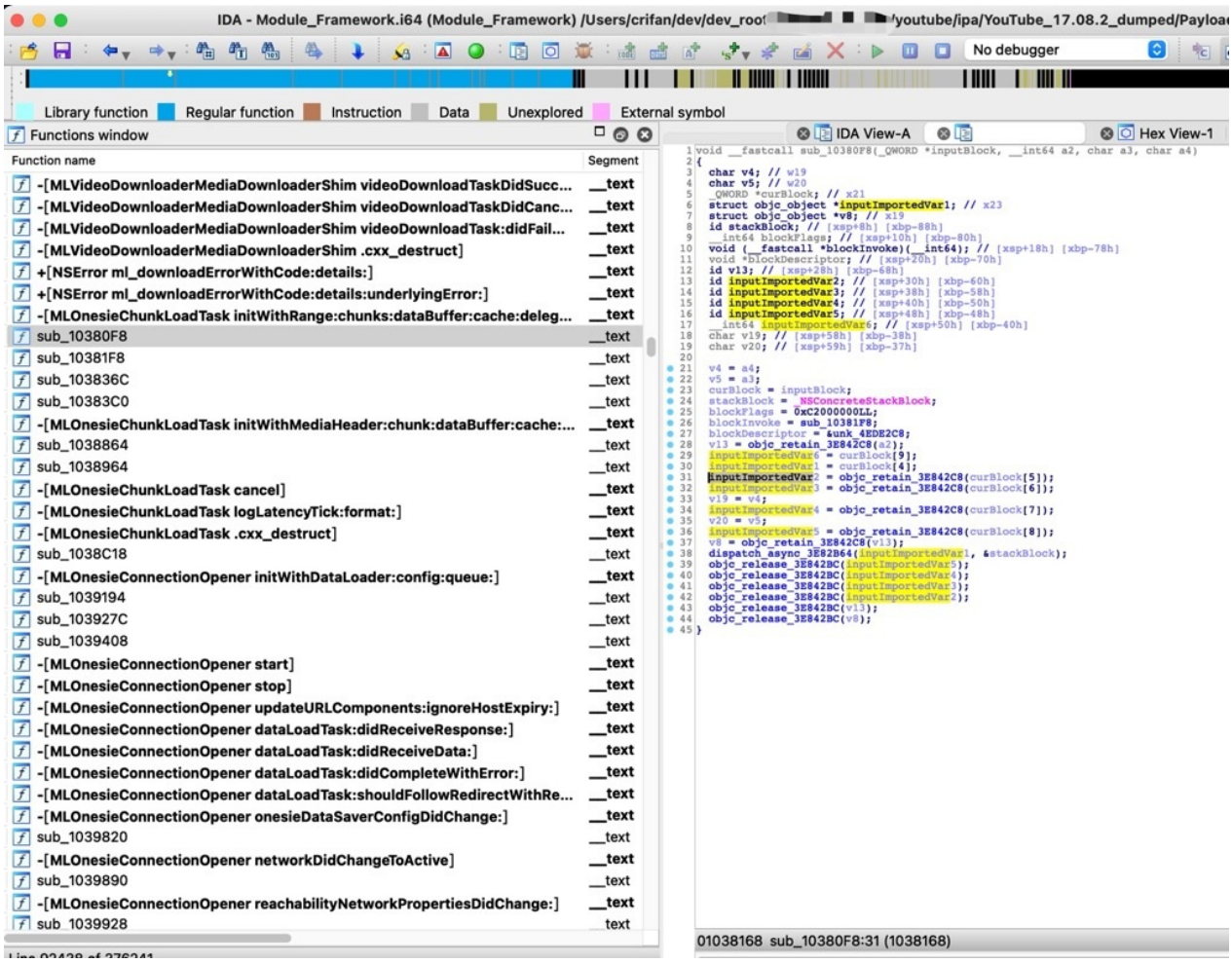


sub_10380F8

```
void __fastcall sub_10380F8(_QWORD *inputBlock, __int64 a2, char a3, char a4)
{
...
  _QWORD *curBlock; // x21
  struct objc_object *inputImportedVar1; // x23
  struct objc_object *v8; // x19
  id stackBlock; // [xsp+8h] [xbp-88h]
  __int64 blockFlags; // [xsp+10h] [xbp-80h]
  void (__fastcall *blockInvoke)(__int64); // [xsp+18h] [xbp-78h]
  void *blockDescriptor; // [xsp+20h] [xbp-70h]
  id v13; // [xsp+28h] [xbp-68h]
  id inputImportedVar2; // [xsp+30h] [xbp-60h]
```

```
  id inputImportedVar3; // [xsp+38h] [xbp-58h]
  id inputImportedVar4; // [xsp+40h] [xbp-50h]
  id inputImportedVar5; // [xsp+48h] [xbp-48h]
  __int64 inputImportedVar6; // [xsp+50h] [xbp-40h]
...

  curBlock = inputBlock;
  stackBlock = _NSConcreteStackBlock;
  blockFlags = 0xC2000000LL;
  blockInvoke = sub_10381F8;
  blockDescriptor = &unk_4EDE2C8;
  v13 = objc_retain_3E842C8(a2);
  inputImportedVar6 = curBlock[9];
  inputImportedVar1 = curBlock[4];
  inputImportedVar2 = objc_retain_3E842C8(curBlock[5]);
  inputImportedVar3 = objc_retain_3E842C8(curBlock[6]);
  v19 = v4;
  inputImportedVar4 = objc_retain_3E842C8(curBlock[7]);
  v20 = v5;
  inputImportedVar5 = objc_retain_3E842C8(curBlock[8]);
  v8 = objc_retain_3E842C8(v13);
  dispatch_async_3E82B64(inputImportedVar1, &stackBlock);
...
}
```



sub_10381F8

以及，用上述同样的方法去分析，之后的

- `sub_10380F8`
  - = `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block`

所调用的Block函数：

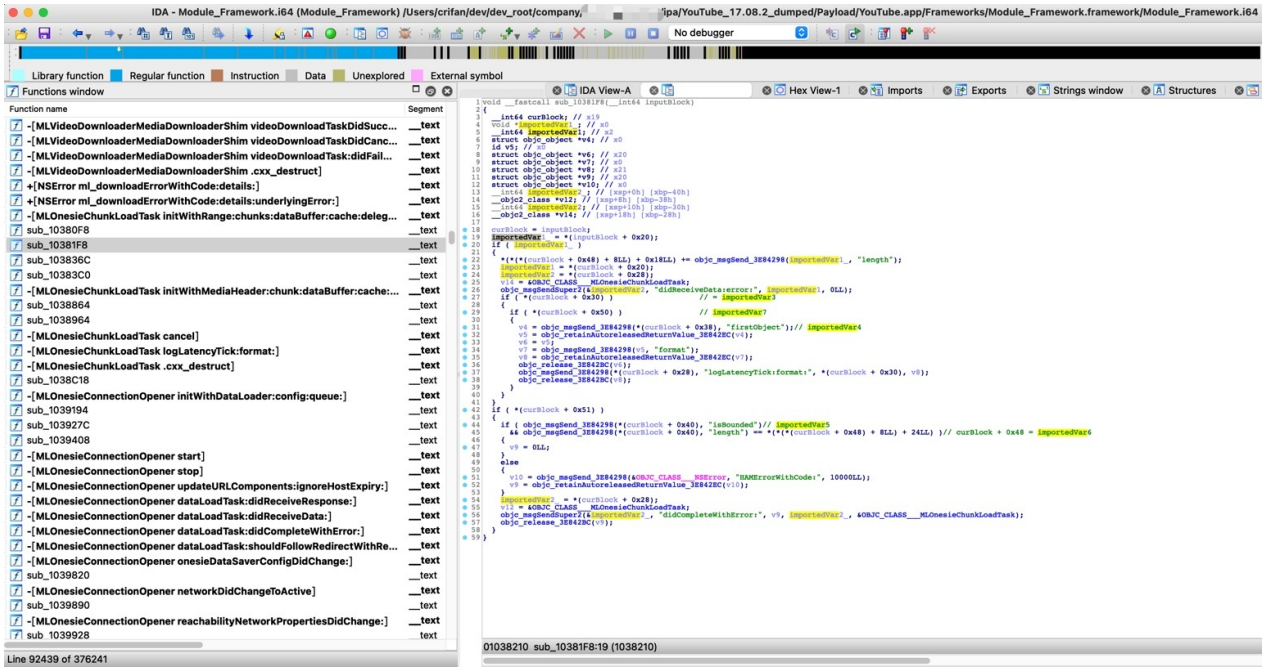
- `sub_10381F8`
  - = `-[MLOnesieChunkLoadTask initWithRange:chunks:dataBuffer:cache:delegate:queue:latencyLogger:]_block_block`

中的Block引用变量，然后分析完毕后，再去优化代码，效果是这样的：

```
void __fastcall sub_10381F8(__int64 inputBlock)
{
  __int64 curBlock; // x19
  void *importedVar1_; // x0
  __int64 importedVar1; // x2
  struct objc_object *v4; // x0
  id v5; // x0
  struct objc_object *v6; // x20
  struct objc_object *v7; // x0
  struct objc_object *v8; // x21
  struct objc_object *v9; // x20
  struct objc_object *v10; // x0
  __int64 importedVar2_; // [xsp+0h] [xbp-40h]
  __objc2_class *v12; // [xsp+8h] [xbp-38h]
  __int64 importedVar2; // [xsp+10h] [xbp-30h]
  __objc2_class *v14; // [xsp+18h] [xbp-28h]


  curBlock = inputBlock;
  importedVar1_ = *(inputBlock + 0x20);
  if ( importedVar1_ )
  {
    *(*(*(curBlock + 0x48) + 8LL) + 0x18LL) += objc_msgSend_3E84298(importedVar1_, "len
gth");
    importedVar1 = *(curBlock + 0x20);
    importedVar2 = *(curBlock + 0x28);
    v14 = &OBJC_CLASS___MLOnesieChunkLoadTask;
    objc_msgSendSuper2(&importedVar2, "didReceiveData:error:", importedVar1, 0LL);
    if ( *(curBlock + 0x30) )                   // = importedVar3
    {
      if ( *(curBlock + 0x50) )                 // importedVar7
      {
        v4 = objc_msgSend_3E84298(*(curBlock + 0x38), "firstObject");// importedVar4
        v5 = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(v4);
        v6 = v5;
        v7 = objc_msgSend_3E84298(v5, "format");
        v8 = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(v7);
        objc_release_3E842BC(v6);
        objc_msgSend_3E84298(*(curBlock + 0x28), "logLatencyTick:format:", *(curBlock +
```

```
0x30), v8);
        objc_release_3E842BC(v8);
      }
    }
  }
  if ( *(curBlock + 0x51) )
  {
    if ( objc_msgSend_3E84298(*(curBlock + 0x40), "isBounded")// importedVar5
      && objc_msgSend_3E84298(*(curBlock + 0x40), "length") == *(*(*(curBlock + 0x48) +
8LL) + 24LL) )// curBlock + 0x48 = importedVar6
    {
      v9 = 0LL;
    }
    else
    {
      v10 = objc_msgSend_3E84298(&OBJC_CLASS___NSError, "HAMErrorWithCode:", 10000LL);
      v9 = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(v10);
    }
    importedVar2_ = *(curBlock + 0x28);
    v12 = &OBJC_CLASS___MLOnesieChunkLoadTask;
    objc_msgSendSuper2(&importedVar2_, "didCompleteWithError:", v9, importedVar2_, &OBJ
C_CLASS___MLOnesieChunkLoadTask);
    objc_release_3E842BC(v9);
  }
}
```



sub_10381F8进一步优化

以及，在满足条件：

- 对于objc_msgSend等逻辑一定的了解
- 加上此处YouTube的头文件的配合：查找相关函数，可以确定是哪个类
- 其他相关知识

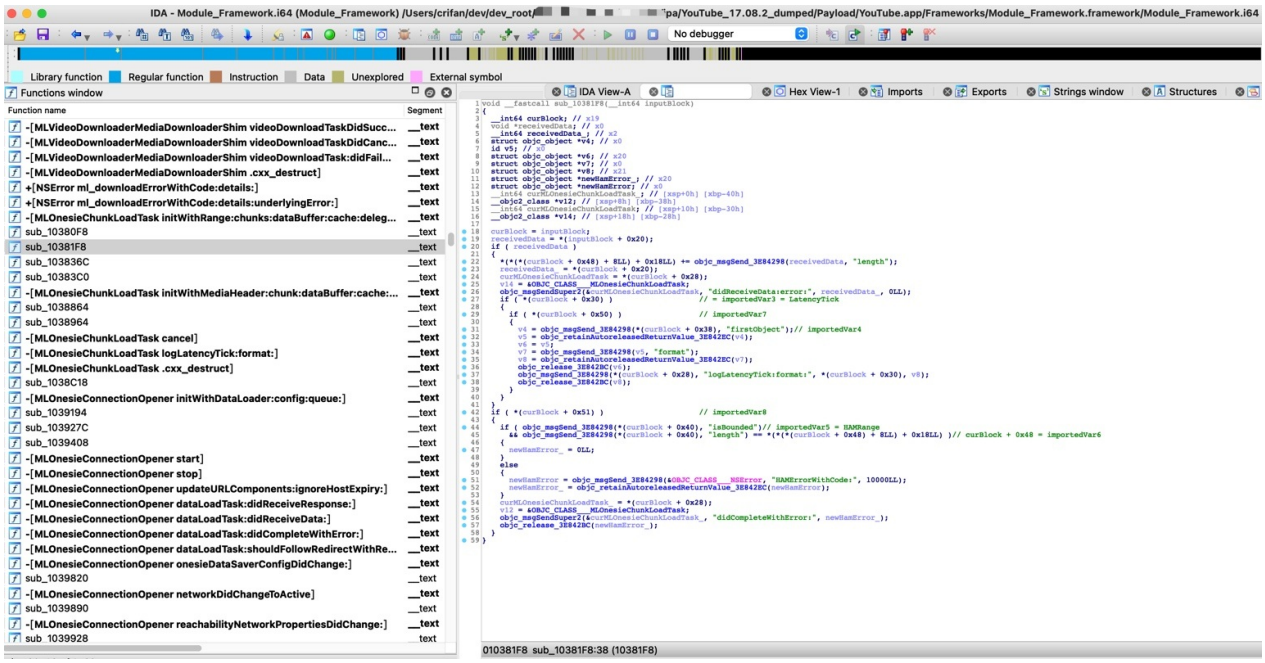
可以进一步优化为：

```
void __fastcall sub_10381F8(__int64 inputBlock)
{
  __int64 curBlock; // x19
  void *receivedData; // x0
  __int64 receivedData_; // x2
  struct objc_object *v4; // x0
  id v5; // x0
  struct objc_object *v6; // x20
  struct objc_object *v7; // x0
  struct objc_object *v8; // x21
  struct objc_object *newHamError_; // x20
  struct objc_object *newHamError; // x0
  __int64 curMLOnesieChunkLoadTask_; // [xsp+0h] [xbp-40h]
  __objc2_class *v12; // [xsp+8h] [xbp-38h]
  __int64 curMLOnesieChunkLoadTask; // [xsp+10h] [xbp-30h]
  __objc2_class *v14; // [xsp+18h] [xbp-28h]


  curBlock = inputBlock;
  receivedData = *(inputBlock + 0x20);
  if ( receivedData )
  {
    *(*(*(curBlock + 0x48) + 8LL) + 0x18LL) += objc_msgSend_3E84298(receivedData, "leng
th");
    receivedData_ = *(curBlock + 0x20);
    curMLOnesieChunkLoadTask = *(curBlock + 0x28);
    v14 = &OBJC_CLASS___MLOnesieChunkLoadTask;
    objc_msgSendSuper2(&curMLOnesieChunkLoadTask, "didReceiveData:error:", receivedData_
, 0LL);
    if ( *(curBlock + 0x30) )                   // = importedVar3 = LatencyTick
    {
      if ( *(curBlock + 0x50) )                 // importedVar7
      {
        v4 = objc_msgSend_3E84298(*(curBlock + 0x38), "firstObject");// importedVar4
        v5 = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(v4);
        v6 = v5;
        v7 = objc_msgSend_3E84298(v5, "format");
        v8 = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(v7);
        objc_release_3E842BC(v6);
        objc_msgSend_3E84298(*(curBlock + 0x28), "logLatencyTick:format:", *(curBlock +
0x30), v8);
        objc_release_3E842BC(v8);
      }
    }
  }
  if ( *(curBlock + 0x51) )                     // importedVar8
  {
    if ( objc_msgSend_3E84298(*(curBlock + 0x40), "isBounded")// importedVar5 = HAMRange

      && objc_msgSend_3E84298(*(curBlock + 0x40), "length") == *(*(*(curBlock + 0x48) +
8LL) + 0x18LL) )// curBlock + 0x48 = importedVar6
    {
      newHamError_ = 0LL;
```

```
    }
    else
    {
      newHamError = objc_msgSend_3E84298(&OBJC_CLASS___NSError, "HAMErrorWithCode:", 10
000LL);
      newHamError_ = objc_retainAutoreleasedReturnValue_3E842EC(newHamError);
    }
    curMLOnesieChunkLoadTask_ = *(curBlock + 0x28);
    v12 = &OBJC_CLASS___MLOnesieChunkLoadTask;
    objc_msgSendSuper2(&curMLOnesieChunkLoadTask_, "didCompleteWithError:", newHamError_
);
    objc_release_3E842BC(newHamError_);
  }
}
```



相对来说，更加明确了代码大概的逻辑：

- 判断接受到的 `data` 数据，是否为空
  - 如果不为空，继续处理
    - 如果有错误，则log记录延迟？lantency的tick
- 如果 `curBlock + 0x51` 不为空
  - 处理HAMRange相关的，判断是isBounded 且length长度符合预期
    - 则表示error为空
  - 否则表示有error错误
    - 则继续去生成错误，错误码是 `10000`
    - 并报错： `MLOnesieChunkLoadTask_ didCompleteWithError:`

-》如果加上前后文和相关代码逻辑，就会越加的，逐渐的，彻底搞懂：代码逻辑。

如此，iOS逆向中，研究函数调用时，常会用到Block：（匿名的）异步函数调用

加上imported variables，搞清楚参数的传递

和上下文代码的逻辑和类、函数等内容

才能真正的，一点点的，搞懂代码逻辑调用，和具体函数参数等详细的代码逻辑。

Block心得

TODO：

- 【已解决】Xcode中lldb调试遇到Block类型变量 `__NSMallocBlock__`
- 【整理】iOS的ObjC的Block函数：_Block_object_dispose
- 【整理】IDA使用心得：根据函数列表可以找到iOS的ObjC的Block的回调函数
- 【整理】iOS逆向心得：Block被调用时的函数参数
- 特殊情况
  - 嵌套调用
    - 【整理】iOS逆向心得：Block嵌套调用举例
  - Block中调用其他Block
    - 【整理】iOS逆向心得：Block函数中调用引用变量中的其他Block函数

有些Block只有invoke，没有copy和dispose

举例：

是正常的，因为此时：

`BLOCK_HAS_COPY_DISPOSE = 0`

表示没有 `copy` 和 `dispose`

动态调试Block

TODO：

- 查看Block详情
  - 【已解决】研究抖音关注逻辑：用Block的调试函数去查看Block详情
- 把自己写的，打印Block各个属性详情的代码，整理过来

举例：

```
(lldb) reg r x0
      x0 = 0x000000014726ef70
(lldb) po 0x000000014726ef70
<__NSMallocBlock__: 0x14726ef70>
 signature:  "v32@?0@"NSError"8@16@"TTHttpResponse"24"
 invoke    : 0x111735758 (/private/var/containers/Bundle/Application/1FFDC079-CC8A-4219-
955A-E01C73207969/Aweme.app/Frameworks/AwemeCore.framework/AwemeCore`-[MKMapView(AWEMap)
 awe_screenScope])
 copy      : 0x108c97674 (/private/var/containers/Bundle/Application/1FFDC079-CC8A-4219-
955A-E01C73207969/Aweme.app/Frameworks/AwemeCore.framework/AwemeCore`-[AWELaunchMainPla
ceholder _generateBootLoaderLogs])
 dispose   : 0x108c9767c (/private/var/containers/Bundle/Application/1FFDC079-CC8A-4219-
955A-E01C73207969/Aweme.app/Frameworks/AwemeCore.framework/AwemeCore`-[AWELaunchMainPla
ceholder _generateBootLoaderLogs])
```

继续查看Block详情：

```
(lldb) po Block_size(0x14726ef70)
0x0000000000000030

(lldb) po _Block_has_signature(0x14726ef70)
0x0000000000000001

(lldb) po _Block_use_stret(0x14726ef70)
 nil
(lldb) po _Block_signature(0x14726ef70)
0x0000000107067dd6

(lldb) po _Block_layout(0x14726ef70)
 nil
(lldb) po _Block_extended_layout(0x14726ef70)
0x0000000000000100

(lldb) po _Block_tryRetain(0x14726ef70)
0x0000000000000001

(lldb) po _Block_isDeallocating(0x14726ef70)
 nil
```

相关objc函数

- `objc_retainBlock`
  - 详见：objc_retainBlock · iOS逆向开发：ObjC运行时

附录

下面列出相关参考资料。

参考资料

- Working with Blocks
- Objective-C Automatic Reference Counting (ARC) — Clang 16.0.0git documentation
- Block 的 Block_descriptor_1 | SeanChense
- Block 实现中的 flags | SeanChense
- Block Implementation Specification — Clang 15.0.0git documentation (llvm.org)
- iOS底层原理篇(十八) ---- Block底层原理_@Block_Smile的博客-CSDN博客
- 一种查看Block中引用的所有外部对象的实现方法 - K码农 (kmanong.top)
- block那些事——block 内部结构(1/5) | 雪峰的blog (zxfcumtcs.github.io)
- block那些事——block copy(2/5) | 雪峰的blog (zxfcumtcs.github.io)
- iOS Block 总结 | Edgar's Blog (tbfungeek.github.io)
- 【译】《A look inside blocks Episode 3 (Block_copy)》 - 掘金
- A look inside blocks: Episode 3 (Block_copy) - Matt Galloway
- A look inside blocks: Episode 1 - Matt Galloway
- A look inside blocks: Episode 2 - Matt Galloway
- mikeash.com: Friday Q&A 2010-01-22: Toll Free Bridging Internals
- objective c - Is there a way to wrap an ObjectiveC block into function pointer? - OGeek|极客中国-技术改变生活,极客改变未来
- mikeash.com: Friday Q&A 2010-02-12: Trampolining Blocks with Mutable Code
- iOS的Block定义的结构图 | ProcessOn免费在线作图,在线流程图,在线思维导图
- data.m