Runtime

@M了个J

https://github.com/CoderMJLee

实力IT教育 www.520it.com

小码哥教育 SEEMYGO

面试题

- 讲一下 OC 的消息机制
  - OC中的方法调用其实都是转成了objc_msgSend函数的调用，给receiver（方法调用者）发送了一条消息（selector方法名）
  - objc_msgSend底层有3大阶段
    - ✓ 消息发送（当前类、父类中查找）、动态方法解析、消息转发

- 消息转发机制流程

- 什么是Runtime？平时项目中有用过么？
  - OC是一门动态性比较强的编程语言，允许很多操作推迟到程序运行时再进行
  - OC的动态性就是由Runtime来支撑和实现的，Runtime是一套C语言的API，封装了很多动态性相关的函数
  - 平时编写的OC代码，底层都是转换成了Runtime API进行调用

  - 具体应用
    - ✓ 利用关联对象（AssociatedObject）给分类添加属性
    - ✓ 遍历类的所有成员变量（修改textfield的占位文字颜色、字典转模型、自动归档解档）
    - ✓ 交换方法实现（交换系统的方法）
    - ✓ 利用消息转发机制解决方法找不到的异常问题
    - ✓ ……

面试题

- 打印结果分别是什么？

```
@interface MJStudent : MJPerson

@end
```

```
@interface MJPerson : NSObject

@end
```

```
@implementation MJStudent
- (instancetype)init
{
    if (self = [super init]) {
        NSLog(@"[self class] = %@", [self class]);
        NSLog(@"[super class] = %@", [super class]);
        NSLog(@"[self superclass] = %@", [self superclass]);
        NSLog(@"[super superclass] = %@", [super superclass]);
    }
    return self;
}
@end
```

```
BOOL res1 = [[NSObject class] isKindOfClass:[NSObject class]];
BOOL res2 = [[NSObject class] isMemberOfClass:[NSObject class]];
BOOL res3 = [[MJPerson class] isKindOfClass:[MJPerson class]];
BOOL res4 = [[MJPerson class] isMemberOfClass:[MJPerson class]];

NSLog(@"%d %d %d %d", res1, res2, res3, res4);
```

小码哥教育 SEEMYGO

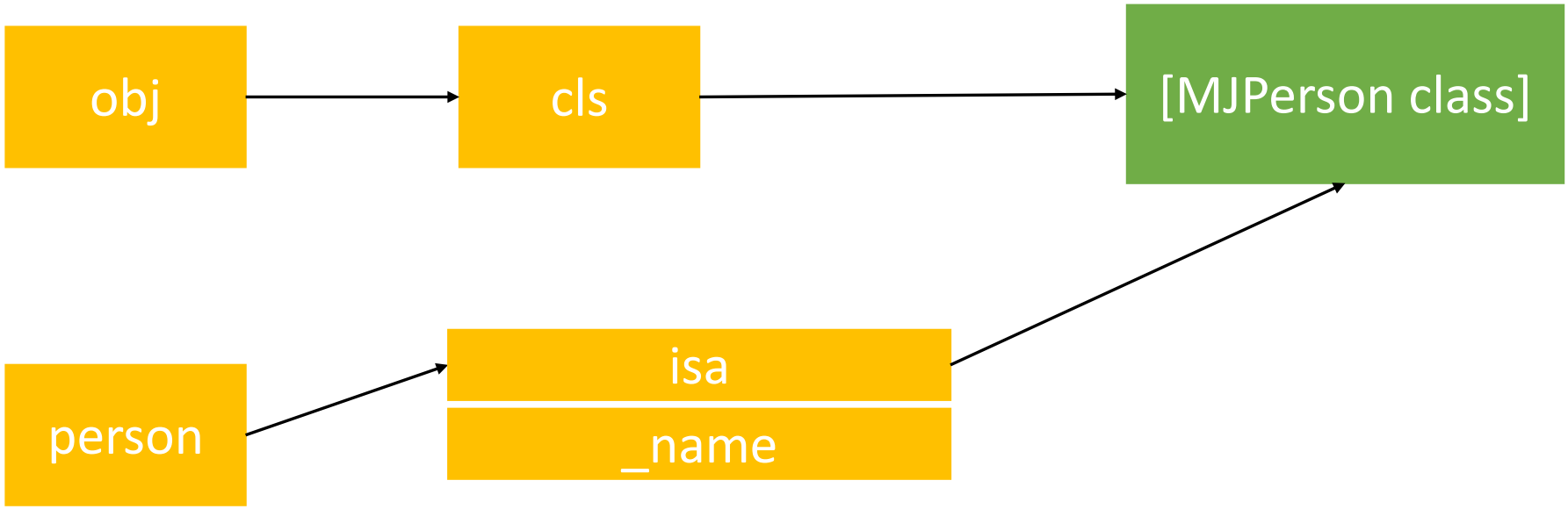
面试题

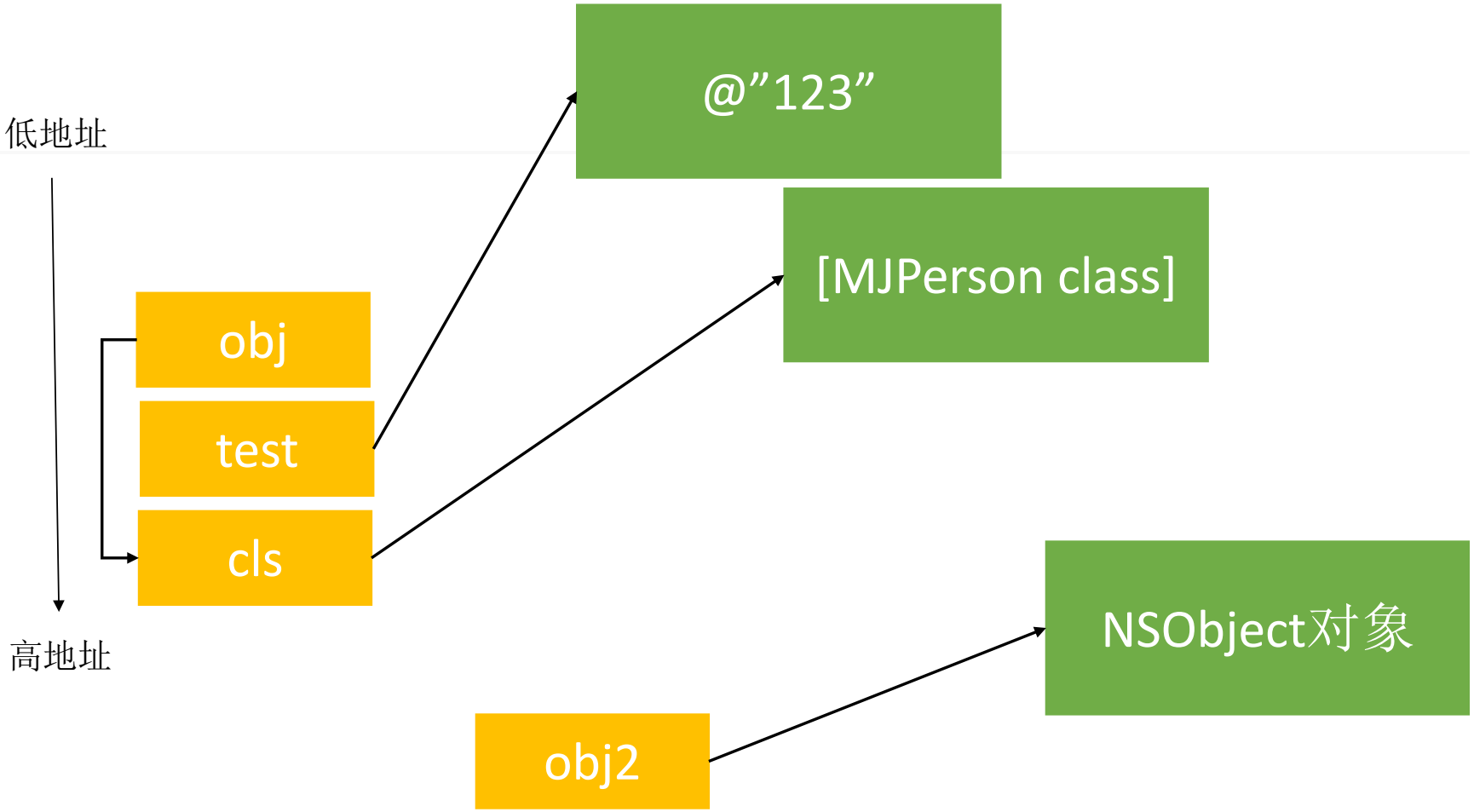
- 以下代码能不能执行成功？如果可以，打印结果是什么？

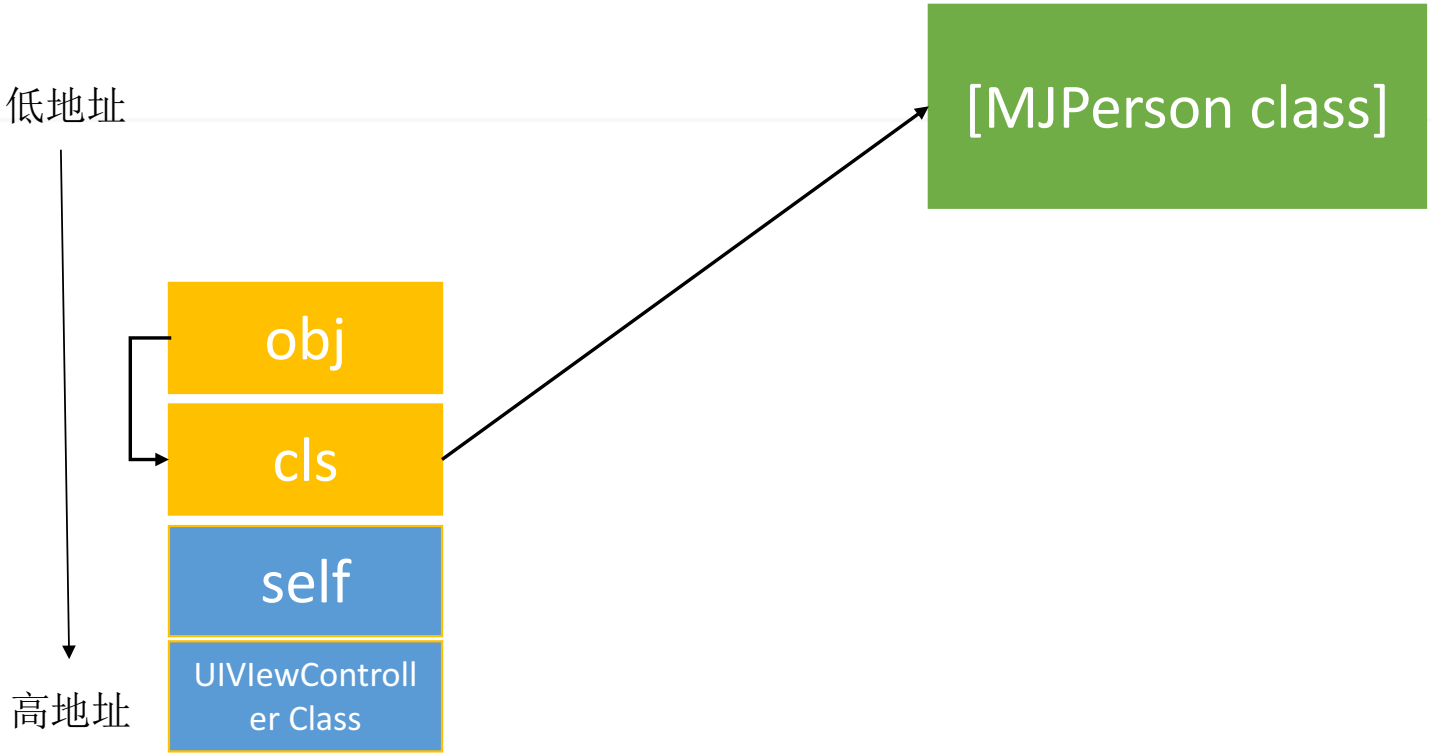
```
@interface MJPerson : NSObject
@property (nonatomic, copy) NSString *name;
- (void)print;
@end
```

```
@implementation MJPerson
- (void)print {
    NSLog(@"my name's %@", self.name);
}
@end
```

```
@implementation ViewController

- (void)viewDidLoad {
    [super viewDidLoad];

    id cls = [MJPerson class];
    void *obj = &cls;
    [(__bridge id)obj print];
}

@end
```


obj
cls
[MJPerson class]
person
isa
_name

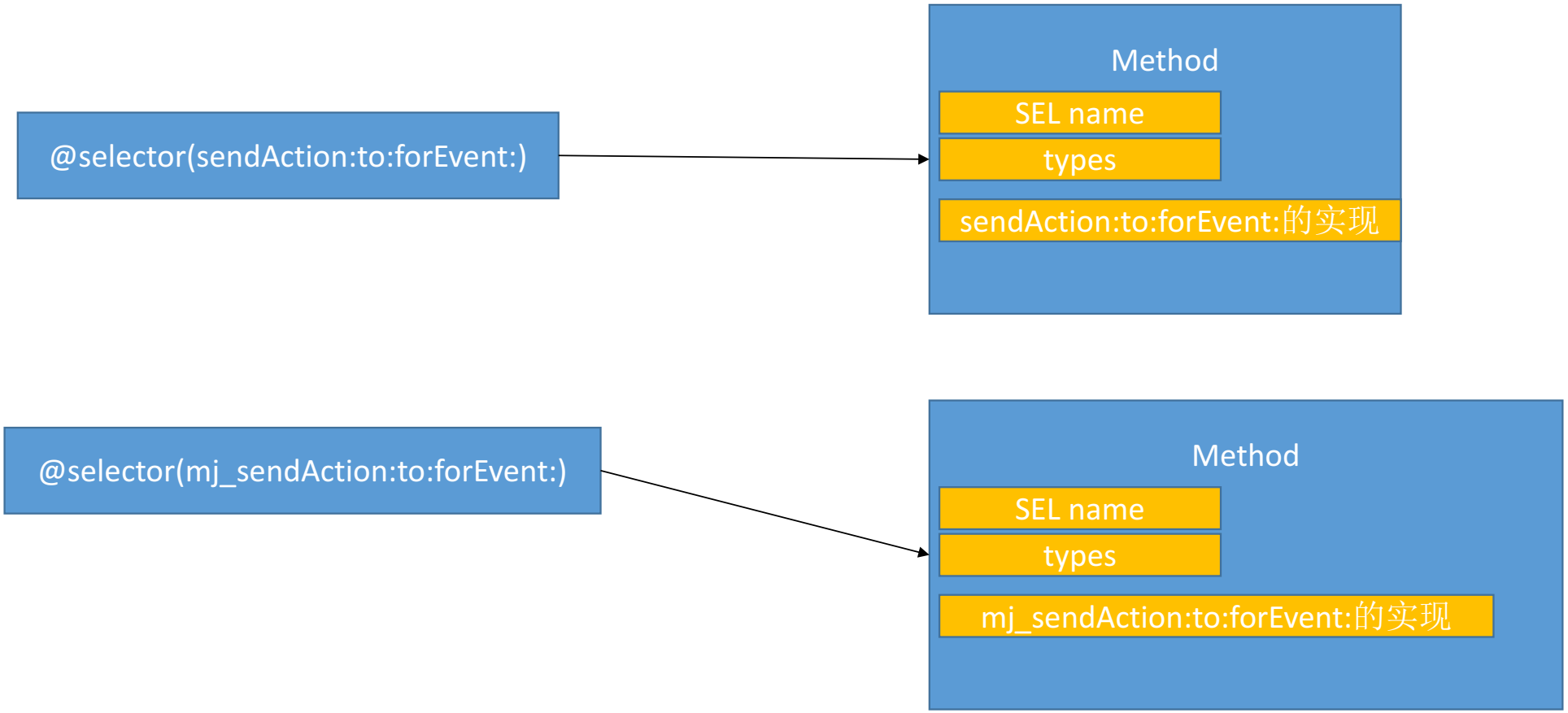

低地址
高地址
obj
test
cls
@”123”
[MJPerson class]
obj2
NSObject对象

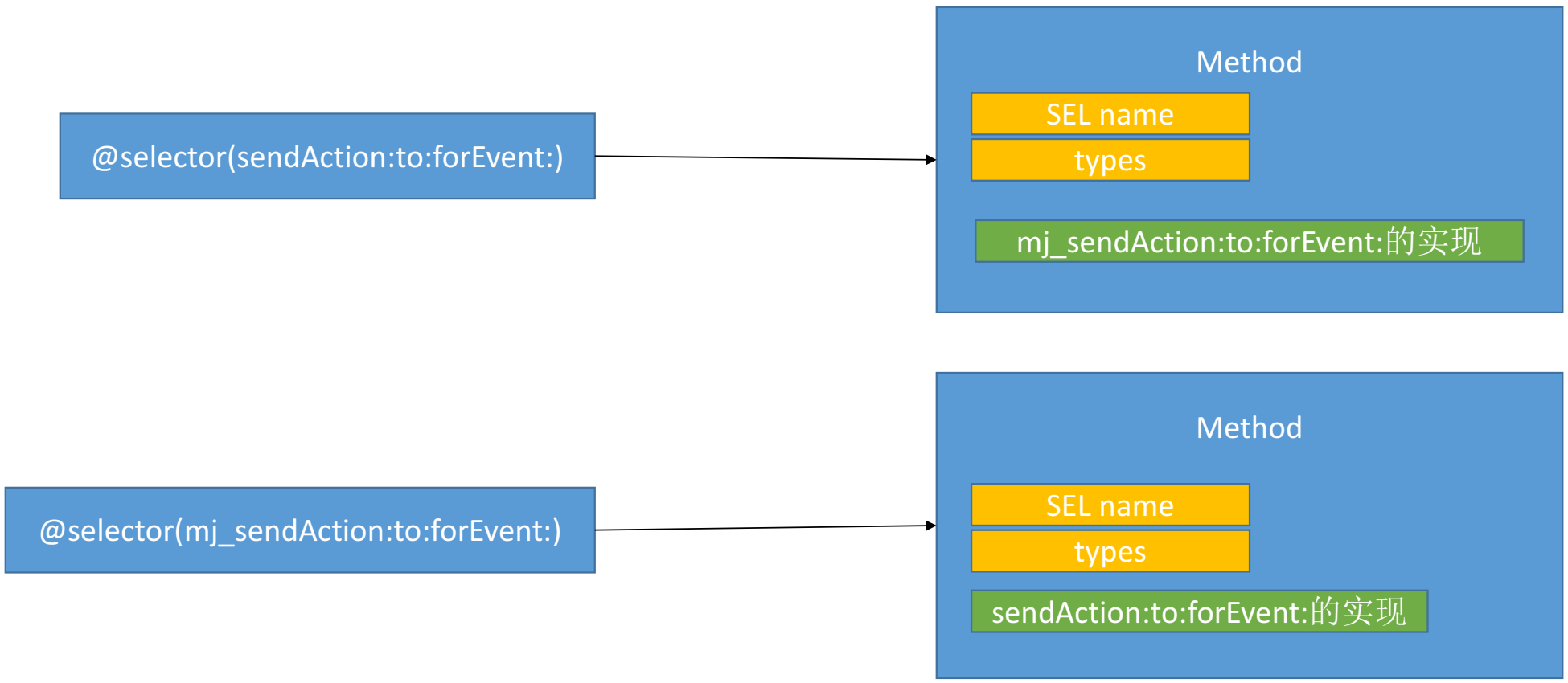

低地址
高地址
obj
cls
self
UIVIewControll
er Class
[MJPerson class]

小码哥教育 SEEMYGO

Runtime

- Objective-C是一门动态性比较强的编程语言，跟C、C++等语言有着很大的不同
- Objective-C的动态性是由Runtime API来支撑的
- Runtime API提供的接口基本都是C语言的，源码由C\C++\汇编语言编写


@selector(sendAction:to:forEvent:)
Method
SEL name
types
sendAction:to:forEvent:的实现
@selector(mj_sendAction:to:forEvent:)
Method
SEL name
types
mj_sendAction:to:forEvent:的实现


@selector(sendAction:to:forEvent:)
Method
SEL name
types
mj_sendAction:to:forEvent:的实现
@selector(mj_sendAction:to:forEvent:)
Method
SEL name
types
sendAction:to:forEvent:的实现

isa详解

- 要想学习Runtime，首先要了解它底层的一些常用数据结构，比如isa指针
- 在arm64架构之前，isa就是一个普通的指针，存储着Class、Meta-Class对象的内存地址
- 从arm64架构开始，对isa进行了优化，变成了一个共用体（union）结构，还使用位域来存储更多的信息

```
union isa_t
{
    Class cls;
    uintptr_t bits;
    struct {
        uintptr_t nonpointer        : 1;
        uintptr_t has_assoc         : 1;
        uintptr_t has_cxx_dtor      : 1;
        uintptr_t shiftcls          : 33;
        uintptr_t magic             : 6;
        uintptr_t weakly_referenced : 1;
        uintptr_t deallocating      : 1;
        uintptr_t has_sidetable_rc  : 1;
        uintptr_t extra_rc          : 19;
    };
};
```

isa详解 – 位域

- nonpointer
  - 0，代表普通的指针，存储着Class、Meta-Class对象的内存地址
  - 1，代表优化过，使用位域存储更多的信息
- has_assoc
  - 是否有设置过关联对象，如果没有，释放时会更快
- has_cxx_dtor
  - 是否有C++的析构函数（.cxx_destruct），如果没有，释放时会更快
- shiftcls
  - 存储着Class、Meta-Class对象的内存地址信息
- magic
  - 用于在调试时分辨对象是否未完成初始化
- weakly_referenced
  - 是否有被弱引用指向过，如果没有，释放时会更快
- deallocating
  - 对象是否正在释放
- extra_rc
  - 里面存储的值是引用计数器减1
- has_sidetable_rc
  - 引用计数器是否过大无法存储在isa中
  - 如果为1，那么引用计数会存储在一个叫SideTable的类的属性中

小码哥教育 SEEMYGO

Class的结构

```
struct objc_class {
    Class isa;
    Class superclass;
    cache_t cache;  // 方法缓存
    class_data_bits_t bits; // 用于获取具体的类信息
};
```

& FAST_DATA_MASK

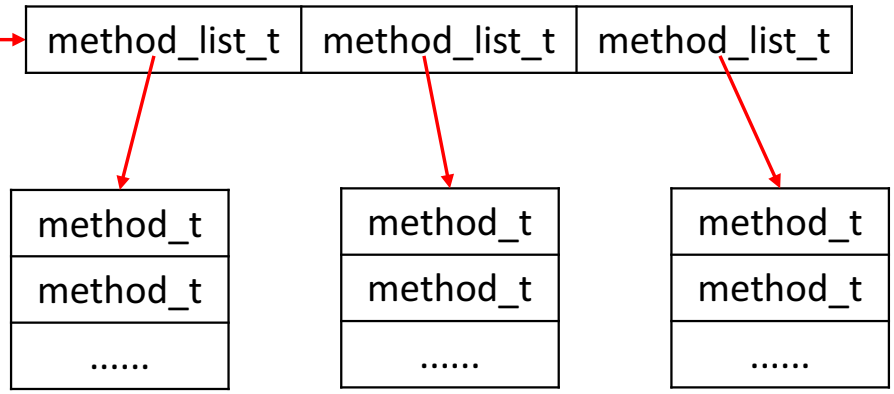
```
struct class_rw_t {
    uint32_t flags;
    uint32_t version;
    const class_ro_t *ro;
    method_list_t * methods;     // 方法列表
    property_list_t *properties;     // 属性列表
    const protocol_list_t * protocols;  // 协议列表
    Class firstSubclass;
    Class nextSiblingClass;
    char *demangledName;
};
```

```
struct class_ro_t {
    uint32_t flags;
    uint32_t instanceStart;
    uint32_t instanceSize;  // instance对象占用的内存空间
#ifdef __LP64__
    uint32_t reserved;
#endif
    const uint8_t * ivarLayout;
    const char * name;  // 类名
    method_list_t * baseMethodList;
    protocol_list_t * baseProtocols;
    const ivar_list_t * ivars;  // 成员变量列表
    const uint8_t * weakIvarLayout;
    property_list_t *baseProperties;
};
```

class_rw_t

- class_rw_t里面的methods、properties、protocols是二维数组，是可读可写的，包含了类的初始内容、分类的内容

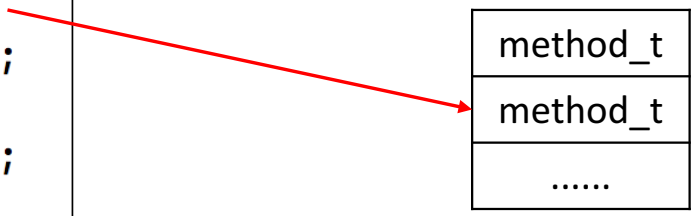
```
struct class_rw_t {
    method_array_t methods;
    property_array_t properties;
    protocol_array_t protocols;
};
```



class_ro_t

- class_ro_t里面的baseMethodList、baseProtocols、ivars、baseProperties是一维数组，是只读的，包含了类的初始内容

```
struct class_ro_t {
    method_list_t * baseMethodList;
    protocol_list_t * baseProtocols;
    const ivar_list_t * ivars;
    property_list_t *baseProperties;
};
```



method_t

- method_t是对方法\函数的封装

```
struct method_t {
    SEL name;    // 函数名
    const char *types;  // 编码（返回值类型、参数类型）
    IMP imp;     // 指向函数的指针（函数地址）
};
```

- IMP代表函数的具体实现

```
typedef id _Nullable (*IMP)(id _Nonnull, SEL _Nonnull, ...);
```

- SEL代表方法\函数名，一般叫做选择器，底层结构跟char *类似
  - 可以通过@selector()和sel_registerName()获得
  - 可以通过sel_getName()和NSStringFromSelector()转成字符串
  - 不同类中相同名字的方法，所对应的方法选择器是相同的

```
typedef struct objc_selector *SEL;
```

- types包含了函数返回值、参数编码的字符串

返回值	参数1	参数2	.....	参数n

Type Encoding

- iOS中提供了一个叫做@encode的指令，可以将具体的类型表示成字符串编码

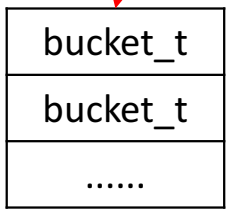
Code	Meaning
c	A char
i	An int
s	A short
l	A long l is treated as a 32-bit quantity on 64-bit programs.
q	A long long
C	An unsigned char
I	An unsigned int
S	An unsigned short
L	An unsigned long
Q	An unsigned long long
f	A float
d	A double
B	A C++ bool or a C99 _Bool
v	A void
*	A character string (char *)
@	An object (whether statically typed or typed id)
#	A class object (Class)
:	A method selector (SEL)
[*array type*]	An array
{*name=type...*}	A structure
(*name=type...*)	A union
bnum	A bit field of *num* bits
^type	A pointer to *type*
?	An unknown type (among other things, this code is used for function pointers)

方法缓存

- Class内部结构中有个方法缓存（cache_t），用散列表（哈希表）来缓存曾经调用过的方法，可以提高方法的查找速度

```
struct cache_t {
    struct bucket_t *_buckets;   // 散列表
    mask_t _mask;    // 散列表的长度 - 1
    mask_t _occupied;    // 已经缓存的方法数量
};
```

```
struct bucket_t {
    cache_key_t _key;    //  SEL作为key
    IMP _imp;    // 函数的内存地址
};
```



- 缓存查找
  - objc-cache.mm
  - bucket_t * cache_t::find(cache_key_t k, id receiver)

小码哥教育 SEEMYGO

@selector(studentTest) & _mask = 2

@selector(personTest) & _mask = 2

@selector(goodStudentTest) & _mask = 7

空间换时间

f(key) == index

0	NULL
1	NULL
2	bucket_t（_key = @selector(personTest), _imp）
3	NULL
4	NULL
5	NULL
.....	.....

小码哥教育 SEEMYGO

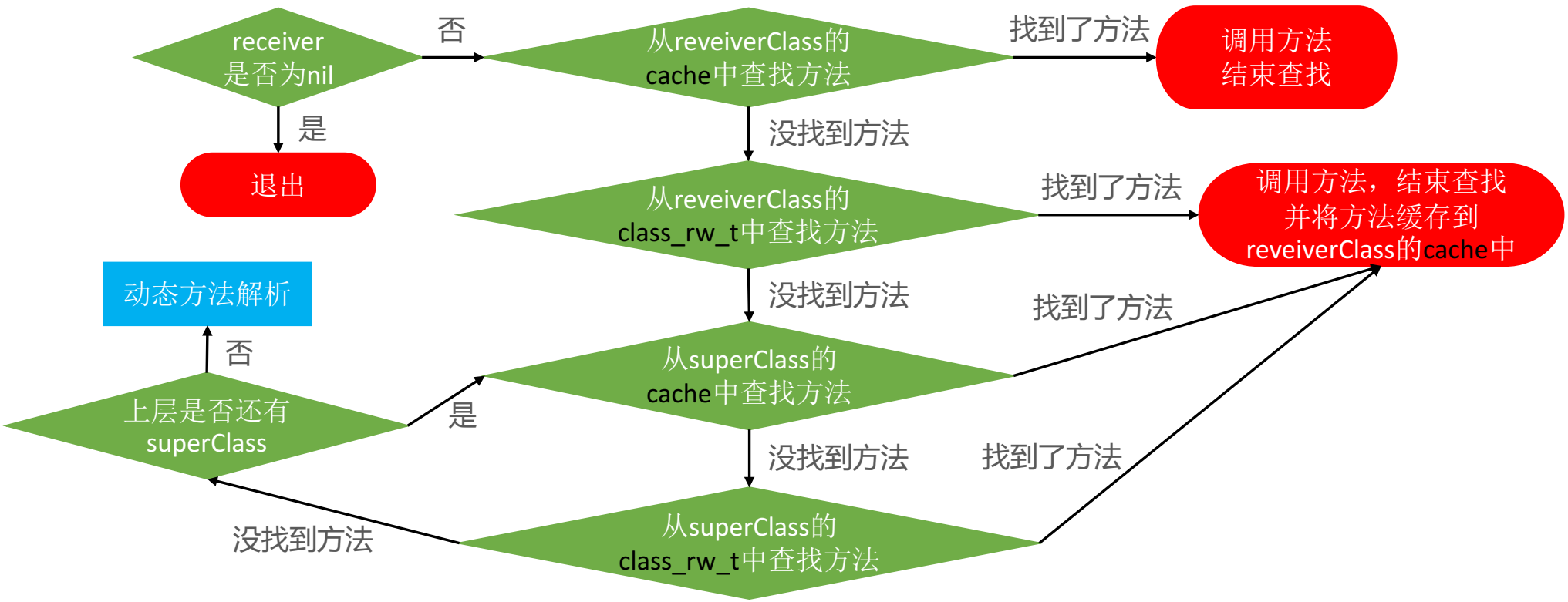
objc_msgSend执行流程

- OC中的方法调用，其实都是转换为objc_msgSend函数的调用
- objc_msgSend的执行流程可以分为3大阶段
  - 消息发送
  - 动态方法解析
  - 消息转发

objc_msgSend执行流程 – 源码跟读

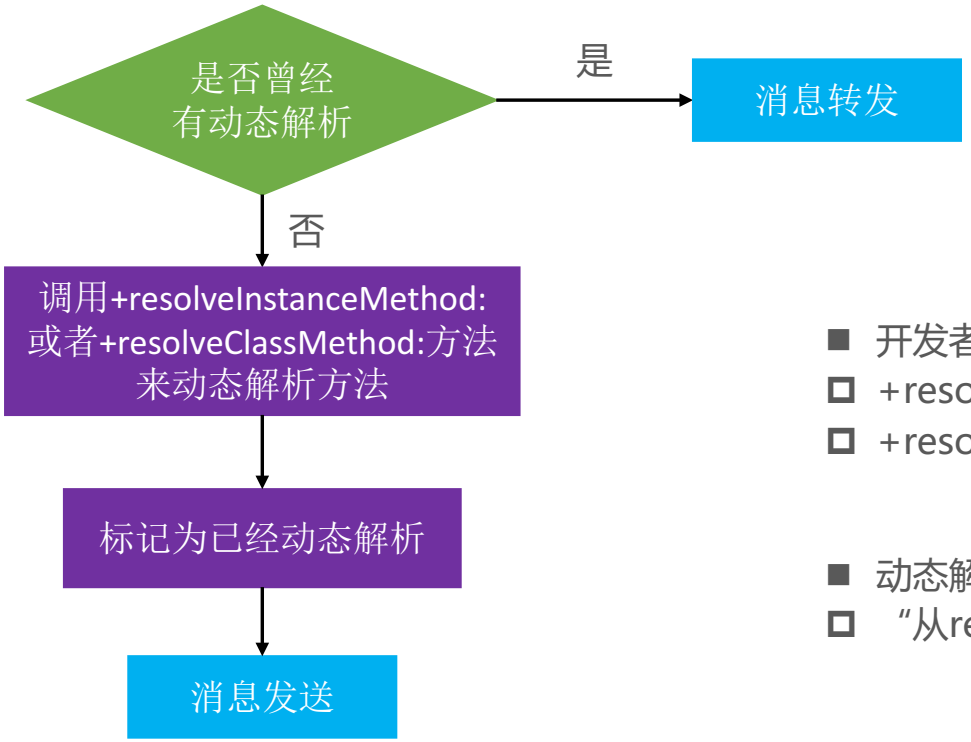
- objc-msg-arm64.s
  - ENTRY _objc_msgSend
  - b.le LNilOrTagged
  - CacheLookup NORMAL
  - .macro CacheLookup
  - .macro CheckMiss
  - STATIC_ENTRY __objc_msgSend_uncached
  - .macro MethodTableLookup
  - __class_lookupMethodAndLoadCache3
- objc-runtime-new.mm
  - _class_lookupMethodAndLoadCache3
  - lookUpImpOrForward
  - getMethodNoSuper_nolock、search_method_list、log_and_fill_cache
  - cache_getImp、log_and_fill_cache、getMethodNoSuper_nolock、log_and_fill_cache
  - _class_resolveInstanceMethod
  - _objc_msgForward_impcache
- objc-msg-arm64.s
  - STATIC_ENTRY __objc_msgForward_impcache
  - ENTRY __objc_msgForward
- Core Foundation
  - __forwarding__（不开源）

objc_msgSend执行流程01-消息发送



- 如果是从class_rw_t中查找方法
  - 已经排序的，二分查找
  - 没有排序的，遍历查找
- receiver通过isa指针找到receiverClass
- receiverClass通过superclass指针找到superClass

objc_msgSend执行流程02-动态方法解析



- 开发者可以实现以下方法，来动态添加方法实现
  - +resolveInstanceMethod:
  - +resolveClassMethod:

- 动态解析过后，会重新走“消息发送”的流程
  - “从receiverClass的cache中查找方法”这一步开始执行

动态添加方法

```
+ (BOOL)resolveInstanceMethod:(SEL)sel
{
    if (sel == @selector(test)) {
        Method method = class_getInstanceMethod(self, @selector(other));
        class_addMethod(self,
                        sel,
                        method_getImplementation(method),
                        method_getTypeEncoding(method));
        return YES;
    }
    return [super resolveInstanceMethod:sel];
}
```

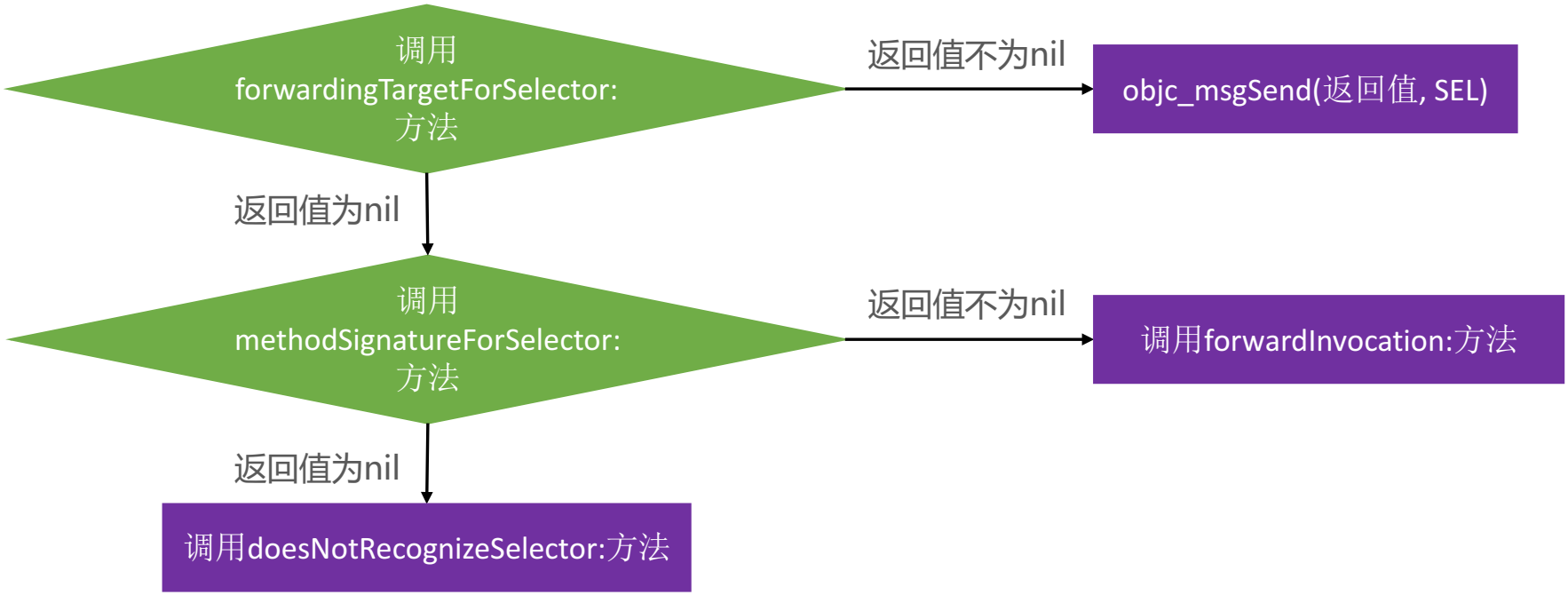
```
void other(id self, SEL _cmd)
{
    NSLog(@"%@-%s--%s", self, sel_getName(_cmd), __func__);
}

+ (BOOL)resolveInstanceMethod:(SEL)sel
{
    if (sel == @selector(test)) {
        class_addMethod(self, sel, (IMP)other, "v@:");
        return YES;
    }
    return [super resolveInstanceMethod:sel];
}
```

Method可以理解为等价于struct method_t *

```
@interface MJPerson : NSObject
@property (assign, nonatomic) int age;
@end

@implementation MJPerson
@dynamic age;
@end
```

@dynamic是告诉编译器不用自动生成getter和setter的实现，等到运行时再添加方法实现

objc_msgSend的执行流程03-消息转发



- 开发者可以在forwardInvocation:方法中自定义任何逻辑
- 以上方法都有对象方法、类方法2个版本（前面可以是加号+，也可以是减号-）

小码哥教育 SEEMYGO

生成NSMethodSignature

```
NSMethodSignature *signature = [NSMethodSignature signatureWithObjCTypes:"i@:i"];
```

```
NSMethodSignature *signature = [[[MJStudent alloc] init] methodSignatureForSelector:@selector(test:)];
```

super的本质

- super调用，底层会转换为objc_msgSendSuper2函数的调用，接收2个参数
  - struct objc_super2
  - SEL

```
struct objc_super2 {
    id receiver;
    Class current_class;
};
```

- receiver是消息接收者
- current_class是receiver的Class对象

LLVM的中间代码（IR）

- Objective-C在变为机器代码之前，会被LLVM编译器转换为中间代码（Intermediate Representation）

- 可以使用以下命令行指令生成中间代码
  - clang -emit-llvm -S main.m

- 语法简介
  - @ - 全局变量
  - % - 局部变量
  - alloca - 在当前执行的函数的堆栈帧中分配内存，当该函数返回到其调用者时，将自动释放内存
  - i32 - 32位4字节的整数
  - align - 对齐
  - load - 读出，store 写入
  - icmp - 两个整数值比较，返回布尔值
  - br - 选择分支，根据条件来转向label，不根据条件跳转的话类似 goto
  - label - 代码标签
  - call - 调用函数

- 具体可以参考官方文档：https://llvm.org/docs/LangRef.html

Runtime的应用01 – 查看私有成员变量

- 设置UITextField占位文字的颜色

```
self.textField.placeholder = @"请输入用户名";
[self.textField setValue:[UIColor redColor] forKeyPath:@"_placeholderLabel.textColor"];
```

Runtime的应用02 – 字典转模型

- 利用Runtime遍历所有的属性或者成员变量
- 利用KVC设值

小码哥教育 SEEMYGO

Runtime的应用02 – 替换方法实现

- class_replaceMethod
- method_exchangeImplementations

Runtime API01 – 类

- 动态创建一个类（参数：父类，类名，额外的内存空间）
```
Class objc_allocateClassPair(Class superclass, const char *name, size_t extraBytes)
```

- 注册一个类（要在类注册之前添加成员变量）
```
void objc_registerClassPair(Class cls)
```

- 销毁一个类
```
void objc_disposeClassPair(Class cls)
```

- 获取isa指向的Class
```
Class object_getClass(id obj)
```

- 设置isa指向的Class
```
Class object_setClass(id obj, Class cls)
```

- 判断一个OC对象是否为Class
```
BOOL object_isClass(id obj)
```

- 判断一个Class是否为元类
```
BOOL class_isMetaClass(Class cls)
```

- 获取父类
```
Class class_getSuperclass(Class cls)
```

Runtime API02 – 成员变量

- 获取一个实例变量信息
  - `Ivar class_getInstanceVariable(Class cls, const char *name)`

- 拷贝实例变量列表（最后需要调用free释放）
  - `Ivar *class_copyIvarList(Class cls, unsigned int *outCount)`

- 设置和获取成员变量的值
  - `void object_setIvar(id obj, Ivar ivar, id value)`
  - `id object_getIvar(id obj, Ivar ivar)`

- 动态添加成员变量（已经注册的类是不能动态添加成员变量的）
  - `BOOL class_addIvar(Class cls, const char * name, size_t size, uint8_t alignment, const char * types)`

- 获取成员变量的相关信息
  - `const char *ivar_getName(Ivar v)`
  - `const char *ivar_getTypeEncoding(Ivar v)`

Runtime API03 – 属性

- 获取一个属性
  - `objc_property_t class_getProperty(Class cls, const char *name)`

- 拷贝属性列表（最后需要调用free释放）
  - `objc_property_t *class_copyPropertyList(Class cls, unsigned int *outCount)`

- 动态添加属性
  - `BOOL class_addProperty(Class cls, const char *name, const objc_property_attribute_t *attributes, unsigned int attributeCount)`

- 动态替换属性
  - `void class_replaceProperty(Class cls, const char *name, const objc_property_attribute_t *attributes, unsigned int attributeCount)`

- 获取属性的一些信息
  - `const char *property_getName(objc_property_t property)`
  - `const char *property_getAttributes(objc_property_t property)`

Runtime API04 – 方法

- 获得一个实例方法、类方法
- `Method class_getInstanceMethod(Class cls, SEL name)`
- `Method class_getClassMethod(Class cls, SEL name)`

- 方法实现相关操作
- `IMP class_getMethodImplementation(Class cls, SEL name)`
- `IMP method_setImplementation(Method m, IMP imp)`
- `void method_exchangeImplementations(Method m1, Method m2)`

- 拷贝方法列表（最后需要调用free释放）
- `Method *class_copyMethodList(Class cls, unsigned int *outCount)`

- 动态添加方法
- `BOOL class_addMethod(Class cls, SEL name, IMP imp, const char *types)`

- 动态替换方法
- `IMP class_replaceMethod(Class cls, SEL name, IMP imp, const char *types)`

- 获取方法的相关信息（带有copy的需要调用free去释放）
- `SEL method_getName(Method m)`
- `IMP method_getImplementation(Method m)`
- `const char *method_getTypeEncoding(Method m)`
- `unsigned int method_getNumberOfArguments(Method m)`
- `char *method_copyReturnType(Method m)`
- `char *method_copyArgumentType(Method m, unsigned int index)`

小码哥教育 SEEMYGO

Runtime API04 – 方法

- 选择器相关
  - `const char *sel_getName(SEL sel)`
  - `SEL sel_registerName(const char *str)`

- 用block作为方法实现
  - `IMP imp_implementationWithBlock(id block)`
  - `id imp_getBlock(IMP anImp)`
  - `BOOL imp_removeBlock(IMP anImp)`