# 06｜重启：如何进行优雅关闭？

2021-09-24 叶剑峰

《手把手带你写一个Web框架》 课程介绍 >

**讲述：叶剑峰**
时长 14:23 大小 13.18M

你好，我是轩脉刃。

通过前面几节课的学习，我们已经能启动一个按照路由规则接收请求、进入控制器计算逻辑的服务器了。

但是，在实际业务开发过程中，功能和需求一定是不断迭代的，在迭代过程中，势必需要重启服务，这里的重启就是指一个关闭、启动进程的完成过程。

目前所有服务基本都无单点问题，都是集群化部署。对一个服务的关闭、启动进程来说，启动的流程基本上问题不大，可以由集群的统一管理器，比如 Kubernetes，来进行服务的启动，启动之后慢慢将流量引入到新启动的节点，整个服务是无损的。

但是在关闭服务的过程中，要考虑的情况就比较复杂了，比如说有服务已经在连接请求中怎么办？如果关闭服务的操作超时了怎么办？所以这节课我们就来研究下如何优雅关闭一个服务。

## 如何优雅关闭

什么叫优雅关闭？你可以对比着想，不优雅的关闭比较简单，就是什么都不管，强制关闭进程，这明显会导致有些连接被迫中断。

或许你并没有意识到这个问题的严重性，不妨试想下，当一个用户在购买产品的时候，由于不优雅关闭，请求进程中断，导致用户的钱包已经扣费了，但是商品还未进入用户的已购清单中。这就会给用户带来实质性的损失。

所以，优雅关闭服务，其实说的就是，关闭进程的时候，不能暴力关闭进程，而是要等进程中的所有请求都逻辑处理结束后，才关闭进程。按照这个思路，需要研究两个问题“**如何控制关闭进程的操作**”和“**如何等待所有逻辑都处理结束**”。

当我们了解了如何控制进程关闭操作，就可以延迟关闭进程行为，设置为等连接的逻辑都处理结束后，再关闭进程。

## 如何控制关闭进程的操作

那么第一个问题，如何控制关闭进程的操作怎么解决？你可以先想想平时关闭一个进程的方法有哪些，如果这些方法都有办法控制关闭操作，那么是不是就达到目的了。

Ctrl+C

在终端，在非后台模式下启动一个进程的时候，要想关闭，我们在控制台会使用 Ctrl+C 来关闭进程。不管在 Unix 类的系统，还是在 Windows 系统中，Ctrl+C 都是向进程发送信号 SIGINT，这个信号代表的是中断，常用在通过键盘通知前台进程关闭程序的情景中。这个信号是可以被阻塞和处理的。

Ctrl+\

这个键盘操作是向进程发送信号 SIGQUIT，这个信号其实和 SIGINT 差不多，也是可以被阻塞和处理的，它们都是为了通知进程结束，唯一不同的是，进程处理 QUIT 退出的时候，默认行为会产生 core 文件。

### Kill 命令

当使用后台模式挂起一个进程的时候，操作系统会给这个进程分配一个进程号 pid， 我们可以通过 kill pid 或者 kill -9 pid 来杀死某个进程。

kill pid 会向进程发送 SIGTERM 信号，而 kill -9 会向进程发送 SIGKILL 信号。这两个信号都用于立刻结束进程，但是 SIGTERM 是可以被阻塞和处理的，而 SIGKILL 信号是不能被阻塞和处理的。

用表格总结一下终止进程的这几个信号和对应的操作：

| 信号 | 操作 | 是否可处理 |
| --- | --- | --- |
| SIGINT | Ctrl+C | 可以 |
| SIGQUIT | Ctrl+\ | 可以 |
| SIGTERM | kill | 可以 |
| SIGKILL | kill –9 | 不可以 |

极客时间

除了 SIGKILL 信号无法被捕获之外，其他的信号都能捕获，所以，只要在程序中捕获住这些信号，就能实现控制关闭进程操作了。那么接下来要解决的问题就是，在 Golang 中如何捕获信号呢？

对于这个问题，标准库提供了 os/signal 这个库，还记得第一节课说的快速了解一个库的方法么，**库函数 > 结构定义 > 结构函数。**

## os/signal 库

所以，第一步我们使用 `go doc os/signal|grep "^func"` 来了解下这个库的函数，看看提供了哪些功能。

复制代码

```
// 忽略某个信号
func Ignore(sig ...os.Signal){}
// 判断某个信号是否被忽略了
func Ignored(sig os.Signal) bool{}
// 关注某个/某些/全部 信号
func Notify(c chan<- os.Signal, sig ...os.Signal){}
// 取消使用 notify 对信号产生的效果
func Reset(sig ...os.Signal){}
// 停止所有向 channel 发送的效果
func Stop(c chan<- os.Signal){}
```

这个库提供了订阅信号的方法 Notify 和忽略信号的方法 Ignore ，为了全局管理方便，也提供了停止所有订阅的 Stop 函数。另外还有，停止某些订阅的 Reset 函数，当我们已经订阅了某些信号之后，想重新将其中的某些信号不进行订阅，那么可以使用 Reset 方法。

然后就是第二、第三步，通过 `go doc os/signal|grep "^type"` 了解到，这个库比较简单，没有任何结构定义和结构函数，因为管理信号只需要几个库函数即可，不需要进行更多的模块划分和数据结构抽象。在 Golang 的官方类库中，有不少都是这样只提供库函数，而没有自定义的模块数据结构的。

理解完了捕获信号的 os/signal 库，我们就明白了，要控制这些信号量可以使用 Notify 方法，所以在业务 main.go 里补充：

复制代码

```
func main() {
  ...
  // 这个 Goroutine 是启动服务的 Goroutine
  go func() {
    server.ListenAndServe()
  }()

  // 当前的 Goroutine 等待信号量
  quit := make(chan os.Signal)
  // 监控信号：SIGINT, SIGTERM, SIGQUIT
  signal.Notify(quit, syscall.SIGINT, syscall.SIGTERM, syscall.SIGQUIT)
```

```
    // 这里会阻塞当前 Goroutine 等待信号
    <-quit

    ...
}
```

注意下这里有两个 Goroutine，一个 Goroutine 是提供启动服务的，另外一个 Goroutine 用于监听信号并且结束进程。那么哪个 Goroutine 用于监听信号呢？

答案是 main 函数所在的当前 Goroutine。因为使用 Ctrl 或者 kill 命令，它们发送的信号是进入 main 函数的，即只有 main 函数所在的 Goroutine 会接收到，**所以必须在 main 函数所在的 Goroutine 监听信号**。

在监听信号的 Goroutine 中，我们先创建了一个等待信号量的 channel，然后通过 Notify 方法，订阅 SIGINT、SIGTERM、SIGQUIT 三个可以捕获处理的信号量，并且将信号量导入到 channel 中。

最后，使用 channel 的导出操作，来阻塞当前 Goroutine，让当前 Goroutine 只有捕获到结束进程的信号之后，才进行后续的关闭操作。这样就实现了第一个问题进程关闭的可控。

## 如何等待所有逻辑都处理结束

然后就是第二个问题“如何等待所有逻辑都处理结束”。

在 Golang 1.8 版本之前，net/http 是没有提供方法的，所以当时开源社区涌现了不少第三方解决方案：manners、graceful、grace。

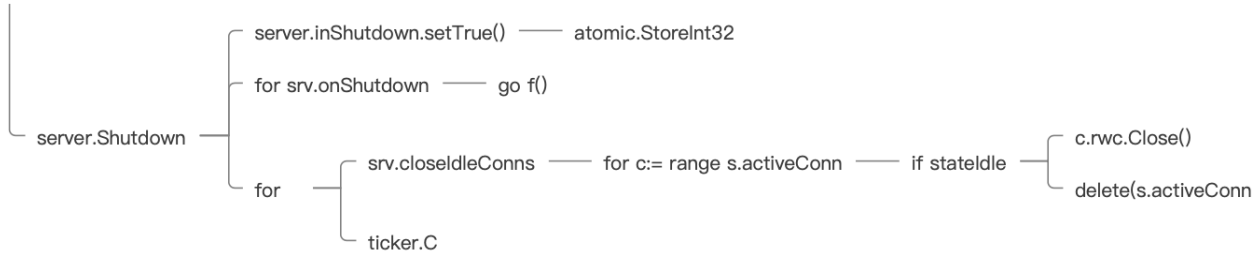
它们的思路都差不多：自定义一个 Server 数据结构，其中包含 net/http 的 Server 数据结构，以及和 net/http 中 Server 一样的启动服务函数，在这个函数中，除了调用启动服务，还设计了一个监听事件的函数。监听事件结束后，通过 channel 等机制来等待主流程结束。

而在 1.8 版本之后，net/http 引入了 server.Shutdown 来进行优雅重启。

**server.Shutdown 方法是个阻塞方法，一旦执行之后，它会阻塞当前 Goroutine，并且在所有连接请求都结束之后，才继续往后执行。**实现非常容易，思路也和之前的第三方解法差不多，所以就重点理解这个方法。

## server.Shutdown 源码

来看 server.Shutdown 的源码，同样你可以通过 IDE 跳转工具直接跳转到 Shutdown 源码进行阅读，使用第一节课教的思维导图的方式，列出 Shutdown 函数的代码逻辑流程图。我们还是从前往后讲。




第一层，在运行 Shutdown 方法的时候，先做一个标记，将 server 中的 isShutdown 标记为 true。

复制代码

```
srv.inShutdown.setTrue()

func (b *atomicBool) setTrue()    { atomic.StoreInt32((*int32)(b), 1)
```

这里标准库实现的就很细节了。inShutdown 是一个标记，它用来标记服务器是否正在关闭，**标记的时候，还使用了 atomic 操作来保证标记的原子性**。这里要琢磨一下，为什么要使用 atomic 操作呢？

在 Golang 中，所有的赋值操作都不能保证是原子的，比如 int 类型的 a=a+1，或者 bool 类型的 a=true，这些赋值操作，在底层并不一定是由一个独立的 CPU 指令完成的。所以在并发场景下，我们并不能保证并发赋值的操作是安全的。

比如有两个操作同时对 a 变量进行读写，写 a 变量的线程如果不是原子的，那么读 a 变量的线程就有可能读到写了一半的 a 变量。

所以为保证原子性，Golang 提供了一个 atomic 包，当对一个字段赋值的时候，**如果你无法保证其是否原子操作，你可以使用 atomic 包来对这个字段进行赋值**。atomic 包，在底层一定会保证，这个操作是在一个单独的 CPU 指令内完成的。

因为这里的 srv.inShutdown 是一个非常重要的标记位。一旦由于任何原因，它读取错误，会发生严重问题，比如进程已经在处理结束的时候，启动 server 的进程还继续监听请求，这个时候会导致新接收的请求有服务错误。所以，这里为了保险起见，使用了一个标准库 atomic 来保证其原子性操作。

然后是逻辑代码：

复制代码

```
for _, f := range srv.onShutdown {
  go f()
}
```

onShutdown 在 server 结构中按需求设置。这个字段保存的是回调方法，即用户希望 server 在关闭时进行的回调操作。比如用户可以设置在服务结束的时候，打印一个日志或者调用一个通知机制。如果用户设置了回调，则执行这些回调条件，如果没有设置，可以忽略。

## for 循环

接下来进入这一层最重要的 for 循环。这个 for 循环是一个无限循环，它使用 ticker 来控制每次循环的节奏，通过 return 来控制循环的终止条件。这个写法很值得我们学习。

复制代码

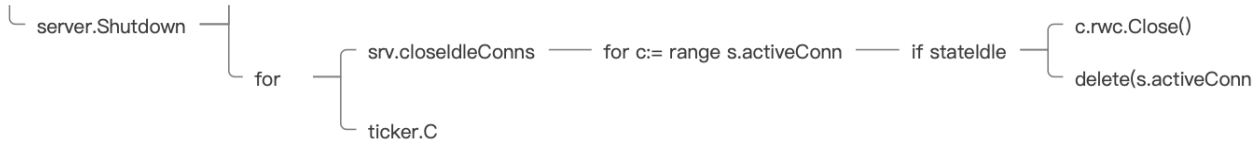
```
ticker := time.NewTicker(shutdownPollInterval) // 设置轮询时间
  defer ticker.Stop()
  for {
        // 真正的操作
    if srv.closeIdleConns() && srv.numListeners() == 0 {
      return lnerr
    }
    select {
    case <-ctx.Done(): // 如果ctx有设置超时，有可能触发超时结束
      return ctx.Err()
    case <-ticker.C:  // 如果没有结束，最长等待时间，进行轮询
    }
```

```
13    }
```

我们在工作中经常会遇到类似的需求：每隔多少时间，执行一次操作，应该有不少同学会使用 time.Sleep 来做间隔时长，而这里演示了如何使用 time.Ticker 来进行轮询设置。这两种方式其实都能完成“每隔多少时间做一次操作”，但是又有一些不同。

time.Sleep 是用阻塞当前 Goroutine 的方式来实现的，它需要调度先唤醒当前 Goroutine，才能唤醒后续的逻辑。**而 Ticker 创建了一个底层数据结构定时器 runtimeTimer，并且监听 runtimeTimer 计时结束后产生的信号。**

这个 runtimeTimer 是 Golang 定义的定时器，做了一些比较复杂的优化。比如在有海量定时器的场景下，runtimeTimer 会为每个核，创建一个 runtimeTimer，进行统一调度，所以它的 CPU 消耗会远低于 time.Sleep。所以说，使用 ticker 是 Golang 中最优的定时写法。




再回到源码思维导图中，可以看到真正执行操作的是 closeIdleConns 方法。这个方法的逻辑就是：判断所有连接中的请求是否已经完成操作（是否处于 Idle 状态），如果完成，关闭连接，如果未完成，则跳过，等待下次循环。

复制代码

```
1  // closeIdleConns 关闭所有的连接并且记录是否服务器的连接已经全部关闭
2  func (s *Server) closeIdleConns() bool {
3    s.mu.Lock()
4    defer s.mu.Unlock()
5    quiescent := true
6    for c := range s.activeConn {
7      st, unixSec := c.getState()
8      // Issue 22682: 这里预留5s以防止在第一次读取连接头部信息的时候超过5s
9      if st == StateNew && unixSec < time.Now().Unix()-5 {
10       st = StateIdle
11     }
12     if st != StateIdle || unixSec == 0 {
13       // unixSec == 0 代表这个连接是非常新的连接，则标记位需要标记false
14       quiescent = false
15       continue
16     }
```

```
    c.rwc.Close()
    delete(s.activeConn, c)
  }
  return quiescent
}
```

这个函数返回的 quiescent 标记位，是用来标记是否所有的连接都已经关闭。如果有一个连接还未关闭，标记位返回 false，否则返回 true。

现在源码就梳理好了，再整理一下。

为了实现先阻塞，然后等所有连接处理完再结束退出，Shutdown 使用了两层循环。其中：

第一层循环是定时无限循环，每过 ticker 的间隔时间，就进入第二层循环；

第二层循环会遍历连接中的所有请求，如果已经处理完操作处于 Idle 状态，就关闭连接，直到所有连接都关闭，才返回。

所以我们可以在业务代码 main.go 中这么写：

复制代码

```
func main() {
  ...

  // 当前的 Goroutine 等待信号量
  quit := make(chan os.Signal)
  // 监控信号：SIGINT, SIGTERM, SIGQUIT
  signal.Notify(quit, syscall.SIGINT, syscall.SIGTERM, syscall.SIGQUIT)
  // 这里会阻塞当前 Goroutine 等待信号
  <-quit

  // 调用Server.Shutdown graceful结束
  if err := server.Shutdown(context.Background()); err != nil {
    log.Fatal("Server Shutdown:", err)
  }
}
```

在监听到关闭进程的信号之后，直接执行 server.Shutdown 操作，等待这个程序执行结束，再结束 main 函数，就可以了。

## 验证

到这里，我们就完成了优雅关闭的逻辑。最后验证成果，写一个 10s 才能结束的控制器：

复制代码

```
func UserLoginController(c *framework.Context) error {
  foo, _ := c.QueryString("foo", "def")
  // 等待10s才结束执行
  time.Sleep(10 * time.Second)
  // 输出结果
  c.SetOkStatus().Json("ok, UserLoginController: " + foo)
  return nil
}
```

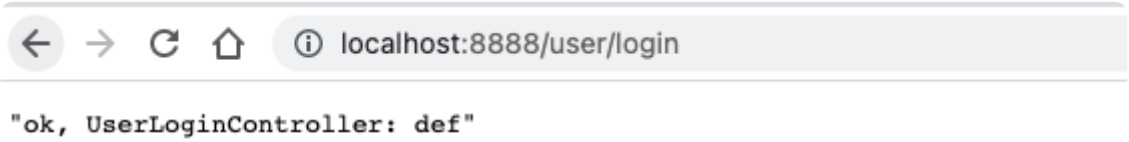
按顺序执行下列操作，就能检验出你的关闭逻辑能不能跑通了。

1. 在控制台启动 Web 服务
2. 在浏览器启动一个请求进入 10s 才能结束的控制器
3. 10s 内在控制台执行 Ctrl+C 关闭程序
4. 观察控制台程序是否不会立刻结束，而是在 10s 后结束
5. 浏览器端正常输出

依次操作后，你在控制台可以看到，在执行完成 URI 之后，程序才退出。

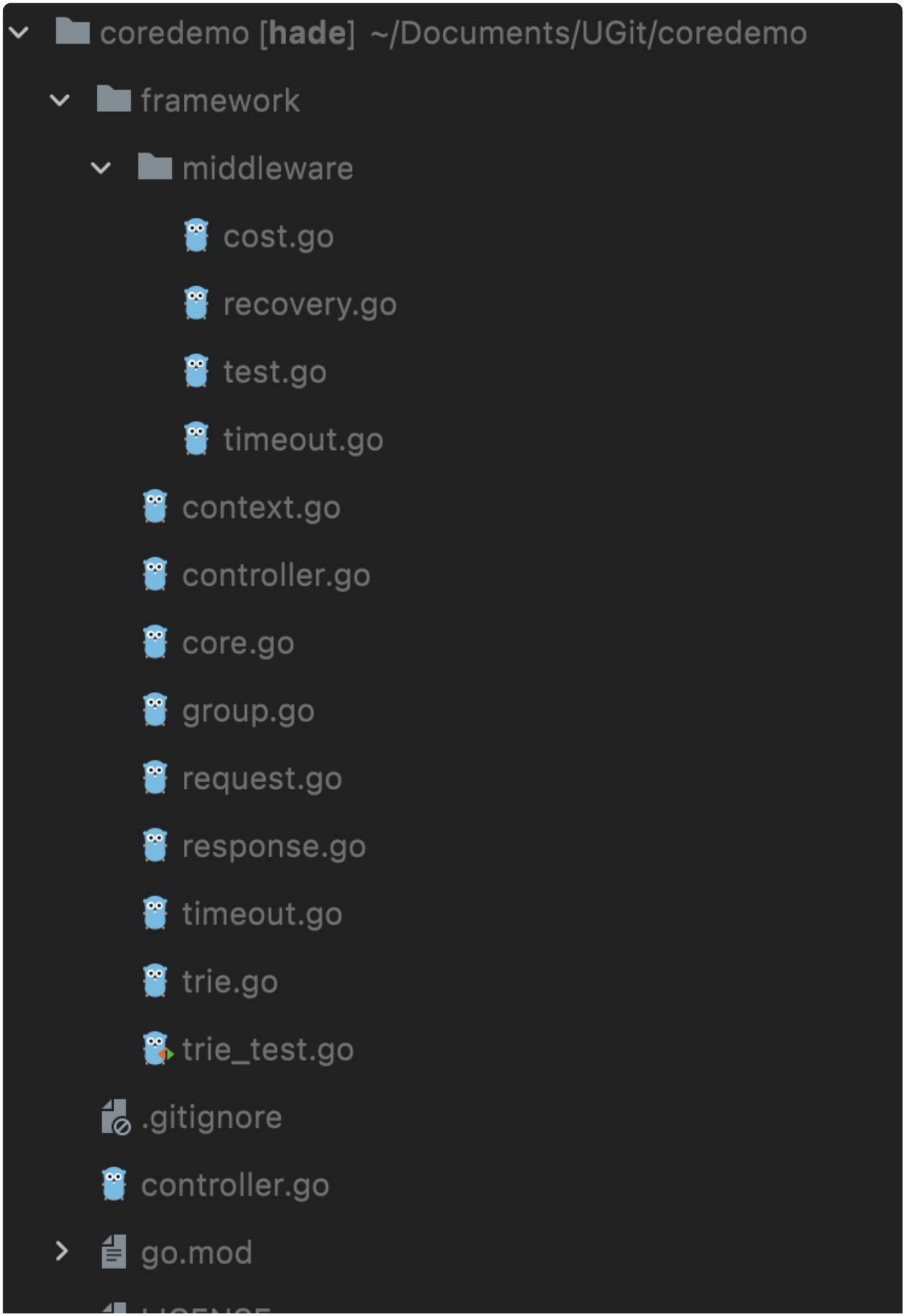
```
~/Documents/UGit/coredemo  geekbang/06 ●  ./coredemo
2021/08/08 14:08:25 api uri start: /user/login
middleware pre test3
CC^Cmiddleware post test3
2021/08/08 14:08:35 api uri end: /user/login, cost: 10.000662622
~/Documents/UGit/coredemo  geekbang/06 ●
```

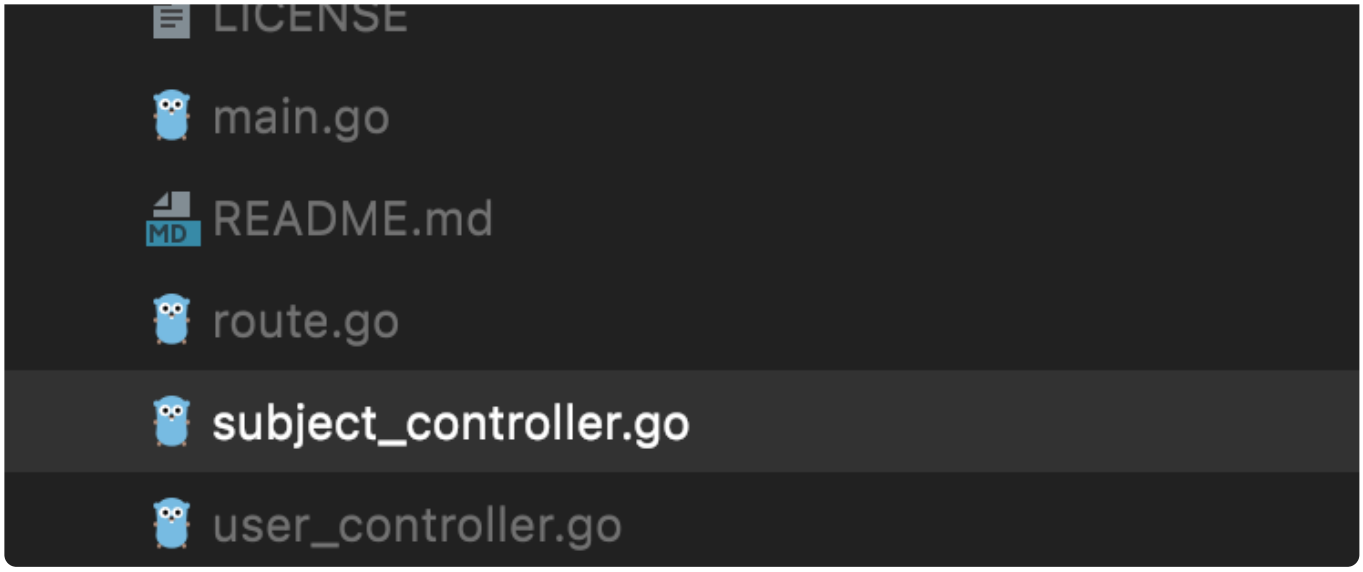
而且，浏览器中正常输出控制器结果。说明你已经完整完成了优雅关闭逻辑！




"ok, UserLoginController: def"

今天只修改了业务文件夹中的 main.go 代码，框架目录并没有什么变化。






有的同学可能会很奇怪，重启这个逻辑不应该放在框架目录的某个地方么，难道每次启动一个服务都要写这个逻辑么？不急，先了解掌握好优雅关闭的原理，在后续章节我们会为框架引入命令行工具，这些优雅关闭的逻辑就会作为框架的一部分存放在框架目录中了。

## 小结

今天完成了优雅关闭进程的逻辑，通过标准库 os.Signal 来控制关闭进程的操作，并且通过 net/http 提供的 server.Shutdown 来实现优雅关闭。所有代码都同样放在 GitHub 上的 geekbang/06 分支了。

讲了很多代码细节，相信你看完 shutdown 这个函数的实现原理后，会不由得感叹 Golang 源码的优雅。很多同学会说没有好的 Golang 项目可以跟着学习，其实 Golang 源码本身就是一个非常好的学习资料。

如果你能对其中的每个细节点画出思维导图，顺着导图中的分支展开分析，思考作者为什么会选择这种写法、有没有其他写法，多多练习，你一定会受益颇丰。

## 思考题

在如何控制关闭进程操作中，阻塞的最长时间实际上也是可以进行控制的，请尝试一下修改代码，控制优雅关闭的最长等待时间为 5s？

欢迎在留言区分享你的思考。感谢你的收听，如果你觉得今天的内容有所帮助，也欢迎分享给你身边的朋友，邀请他一起学习。我们下节课见～

上一篇 05 | 封装：如何让你的框架更好用？

## 精选留言 (1)



**return**
2021-09-24

老师讲的 都是网上少有的 重点， 受益匪浅。
有个问题 请教老师，
如果 是 一个异步长任务， 这个任务耗时不定， 时长时短，怎么有效判断该任务 状态是在运行中 还是已经挂了。

展开