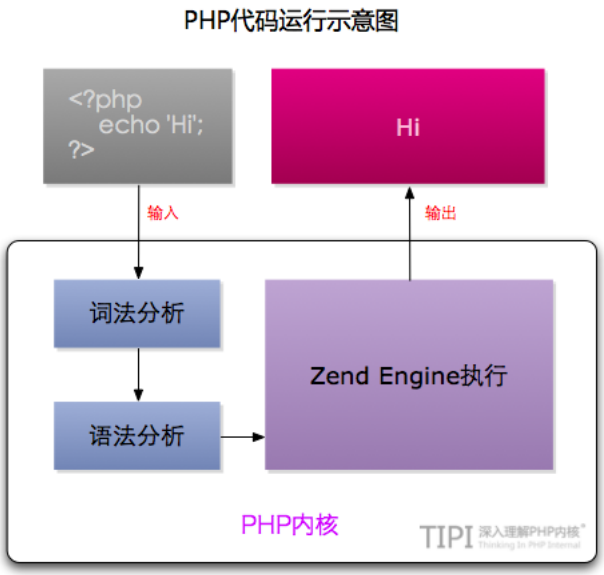
一段PHP代码的学习

创建： 张状，最新修改： 1分钟前

```php
<?php
   echo "Hello World";
   $a = 1 + 1;
   echo $a;
?>
```

运行php test.php会发生什么?



1、PHP生命周期

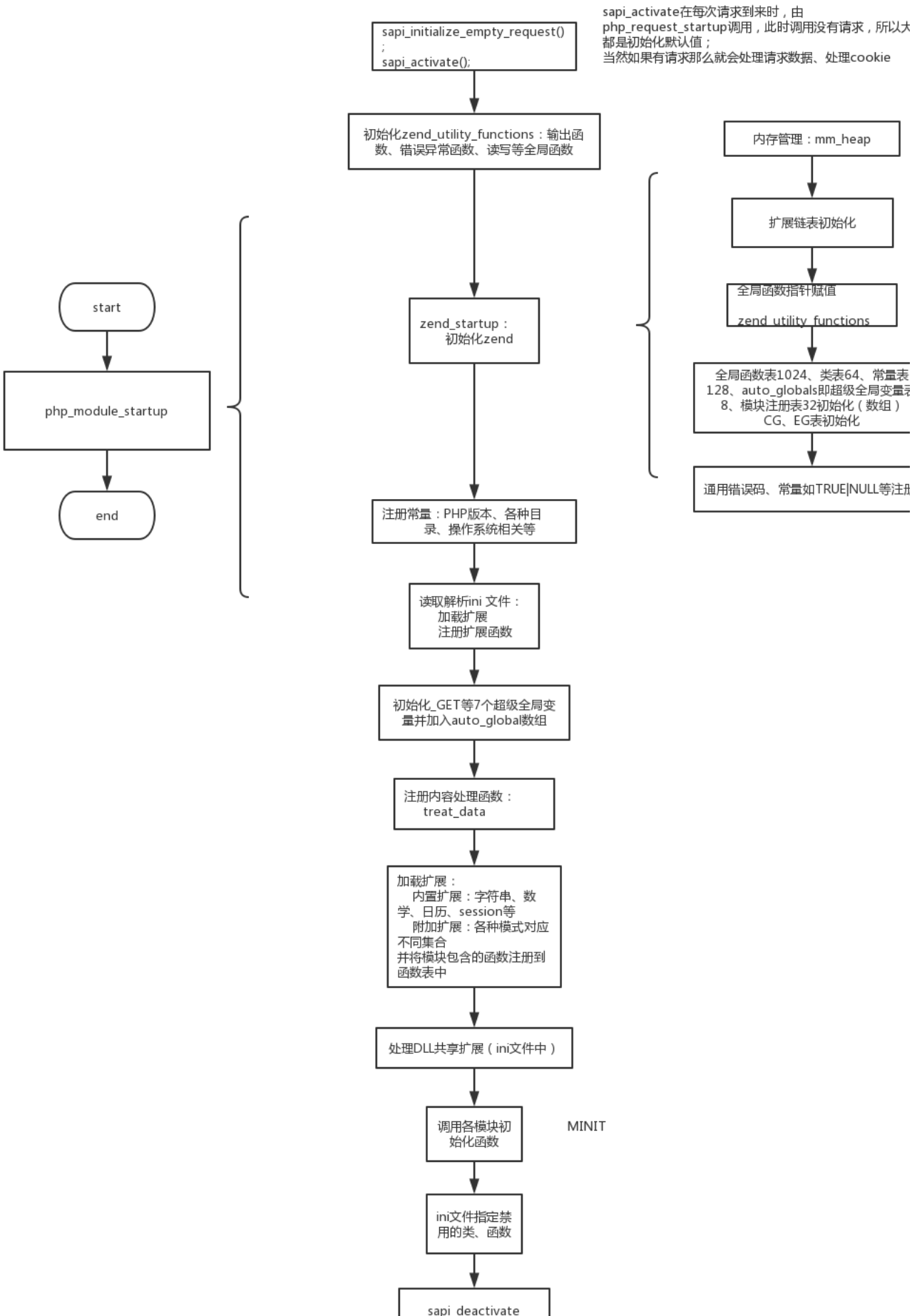
1.1 SAPI

- server application programming interface，PHP服务器端应用的编程接口
- apache（mod_php5）、CGI、IIS（ISAPI）、shell（CLI）等

正如在PC上无论安装哪些OS，只要这些OS满足PC的接口规范就可以运行，同理PHP脚本的执行可以有很多方式如web服务器、命令行、嵌入式等等，因此在PHP中需要一个统一的和其
据的接口----SAPI。

实现一个SAPI首先需要定义sapi_module_struct结构体（PHP-SRC/sapi/cgi/cgi_main.c:）：入口函数、请求处理函数、“析构函数”、ZEND读数据接口、ZEND写数据接口、常量如名字等

- php_cgi_startup入口函数：请求、shell调用PHP时的入口函数，
  - 一般都是调用php_module_startup进行初始化处理

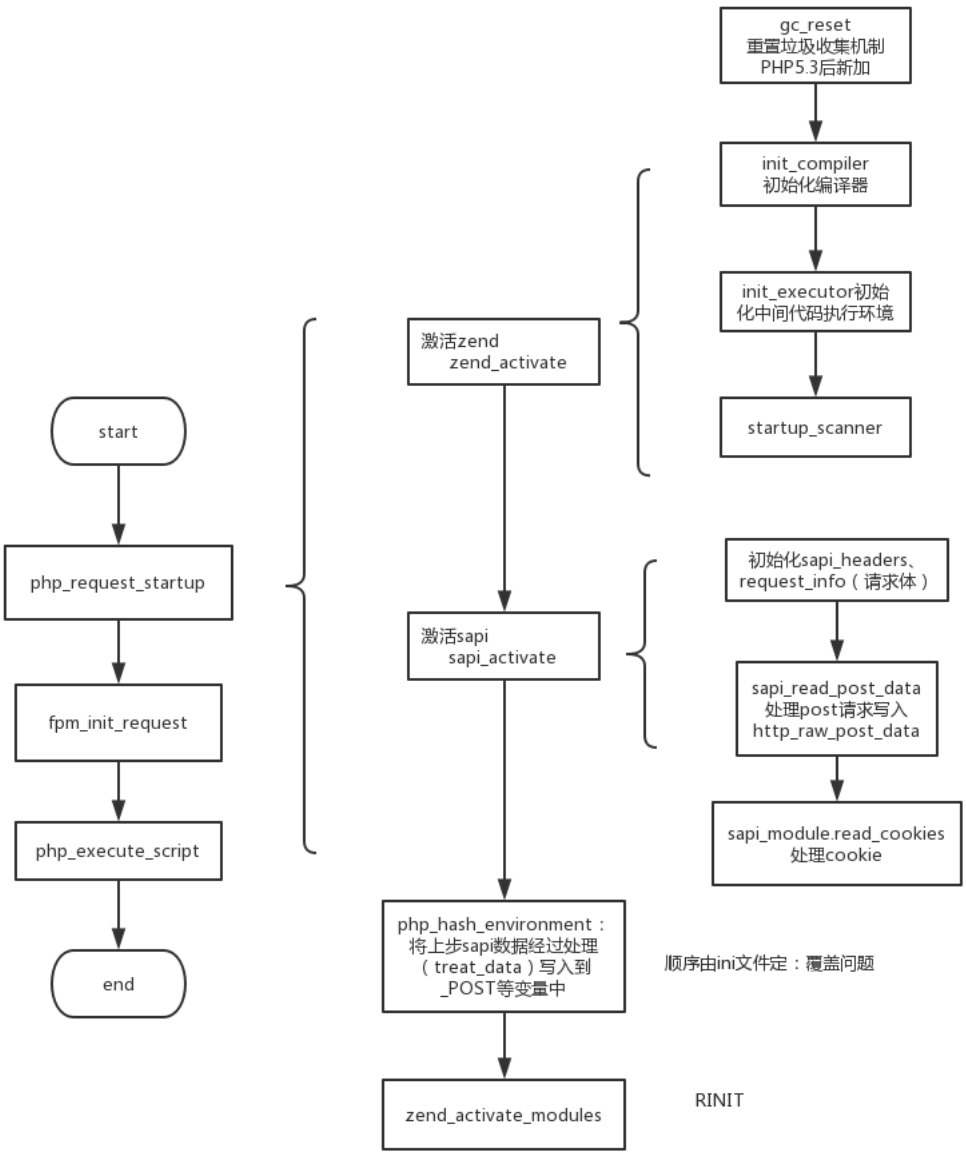


- sapi_cgi_activate请求处理函数
- sapi_cgi_deactivate请求收尾接口
- sapi_cgi_read_post读取post数据接口（CGI是stdin）
- sapi_cgi_read_cookies读取cookie接口

- sapi_cgi_register_variables对_SERVER添加变量

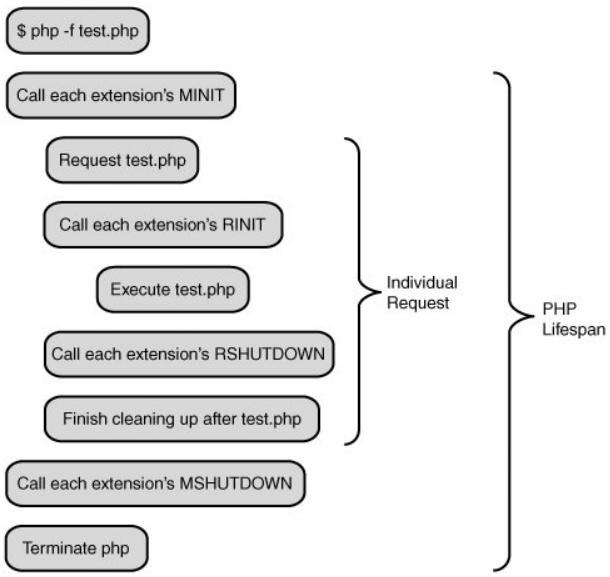
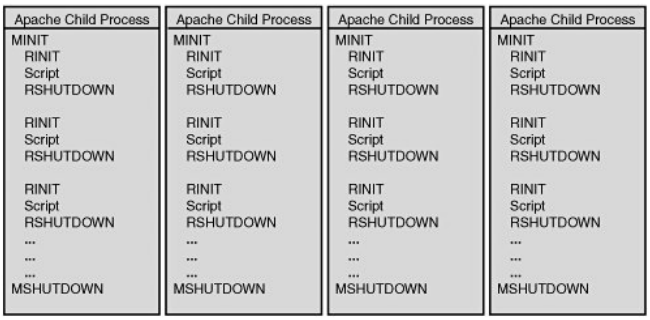
每当有请求时，启动每个模式对应的main函数：

- php_request_startup初始化请求
- php_execute_script执行脚本



一次请求都是从sapi执行开始，然后执行php逻辑，整个过程的生命周期如下图所示：

单进程单线程	多进程	多线

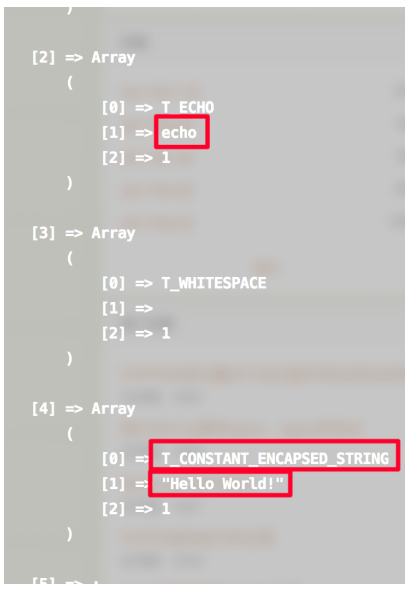
单进程单线程	多进程	多线
		

1.2 脚本执行

- scanning（lex）即词法分析，将PHP代码转化为token即语言片段
  - php使用re2c，mysql使用flex。
- parsing将token转化为有意义的表达式
- compile将表达式编译为opcodes
- execution执行

1.2.1 词法分析

回到我们最开始的例子中，当运行“ php test.php ”后，经过各种初始化操作，进入脚本执行阶段，通过PHP4.2之后提供的方法“ token_get_all ” 可以获得所有的token。

代码事例	输出token
	

```
1 <?php
2 echo"<pre>";
3 $phpcode = '<?php  echo "Hello World!";  $a = 1 + 1;  echo $a;  ?>';
4 // $tokens = token_get_all($phpcontent);
5 // print_r($tokens);
6 $tokens = token_get_all($phpcode);
7 foreach ($tokens as $key => $token) {
8     $tokens[$key][0] = token_name($token[0]);
9 }
10 print_r($tokens);
11 ?>
```

```
[2] => Array
    (
        [0] => T_ECHO
        [1] => echo
        [2] => 1
    )

[3] => Array
    (
        [0] => T_WHITESPACE
        [1] =>
        [2] => 1
    )

[4] => Array
    (
        [0] => T_CONSTANT_ENCAPSED_STRING
        [1] => "Hello World!"
        [2] => 1
    )
```

可以发现，代码中所有的字符串、空格、关键字、变量名等都会原样解析出来。

1.2.2 解析token

- 剔除多余空格
- 使用bison生成分析器文件，在PHP通过调用lex_scan，得到一个一个简单表达式

1.2.3 编译

获得opcode，保存在zend_op结构体中，所有opcodes保持在zend_op_array中

```
1
2  struct _zend_op {
3      opcode_handler_t handler; // 执行该opcode时调用的处理函数
4      znode result;
5      znode op1;
6      znode op2;
7      ulong extended_value;
```

```
    uint lineno;
    zend_uchar opcode; // opcode代码
};

//_zend_compiler_globals 编译时信息，包括函数表等
zend_compiler_globals    *compiler_globals;
//_zend_executor_globals 执行时信息
zend_executor_globals    *executor_globals;
//_php_core_globals 主要存储php.ini内的信息
php_core_globals         *core_globals;
//_sapi_globals_struct SAPI的信息
sapi_globals_struct      *sapi_globals;
```

1.2.4 执行

执行op_array即可。PHP有三种方式来进行opcode的处理：CALL，SWITCH和GOTO。

PHP默认使用CALL的方式，也就是函数调用的方式， 由于opcode执行是每个PHP程序频繁需要进行的操作，可以使用SWITCH或者GOTO的方式来分发， 通常GOTO的效率相对会高
提高依赖于不同的CPU。

1.2.4.1 执行上下文

在执行的过程中，变量名及指针主要存储于_zend_executor_globals的符号表中，_zend_executor_globals的结构这样的：

```
struct _zend_executor_globals {
    zval uninitialized_zval;
    zval error_zval;
    /* symbol table cache */
    zend_array *symtable_cache[SYMTABLE_CACHE_SIZE];
    zend_array **symtable_cache_limit;
    zend_array **symtable_cache_ptr;
    zend_array symbol_table;        /* main symbol table */
    HashTable included_files;   /* files already included */
    JMP_BUF *bailout;
    int error_reporting;
    int exit_status;

    struct _zend_execute_data *current_execute_data;
    HashTable *function_table;  /* function symbol table */
    HashTable *class_table;     /* class table */
    HashTable *zend_constants;  /* constants table */
    ...
};
struct _zend_execute_data {
    const zend_op       *opline;           /* executed opline                */
    zend_execute_data   *call;             /* current call                   */
    zval                *return_value;
    zend_function       *func;             /* executed function              */
    zval                 This;             /* this + call_info + num_args    */
    zend_execute_data   *prev_execute_data;
    zend_array          *symbol_table;
#if ZEND_EX_USE_RUN_TIME_CACHE
    void               **run_time_cache;   /* cache op_array->run_time_cache */
#endif
};
```

- symbol_table全局变量符号表，保存顶层作用域(即不在任何函数、对象等内)的变量
- _zend_execute_data 保存局部变量（symbol_table字段）
  - 随着执行函数变化，_zend_execute_data的symbol_table字段指向不同的符号表（函数调用时会初始化局部符号表）。
  - 其他函数的符号表放在栈中，当前函数调用完后会恢复之前的“ prev_execute_data ”。
  - 具体实现请参考源码Zend/zend_vm_execute.h：

```
/* Initialize execute_data */
execute_data = (zend_execute_data *)zend_vm_stack_alloc(
    sizeof(zend_execute_data) +
    sizeof(zval**) * op_array->last_var * (EG(active_symbol_table) ? 1 : 2) +
    sizeof(temp_variable) * op_array->T TSRMLS_CC);

EX(symbol_table) = EG(active_symbol_table);
EX(prev_execute_data) = EG(current_execute_data);
EG(current_execute_data) = execute_data;
```

- class_table类表
- zend_constants常量表
- function_table函数表

思考？静态变量去哪了？

PHP代码经过解析、编译后生成opcodes，这些opcode保存在zend_op_array中，同时这个结构体包含一个字段：static_variables即静态变量表。

```
a. static仅对本文件有效
b. 如果函数内不声明global，依然不可见
```

2、 内存管理

关于PHP内部变量的实现请移步PHP7优化点-底层变量篇，在该分享中我详细介绍了PHP5和7在变量实现上的不同，并初步分析PHP7性能优化的几个点，最后给出PHP7中数组的内存管

回到我们刚开始的测试代码，对于变量a在php底层会使用zval结构体保存其值，但是我们发现zval结构体中并没有“ name ”字段，那么变量名是怎么和zval一一对应的呢?

2.1 变量和zval映射

- PHP中所有的变量都会保存在一个数组中（hash_table，符号表），同时PHP也是通过不同的数组来区分变量作用域的。
- 每当创建一个新变量时都会分配一个zval并写入其值，然后将变量名和指向该zval的指针保存在一个数组中。以后当你读取该变量时php就查找该数组获得对于zval

2.1.1 变量作用域

- php中通过一个“ _zend_executor_globals ”的结构体来保存执行相关的上下文信息（详见1.2.4.1）
- 变量的作用域通过不同的符号表来实现，所以现在我们可以理解在函数内通过使用global关键字时，为什么可以使用全局变量了。
  - 局部变量表里有一个指向全局变量表中变量的指针；

思考？1、如果在函数内global一个不是全局变量的变量时，PHP是怎么处理的?

```
PHP会在全局变量表中新建一个变量并分配zval（保存空值），同时在局部变量表中新建一个指向它的引用。
注意：不可以赋值如global $test = 111;
```

思考？2、global和_GLOBAL不同?

1

```
global：指向全局变量的一个复制地址；
_GLOBAL['var']：就是全局变量的地址；
因此：两者皆可以修改全局变量值，但是销毁时，global销毁的是一个复制地址，对原地址和其值无影响，但是_GLOBAL不是，它就是销毁了该变量。
（因为GLOBAL是超级全局变量！！！）
```

- PHP局部变量就是访问局部变量表，所以通过声明global复制到局部变量表中才可见。

2.1.2 内存管理

PHP的内存管理应该分为两个：

- 变量管理
- 内存管理

2.1.2.1 变量管理

对于变量管理主要体现在引用计数、写时复制等面向应用层的管理，我们在上个分享（php7优化点）已经涉及到以一部分，今天在具体看下PHP的垃圾回收机制：

2.1.2.1.1 PHP5.3之前

- PHP只有简单的基于引用计数的垃圾回收

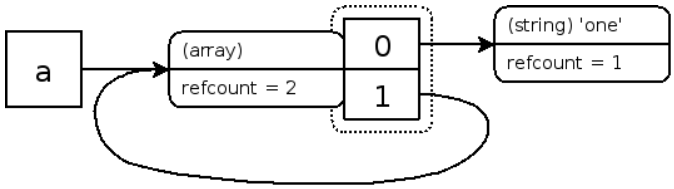
```
$a = 42;        // $a -> zval_1(type=IS_LONG, value=42, refcount=1)$b = $a;        // $a, $b -> zval_1(type=IS_LONG, value=42, refcc
$c = $b;        // $a, $b, $c -> zval_1(type=IS_LONG, value=42, refcount=3)
     // 强制分离
$a += 1;        // $b, $c -> zval_1(type=IS_LONG, value=42, refcount=2)
                // $a -> zval_2(type=IS_LONG, value=43, refcount=1)
                // 因为a变了，所以新分配一个zval2给a
unset($b);      // $c -> zval_1(type=IS_LONG, value=42, refcount=1)
                // $a -> zval_2(type=IS_LONG, value=43, refcount=1)
unset($c);      // zval_1由于引用个数为0，被回收
                // $a -> zval_2(type=IS_LONG, value=43, refcount=1)
```

- 每个zval一个计数器，初始化时为1，以后每有一个新变量引用则加1，减少时减1。

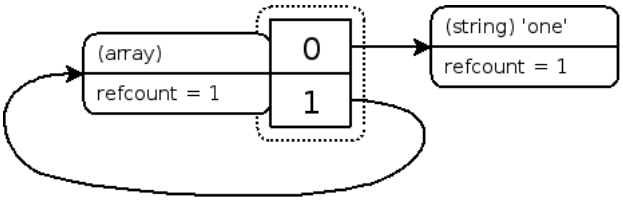
从上述代码可以看到，PHP5.3之前的垃圾回收决定性的指标是引用计数为0才可进行垃圾回收。那么如果存在循环引用的话怎么办?

```
<?php
    $a = array( 'one' );
    $a[] =& $a;
    xdebug_debug_zval( 'a' );
?>
// output
a: (refcount=2, is_ref=1)=array (
   0 => (refcount=1, is_ref=0)='one',
   1 => (refcount=2, is_ref=1)=...
)
```

上述结果可以画图展示为：能看到数组变量 a 同时也是这个数组的第二个元素指向的变量容器中 `refcount` 为 2。上面的输出结果中的”...”说明发生了递归操作， 显然在这种情况下”...”



如果我们调用unset($a)后，将从符号表中删除这个引用，且它指向的 zval 的引用次数也减1：



尽管不再有任何作用域中的**任何**符号表中的引用指向这个 zval，由于数组元素 1 仍然指向数组本身，所以**这个 zval 不能被清除** 。因为没有另外的符号指向它，所以没有办法清除这个结构存泄漏。

2.1.2.1.2 PHP5.3之后

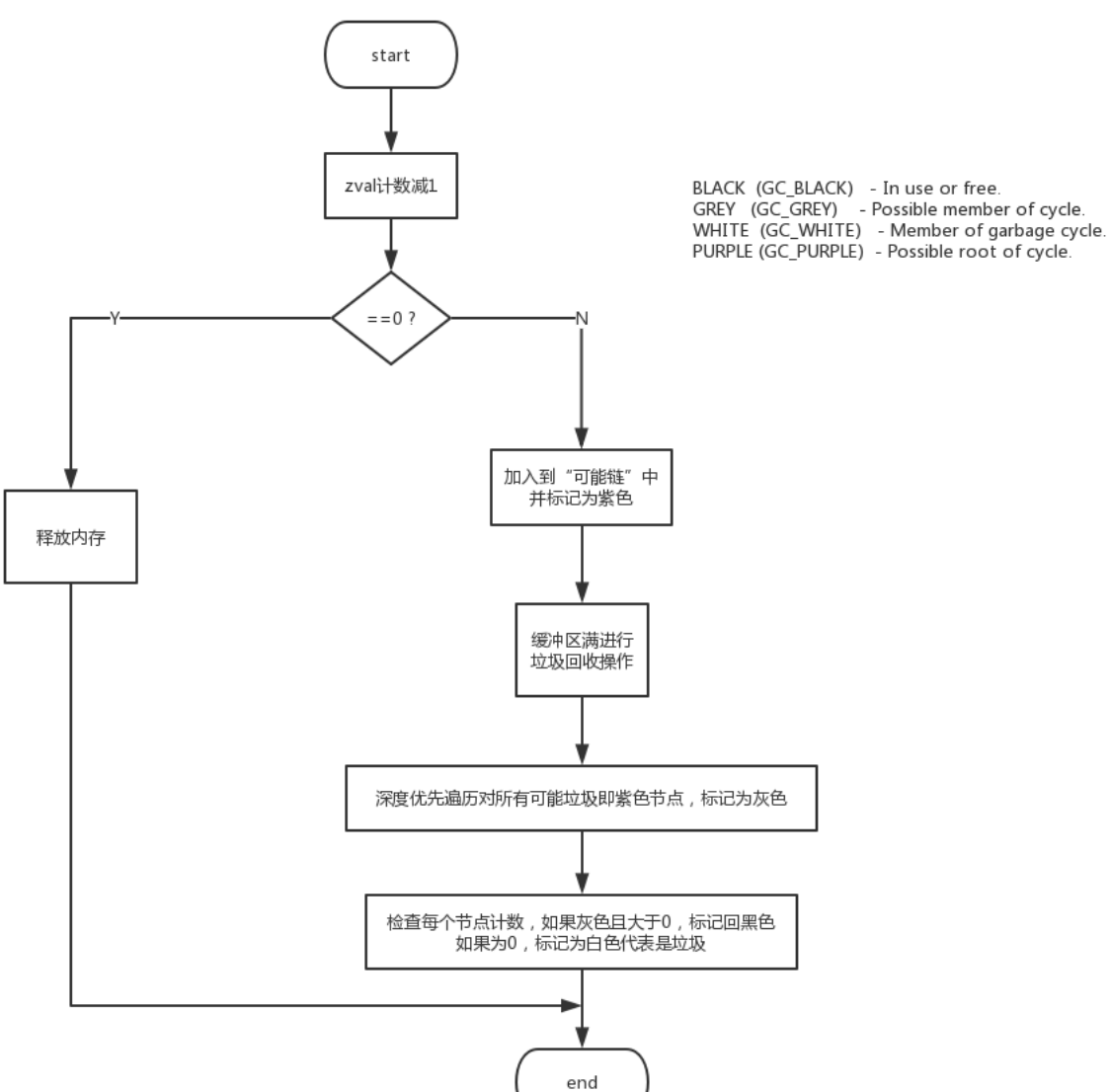
- php5.3之后垃圾回收算法还是以引用计数为基础，但是加上了同步回收的概念。这个算法由IBM的工程师在论文 Concurrent Cycle Collection in Reference Counted Systems 中提出回收机制中也有在使用该算法。传送门：垃圾回收算法

以下为网上资料整理，对论文调研完后接下来会定期更新。

新算法的核心思想为：

- 如果一个zval的引用计数增加，那么不是垃圾；
- 如果一个zval的引用计算减少到0，那么直接释放， 也不是垃圾；
- 如果一个zval的引用计算减少但是大于0，那么此zval还不能释放，可能是垃圾。加入到possible列表中。

所以我们仅仅需要对满足第三个准则的zval进行处理即可：



2.1.2.2 内存管理

zend引擎针对内存的操作封装了一层，用于替换直接的内存操作：malloc、free等，实现了更高效率的内存利用，其实现主要参考了tcmalloc的设计：emalloc、efree、estrdup等。

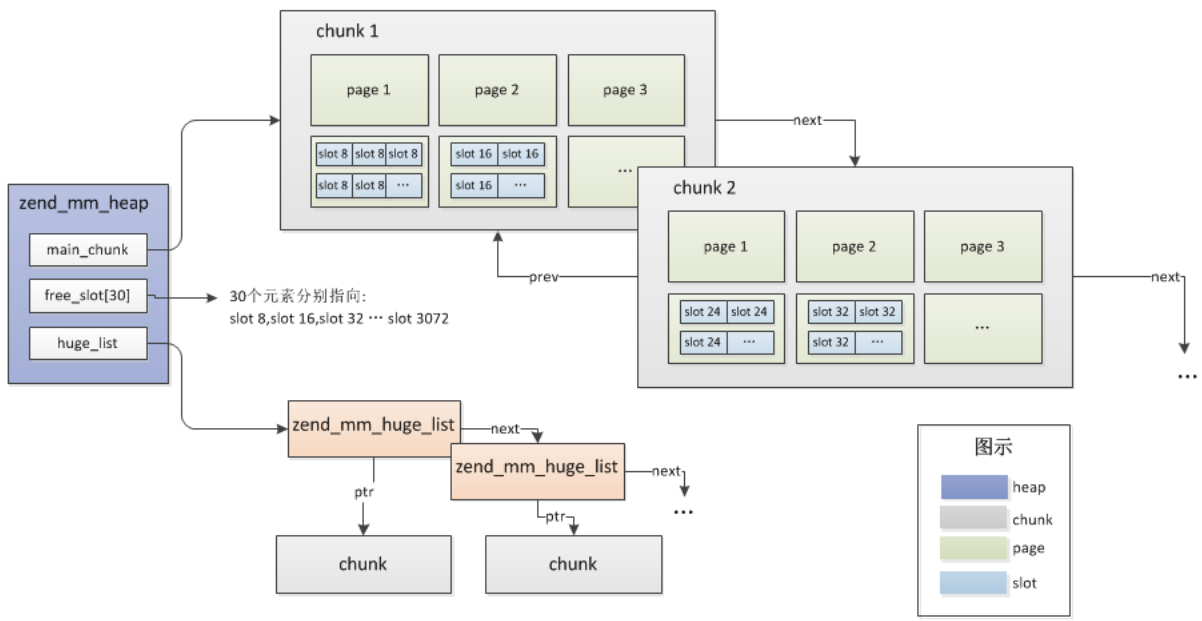
PHP内存池是内核中最底层的内存操作，定义了三种粒度的内存块：chunk、page、slot，每个chunk的大小为2M，page大小为4KB，一个chunk被切割为512个page，而一个或若干个page又可以被切割为若干个slot，所以申请内存时按照不同的申请大小决定具体的分配策略：

- Huge(chunk): 申请内存大于2M，直接调用系统分配，分配若干个chunk
- Large(page): 申请内存大于3072B(3/4 page_size)，小于2044KB(511 page_size)，分配若干个page
- Small(slot): 申请内存小于等于3072B(3/4 page_size)，内存池提前定义好了30种同等大小的内存(8,16,24,32，...3072)，他们分配在不同的page上(不同大小的内存可能会分配在多个page上)，申请内存时直接在对应page上查找可用位置。
- chunk是zend引擎向OS申请内存的**唯一粒度**
- large、slot内存管理都是通过页来实现。
  - slot"切割"页即可；

I 主要数据结构

```
struct _zend_mm_heap {
#if ZEND_MM_STAT
    size_t             size; //当前已用内存数
    size_t             peak; //内存单次申请的峰值
#endif
    zend_mm_free_slot *free_slot[ZEND_MM_BINS]; // 小内存分配的可用位置链表，ZEND_MM_BINS等于30，即此数组表示的是各种大小内存对应的链表头部
    ...

    zend_mm_huge_list *huge_list;              //大内存链表，已分配的

    zend_mm_chunk     *main_chunk;             //指向chunk链表头部
    zend_mm_chunk     *cached_chunks;          //缓存的chunk链表
    int                chunks_count;           //已分配chunk数
    int                peak_chunks_count;      //当前request使用chunk峰值
    int                cached_chunks_count;    //缓存的chunk数
    double             avg_chunks_count;       //chunk使用均值，每次请求结束后会根据peak_chunks_count重新计算：(avg_chunks_count+peak_
}

struct _zend_mm_chunk {
    zend_mm_heap      *heap; //指向heap
    zend_mm_chunk     *next; //指向下一个chunk
    zend_mm_chunk     *prev; //指向上一个chunk
    int                free_pages; //当前chunk的剩余page数
    int                free_tail;              /* number of free pages at the end of chunk */
    int                num;
    char               reserve[64 - (sizeof(void*) * 3 + sizeof(int) * 3)];
    zend_mm_heap       heap_slot; //heap结构，只有主chunk会用到
    zend_mm_page_map   free_map; //标识各page是否已分配的bitmap数组，总大小512bit，对应page总数，每个page占一个bit位
    zend_mm_page_info  map[ZEND_MM_PAGES]; //各page的信息：当前page使用类型(用于large分配还是small)、占用的page数等
};

//按固定大小切好的small内存槽
struct _zend_mm_free_slot {
    zend_mm_free_slot *next_free_slot;//此指针只有内存未分配时用到，分配后整个结构体转为char使用
};
```

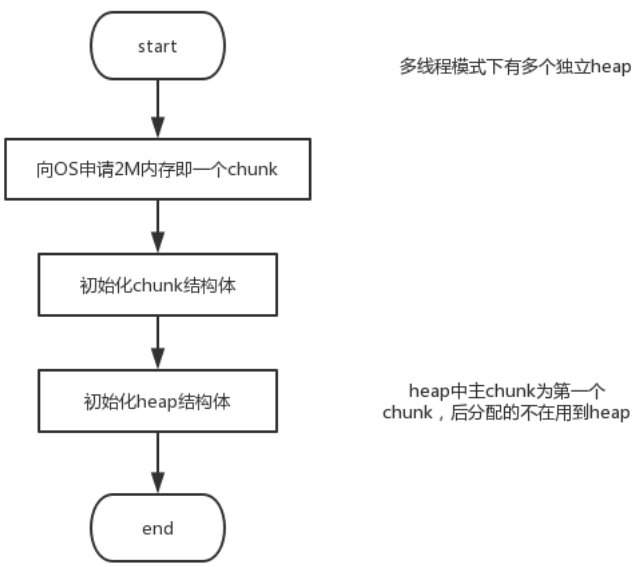
三者关系：



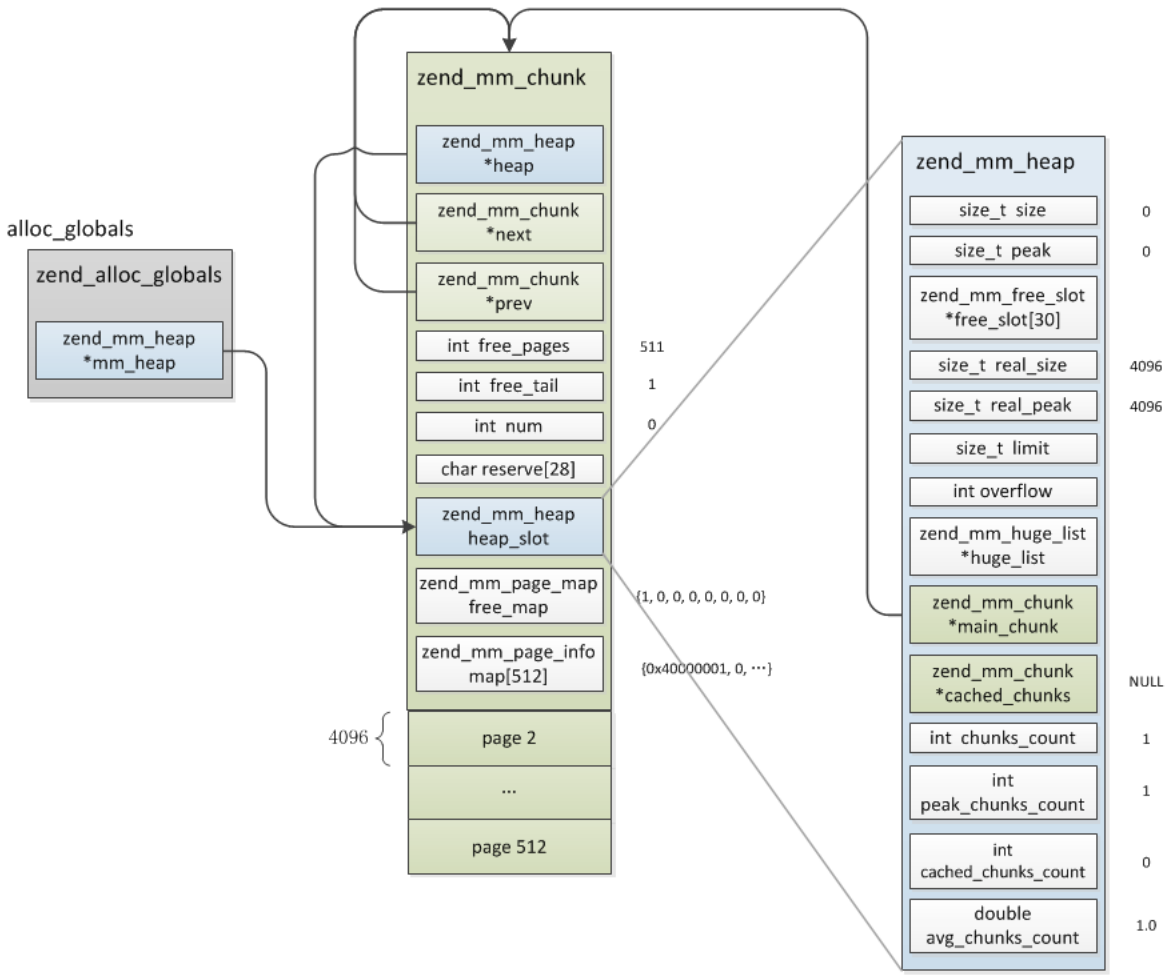
II 初始化过程

- heap中主chunk只有第一个chunk的heap会用到，后面分配的chunk不再用到heap。
- 另外没有做小内存切割slot；
- 每个chunk第一页保存chunk-header信息

php_module_startup->start_memory_manager->alloc_globals_ctor->zend_mm_init

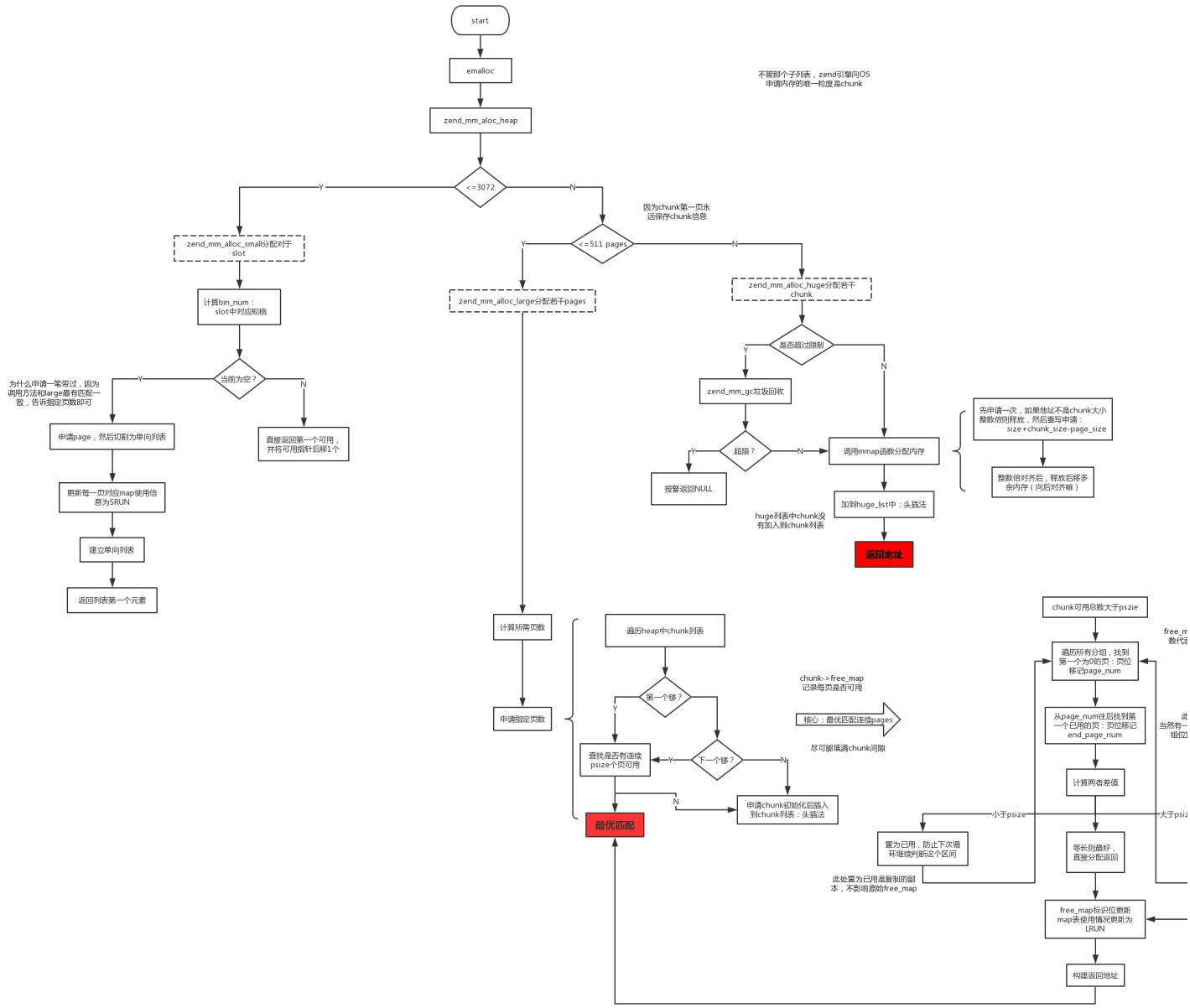


初始化后模型图如下：



III 内存分配

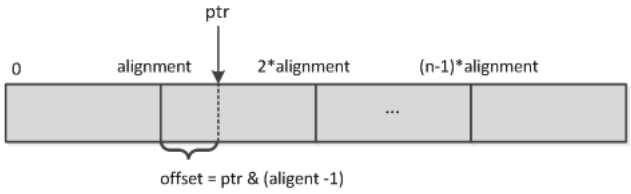
我把三种分配方式列在一起方便比较：



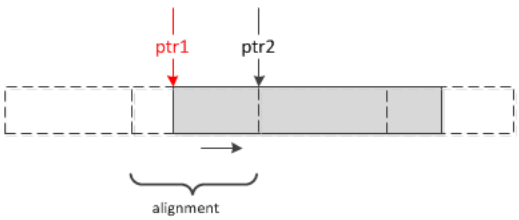
a. huge

先介绍一个重要的宏：

- `#define ZEND_MM_ALIGNED_OFFSET(size, alignment)  (((size_t)(size)) & ((alignment) - 1))`
  - 通过该宏可以容易得到：按alignment对齐的内存地址距离上一个alignment整数倍内存地址的偏移或者说offset，但是alignment必须是2的n次方。
  - 也可以通过算术表达式实现：offset = ptr - (ptr/alignment取整)*alignment。



huge内直接通过mmap向OS申请内存，但是如果zend_mm_mmap返回的地址不是alignment（即chunk_size 2MB）的整数倍，会将该内存释放回给OS，然后按照"size + chunk_size - p后对齐到整数倍，那么前面的部分会释放给OS（释放：zend_mm_munmap）；



- 假设调整后申请整个灰色大小，zend_mm_mmap返回ptr1，但是zend引擎会对齐到chunk整数倍并将前面的内存释放（因为是向后对齐，所以释放前面），**最终使用ptr2.**
- 另外，此时申请的chunk并没有加入到chunk列表中。

最后将该内存块加入到huge列表中（头插法）；

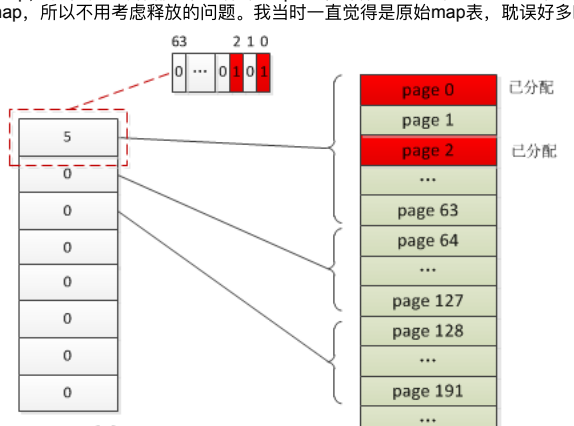
b. large

- 重点：尽可能填满chunk的空隙；

- 遍历chunk列表找到第一个满足连续个数为pages的chunk，然后进行最最优匹配。
- 如果最后一个也没有，那么申请一个新的chunk并初始化后插入到chunk列表中（头插法）。

free_map作用简介：从上面介绍可知1个chunk包括512个页，无论是large还是small都是申请page内存，所以需要记录chunk中page使用情况。既然仅需要记录该页是否可用，那么一个b
是这么做的。free_map就是8、16个整数的数组（以下介绍默认64位OS）。

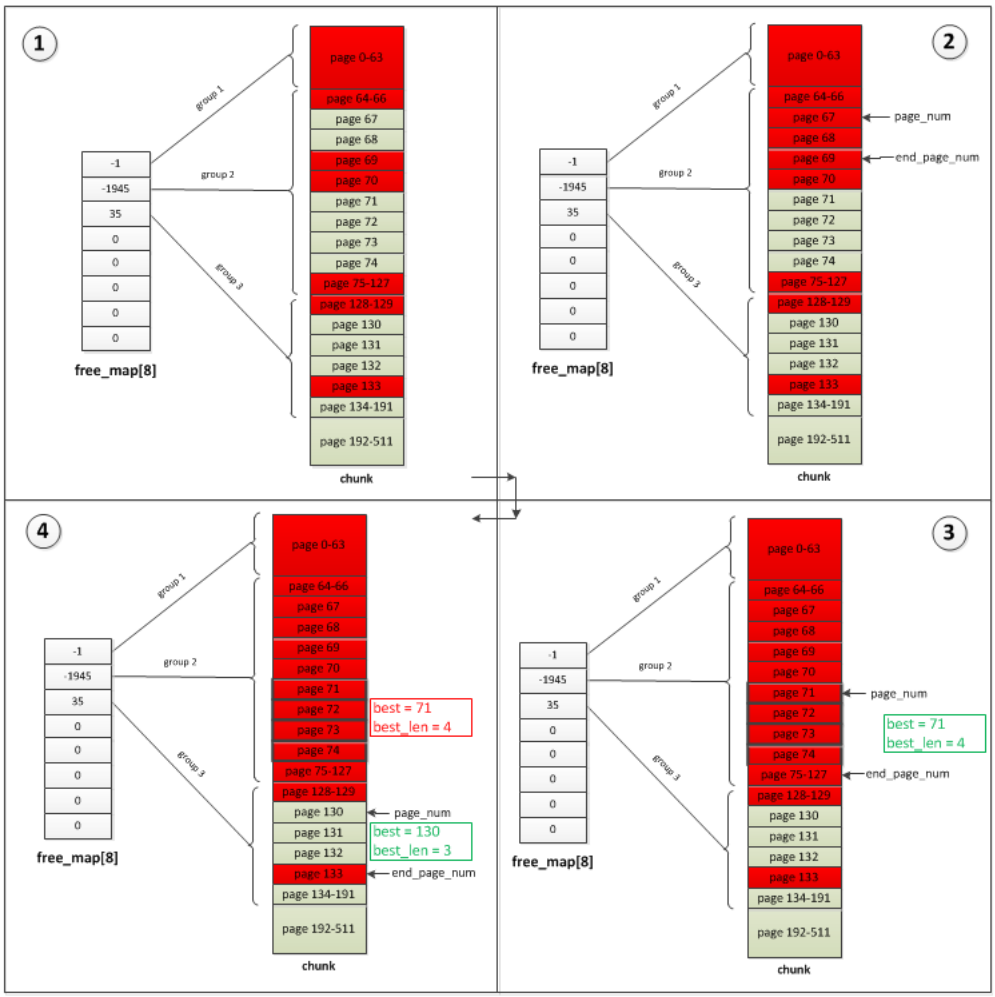
- 第0个记录0～63页的使用情况，同理7代表448～511页使用情况，比如当前chunk的0、2页已经分配，那么free_map[0] = 5 （**** 0000 0101）
- 操作时：先复制一份free_map，接下来的操作都是在该副本map上（我看代码时这个地方就是一概而过没当回事，所以后来一直纠结怎么释放参考最优匹配算法第2步中置为已用
map中修改，不影响原始map，所以不用考虑释放的问题。我当时一直觉得是原始map表，耽误好多时间～）



在整体空闲页够的情况下，我们继续看下最优匹配连续size个page的过程（当然有可能连续的不够，那么此时会新申请一个chunk）：

1. 首先从第一个page分组(page 0-63)开始检查，如果当前分组无可用page(即free_map[x] = -1)则进入下一分组，直到当前分组有空闲page，然后进入step2；
2. 当前分组有可用page，首先找到第一个可用page的位置，记作page_num，接着从page_num开始向下找第一个已分配page的位置，记作end_page_num，这个地方需要注意，如
page都是可用的则会进入下一分组接着搜索，直到找到为止；
3. 计算两个游标的差值len即代表可用间隙中page个数，然后用该差值和psize比较：
   a. 如果len = psize，最优匹配，直接从page_num分配psize个页；
   b. 如果len > psize，次优匹配，先记录page_num以及len，如果有更优或者说更小的间隙时替换；
   c. 如果len < psize，无效间隙，直接置为已用状态（再强调一下是副本map，不影响实际free_map）；

如下例子，初始状态为图1：



1. 直接跳过第一个分组，在第二个分组查找发现有空闲；（G1代表第一分组）
2. 在G2中到可用page为67，然后向下找第一个已用page为69，差值即可用间隙长度为2，小于指定长度3，标示该间隙无效，置为已用状态如图2；
3. 继续遍历G2，找到可用page为71，接下来第一个不可用为75，差值即间隙为4，大于指定3，暂记住起始71和长度4，然后标记71～74已使用如图3；
4. 在G2中已无可用page，继续遍历chunk其他分组，在G3中发现可用130～132，正好为3，完美匹配，直接分配即可；

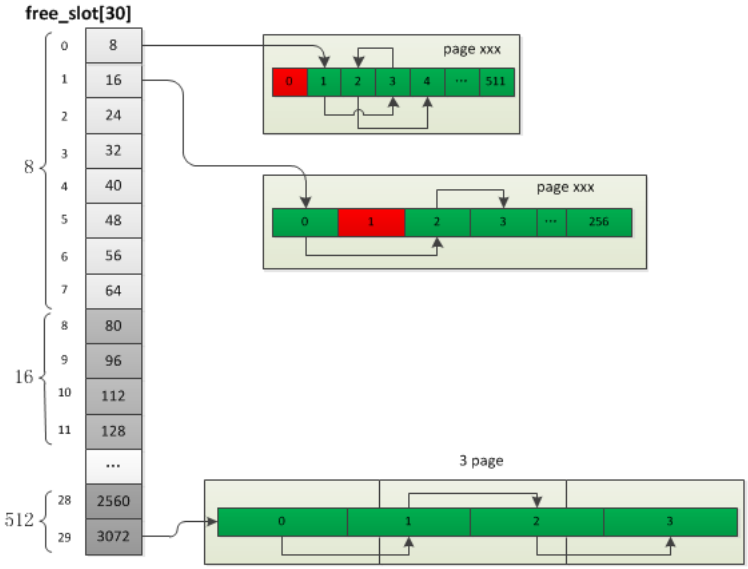
page分配完成后会将free_map对应整数的bit位从page_num至(page_num+page_count)置为1，同时将chunk->map[page_num]置为`ZEND_MM_LRUN(pages_count)`，表示page_num至
(page_num+page_count)这些page是被Large分配占用的。

c. slot

- slot为包含**30个单向列表**的数组：最小的slot大小为8byte，前8个slot依次递增8byte，后面每隔4个递增值乘以2。具体定义在zend/zend_alloc_sizes.h中（slot编号、对应大小、数
- 每一个slot永远指向第一个可用的内存块；

分配过程如下：

1. 先在heap->free_slot中找到对应规则链表，然后不为空则返回当前第一个，并后移一个元素；
2. 如果为空，那么先申请配置的页数，然后切割为对应大小的“块”并连接成单向列表；
3. 释放时，采用头插法放到链表头部；



思考？我们配置的memory_limit是什么时候起效果的？

2.1.2.3 内存释放

与申请时3中不同分配方法一一对应，zend引擎释放内存也存在3个调用；

```
#define efree(ptr)                      _efree((ptr) ZEND_FILE_LINE_CC ZEND_FILE_LINE_EMPTY_CC)
#define efree_large(ptr)                _efree_large((ptr) ZEND_FILE_LINE_CC ZEND_FILE_LINE_EMPTY_CC)
#define efree_huge(ptr)                 _efree_huge((ptr) ZEND_FILE_LINE_CC ZEND_FILE_LINE_EMPTY_CC)
```

释放时传递的是指针，那么如何定位到chunk的呢？

另外如果一个chunk所有的page都释放了，zend引擎是不是就把内存chunk还给OS了呢？

2.1.2.4 系统内存管理

OS内存的延迟分配：用户申请内存的时候，只是给它分配了一个线性区（也就是虚存），并没有分配实际物理内存；只有当用户使用这块内存的时候，内核才会分配具体的物理页面给用
宝贵的物理内存。内核释放物理页面是通过释放线性区，找到其所对应的物理页面，将其全部释放的过程。

- 我们平时写C/C++代码都是通过malloc等glibc提供的内存方法进行操作，zend引擎调用的是mmap方法；

一般linux操作系统会提供如下几个系统调用来实现内存的分配和回收：brk & sbrk、mmap & unmmap。

- 当malloc函数申请超过128K内存时调用mmap，否则使用brk即可。

操作系统内存管理，待整理。。。

附件列表　　隐藏图片附件

名称	大小	创建人	日期
free_slot.png	21 kB	张状	2018-05-02 20:44:24
未命名文件 (34).png	260 kB	张状	2018-05-02 20:36:39
free_map_1.png	83 kB	张状	2018-05-02 20:01:31
free_map (1).png	21 kB	张状	2018-05-02 17:02:27