Tony Bai

一个程序员的心路历程

也谈Go的可移植性

- 六月 27, 2017
- 0 条评论

Go有很多优点，比如：简单、原生支持并发等，而不错的可移植性也是Go被广大程序员接纳的重要因素之一。但你知道为什么Go语言拥有很好的平台可移植性吗？本着“知其然，亦要知其所以然”的精神，本文我们就来探究一下Go良好可移植性背后的原理。

一、Go的可移植性

说到一门编程语言可移植性，我们一般从下面两个方面考量：

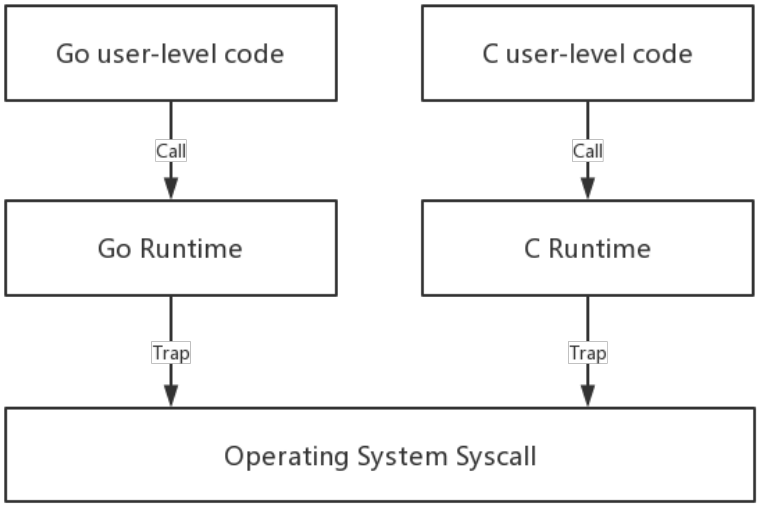
- 语言自身被移植到不同平台的容易程度；
- 通过这种语言编译出来的应用程序对平台的适应性。

在Go 1.7及以后版本中，我们可以通过下面命令查看Go支持OS和平台列表：

```
$go tool dist list
android/386
android/amd64
android/arm
android/arm64
darwin/386
darwin/amd64
darwin/arm
darwin/arm64
dragonfly/amd64
freebsd/386
freebsd/amd64
freebsd/arm
linux/386
linux/amd64
linux/arm
linux/arm64
linux/mips
linux/mips64
linux/mips64le
linux/mipsle
linux/ppc64
linux/ppc64le
linux/s390x
nacl/386
nacl/amd64p32
nacl/arm
netbsd/386
netbsd/amd64
netbsd/arm
openbsd/386
openbsd/amd64
openbsd/arm
plan9/386
plan9/amd64
plan9/arm
solaris/amd64
windows/386
windows/amd64
```

从上述列表我们可以看出：从**linux/arm64**的嵌入式系统到**linux/s390x**的大型机系统，再到Windows、linux和darwin(mac)这样的主流操作系统、amd64、386这样的主流处理器体系，Go对各种平台和操作系统的支持不可谓不广泛。

Go官方似乎没有给出明确的porting guide，关于将Go语言porting到其他平台上的内容更多是在golang-dev这样的小圈子中讨论的事情。但就Go语言这么短的时间就能很好的支持这么多平台来看，Go的porting还是相对easy的。从个人对Go的了解来看，这一定程度上得益于Go独立实现了runtime。



runtime是支撑程序运行的基础。我们最熟悉的莫过于libc（C运行时），它是目前主流操作系统上应用最普遍的运行时，通常以动态链接库的形式(比如：/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6)随着系统一并发布，它的功能大致有如下几个：

- 提供基础库函数调用，比如：strncpy；
- 封装syscall（注:syscall是操作系统提供的API口，当用户层进行系统调用时，代码会trap(陷入)到内核层面执行），并提供同语言的库函数调用，比如：malloc、fread等；
- 提供程序启动入口函数，比如：linux下的__libc_start_main。

libc等c runtime lib是很早以前就已经实现的了，甚至有些老旧的libc还是单线程的。一些从事c/c++开发多年的程序员早年估计都有过这样的经历：那就是链接runtime库时甚至需要选择链接支持多线程的库还是只支持单线程的库。除此之外，c runtime的版本也参差不齐。这样的c runtime状况完全不能满足go语言自身的需求；另外Go的目标之一是原生支持并发，并使用goroutine模型，c runtime对此是无能为力的，因为c runtime本身是基于线程模型的。综合以上因素，Go自己实现了runtime，并封装了syscall，为不同平台上的go user level代码提供封装完成的、统一的go标准库；同时Go runtime实现了对goroutine模型的支持。

独立实现的go runtime层将Go user-level code与OS syscall解耦，把Go porting到一个新平台时，将runtime与新平台的syscall对接即可(当然porting工作不仅仅只有这些)；同时，runtime层的实现基本摆脱了Go程序对libc的依赖，这样静态编译的Go程序具有很好的平台适应性。比如：一个compiled for linux amd64的Go程序可以很好的运行于不同linux发行版（centos、ubuntu）下。

> 以下测试试验环境为:darwin amd64 Go 1.8。

二、默认”静态链接”的Go程序

我们先来写两个程序：hello.c和hello.go，它们完成的功能都差不多，在stdout上输出一行文字：

```
//hello.c
#include <stdio.h>

int main() {
        printf("%s\n", "hello, portable c!");
        return 0;
}

//hello.go
package main

import "fmt"

func main() {
    fmt.Println("hello, portable go!")
}
```

我们采用“默认”方式分别编译以下两个程序：

```
$cc -o helloc hello.c
$go build -o hellogo hello.go

$ls -l
-rwxr-xr-x    1 tony  staff     8496  6 27 14:18 helloc*
-rwxr-xr-x    1 tony  staff  1628192  6 27 14:18 hellogo*
```

从编译后的两个文件helloc和hellogo的size上我们可以看到hellogo相比于helloc简直就是“巨人”般的存在，其size近helloc的200倍。略微学过一些Go的人都知道，这是因为hellogo中包含了必需的go runtime。我们通过otool工具(linux上可以用ldd)查看一下两个文件的对外部动态库的依赖情况：

```
$otool -L helloc
helloc:
    /usr/lib/libSystem.B.dylib (compatibility version 1.0.0, current version 1197.1.1)
$otool -L hellogo
hellogo:
```

通过otool输出，我们可以看到hellogo并不依赖任何外部库，我们将hellog这个二进制文件copy到任何一个mac amd64的平台上，均可以运行起来。而helloc则依赖外部的动态库:/usr/lib/libSystem.B.dylib，而libSystem.B.dylib这个动态库还有其他依赖。我们通过nm工具可以查看到helloc具体是哪个函数符号需要由外部动态库提供:

```
$nm helloc
0000000100000000 T __mh_execute_header
0000000100000f30 T _main
                 U _printf
                 U dyld_stub_binder
```

可以看到：_printf和dyld_stub_binder两个符号是未定义的(对应的前缀符号是U)。如果对hellog使用nm，你会看到大量符号输出，但没有未定义的符号。

```
$nm hellogo
00000000010bb278 s $f64.3eb0000000000000
00000000010bb280 s $f64.3fd0000000000000
00000000010bb288 s $f64.3fe0000000000000
00000000010bb290 s $f64.3fee666666666666
00000000010bb298 s $f64.3ff0000000000000
00000000010bb2a0 s $f64.4014000000000000
00000000010bb2a8 s $f64.4024000000000000
00000000010bb2b0 s $f64.403a000000000000
00000000010bb2b8 s $f64.4059000000000000
00000000010bb2c0 s $f64.43e0000000000000
00000000010bb2c8 s $f64.8000000000000000
00000000010bb2d0 s $f64.bfe62e42fefa39ef
000000000110af40 b __cgo_init
000000000110af48 b __cgo_notify_runtime_init_done
000000000110af50 b __cgo_thread_start
000000000104d1e0 t __rt0_amd64_darwin
000000000104a0f0 t _callRet
000000000104b580 t _gosave
000000000104d200 T _main
00000000010bbb20 s _masks
000000000104d370 t _nanotime
000000000104b7a0 t _setg_gcc
00000000010bbc20 s _shifts
0000000001051840 t errors.(*errorString).Error
00000000010517a0 t errors.New
.... ...
0000000001065160 t type..hash.time.Time
0000000001064f70 t type..hash.time.zone
00000000010650a0 t type..hash.time.zoneTrans
0000000001051860 t unicode/utf8.DecodeRuneInString
0000000001051a80 t unicode/utf8.EncodeRune
0000000001051bd0 t unicode/utf8.RuneCount
0000000001051d10 t unicode/utf8.RuneCountInString
0000000001107080 s unicode/utf8.acceptRanges
00000000011079e0 s unicode/utf8.first

$nm hellogo|grep " U "
```

Go将所有运行需要的函数代码都放到了hellogo中，这就是所谓的“静态链接”。是不是所有情况下，Go都不会依赖外部动态共享库呢？我们来看看下面这段代码:

```
//server.go
package main

import (
    "log"
    "net/http"
    "os"
)

func main() {
    cwd, err := os.Getwd()
    if err != nil {
        log.Fatal(err)
    }

    srv := &http.Server{
        Addr:    ":8000", // Normally ":443"
        Handler: http.FileServer(http.Dir(cwd)),
    }
    log.Fatal(srv.ListenAndServe())
}
```

我们利用Go标准库的net/http包写了一个fileserver，我们build一下该server，并查看它是否有外部依赖以及未定义的符号:

```
$go build server.go
-rwxr-xr-x    1 tony  staff  5943828  6 27 14:47 server*

$otool -L server
server:
    /usr/lib/libSystem.B.dylib (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
```

```
    /System/Library/Frameworks/CoreFoundation.framework/Versions/A/CoreFoundation (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
    /System/Library/Frameworks/Security.framework/Versions/A/Security (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
    /usr/lib/libSystem.B.dylib (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
    /usr/lib/libSystem.B.dylib (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)

$nm server |grep " U "
                 U _CFArrayGetCount
                 U _CFArrayGetValueAtIndex
                 U _CFDataAppendBytes
                 U _CFDataCreateMutable
                 U _CFDataGetBytePtr
                 U _CFDataGetLength
                 U _CFDictionaryGetValueIfPresent
                 U _CFEqual
                 U _CFNumberGetValue
                 U _CFRelease
                 U _CFStringCreateWithCString
                 U _SecCertificateCopyNormalizedIssuerContent
                 U _SecCertificateCopyNormalizedSubjectContent
                 U _SecKeychainItemExport
                 U _SecTrustCopyAnchorCertificates
                 U _SecTrustSettingsCopyCertificates
                 U _SecTrustSettingsCopyTrustSettings
                 U ___error
                 U ___stack_chk_fail
                 U ___stack_chk_guard
                 U ___stderrp
                 U _abort
                 U _fprintf
                 U _fputc
                 U _free
                 U _freeaddrinfo
                 U _fwrite
                 U _gai_strerror
                 U _getaddrinfo
                 U _getnameinfo
                 U _kCFAllocatorDefault
                 U _malloc
                 U _memcmp
                 U _nanosleep
                 U _pthread_attr_destroy
                 U _pthread_attr_getstacksize
                 U _pthread_attr_init
                 U _pthread_cond_broadcast
                 U _pthread_cond_wait
                 U _pthread_create
                 U _pthread_key_create
                 U _pthread_key_delete
                 U _pthread_mutex_lock
                 U _pthread_mutex_unlock
                 U _pthread_setspecific
                 U _pthread_sigmask
                 U _setenv
                 U _strerror
                 U _sysctlbyname
                 U _unsetenv
```

通过otool和nm的输出结果我们惊讶的看到：默认采用“静态链接”的Go程序怎么也要依赖外部的动态链接库，并且也包含了许多“未定义”的符号了呢？问题在于cgo。

三、cgo对可移植性的影响

默认情况下，Go的runtime环境变量CGO_ENABLED=1，即默认开始cgo，允许你在Go代码中调用C代码，Go的pre-compiled标准库的.a文件也是在这种情况下编译出来的。在$GOROOT/pkg/darwin_amd64中，我们遍历所有预编译好的标准库.a文件，并用nm输出每个.a的未定义符号，我们看到下面一些包是对外部有依赖的（动态链接）：

```
=> crypto/x509.a
                 U _CFArrayGetCount
                 U _CFArrayGetValueAtIndex
                 U _CFDataAppendBytes
                 ... ...
                 U _SecCertificateCopyNormalizedIssuerContent
                 U _SecCertificateCopyNormalizedSubjectContent
                 ... ...
                 U ___stack_chk_fail
                 U ___stack_chk_guard
                 U __cgo_topofstack
                 U _kCFAllocatorDefault
                 U _memcmp
                 U _sysctlbyname

=> net.a
                 U ___error
                 U __cgo_topofstack
                 U _free
                 U _freeaddrinfo
                 U _gai_strerror
                 U _getaddrinfo
                 U _getnameinfo
                 U _malloc
```

```
=> os/user.a
                 U __cgo_topofstack
                 U _free
                 U _getgrgid_r
                 U _getgrnam_r
                 U _getgrouplist
                 U _getpwnam_r
                 U _getpwuid_r
                 U _malloc
                 U _realloc
                 U _sysconf

=> plugin.a
                 U __cgo_topofstack
                 U _dlerror
                 U _dlopen
                 U _dlsym
                 U _free
                 U _malloc
                 U _realpath$DARWIN_EXTSN

=> runtime/cgo.a
                 ... ...
                 U _abort
                 U _fprintf
                 U _fputc
                 U _free
                 U _fwrite
                 U _malloc
                 U _nanosleep
                 U _pthread_attr_destroy
                 U _pthread_attr_getstacksize
                 ... ...
                 U _setenv
                 U _strerror
                 U _unsetenv

=> runtime/race.a
                 U _OSSpinLockLock
                 U _OSSpinLockUnlock
                 U __NSGetArgv
                 U __NSGetEnviron
                 U __NSGetExecutablePath
                 U ___error
                 U ___fork
                 U ___mmap
                 U ___munmap
                 U ___stack_chk_fail
                 U ___stack_chk_guard
                 U __dyld_get_image_header
                .... ...
```

我们以os/user为例，在CGO_ENABLED=1，即cgo开启的情况下，os/user包中的lookupUserxxx系列函数采用了c版本的实现，我们看到在$GOROOT/src/os/user/lookup_unix.go中的build tag中包含了**+build cgo**。这样一来，在CGO_ENABLED=1，该文件将被编译，该文件中的c版本实现的lookupUser将被使用：

```
// +build darwin dragonfly freebsd !android,linux netbsd openbsd solaris
// +build cgo

package user
... ...
func lookupUser(username string) (*User, error) {
    var pwd C.struct_passwd
    var result *C.struct_passwd
    nameC := C.CString(username)
    defer C.free(unsafe.Pointer(nameC))
    ... ...
}
```

这样来看，凡是依赖上述包的Go代码最终编译的可执行文件都是要有外部依赖的。不过我们依然可以通过disable CGO_ENABLED来编译出纯静态的Go程序：

```
$CGO_ENABLED=0 go build -o server_cgo_disabled server.go

$otool -L server_cgo_disabled
server_cgo_disabled:
$nm server_cgo_disabled |grep " U "
```

如果你使用build的 “-x -v”选项，你将看到go compiler会重新编译依赖的包的静态版本，包括net、mime/multipart、crypto/tls等，并将编译后的.a(以包为单位)放入临时编译器工作目录($WORK)下，然后再静态连接这些版本。

四、internal linking和external linking

问题来了：在CGO_ENABLED=1这个默认值的情况下，是否可以实现纯静态连接呢？答案是可以。在$GOROOT/cmd/cgo/doc.go中，文档介绍了cmd/link的两种工作模式：internal linking和external linking。

1、internal linking

internal linking的大致意思是若用户代码中仅仅使用了net、os/user等几个标准库中的依赖cgo的包时，cmd/link默认使用internal linking，而无需启动外部external linker(如:gcc、clang等)，不过由于cmd/link功能有限，仅仅是将.o和pre-compiled的标准库的.a写到最终二进制文件中。因此如果标准库中是在CGO_ENABLED=1情况下编译的，那么编译出来的最终二进制文件依旧是动态链接的，即便在go build时传入-ldflags 'extldflags "-static"'亦无用，因为根本没有使用external linker：

```
$go build -o server-fake-static-link  -ldflags '-extldflags "-static"' server.go
$otool -L server-fake-static-link
server-fake-static-link:
    /usr/lib/libSystem.B.dylib (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
    /System/Library/Frameworks/CoreFoundation.framework/Versions/A/CoreFoundation (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
    /System/Library/Frameworks/Security.framework/Versions/A/Security (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
    /usr/lib/libSystem.B.dylib (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
    /usr/lib/libSystem.B.dylib (compatibility version 0.0.0, current version 0.0.0)
```

2、external linking

而external linking机制则是cmd/link将所有生成的.o都打到一个.o文件中，再将其交给外部的链接器，比如gcc或clang去做最终链接处理。如果此时，我们在cmd/link的参数中传入-ldflags 'extldflags "-static"'，那么gcc/clang将会去做静态链接，将.o中undefined的符号都替换为真正的代码。我们可以通过-linkmode=external来强制cmd/link采用external linker，还是以server.go的编译为例：

```
$go build -o server-static-link  -ldflags '-linkmode "external" -extldflags "-static"' server.go
# command-line-arguments
/Users/tony/.bin/go18/pkg/tool/darwin_amd64/link: running clang failed: exit status 1
ld: library not found for -lcrt0.o
clang: error: linker command failed with exit code 1 (use -v to see invocation)
```

可以看到，cmd/link调用的clang尝试去静态连接libc的.a文件，但由于我的mac上仅仅有libc的dylib，而没有.a，因此静态连接失败。我找到一个ubuntu 16.04环境：重新执行上述构建命令：

```
# go build -o server-static-link  -ldflags '-linkmode "external" -extldflags "-static"' server.go
# ldd server-static-link
    not a dynamic executable
# nm server-static-link|grep " U "
```

该环境下libc.a和libpthread.a分别在下面两个位置：

```
/usr/lib/x86_64-linux-gnu/libc.a
/usr/lib/x86_64-linux-gnu/libpthread.a
```

就这样，我们在CGO_ENABLED=1的情况下，也编译构建出了一个纯静态链接的Go程序。

如果你的代码中使用了C代码，并依赖cgo在go中调用这些c代码，那么cmd/link将会自动选择external linking的机制：

```
//testcgo.go
package main

//#include <stdio.h>
// void foo(char *s) {
//    printf("%s\n", s);
// }
// void bar(void *p) {
//    int *q = (int*)p;
//    printf("%d\n", *q);
// }
import "C"
import (
    "fmt"
    "unsafe"
)

func main() {
    var s = "hello"
    C.foo(C.CString(s))

    var i int = 5
    C.bar(unsafe.Pointer(&i))

    var i32 int32 = 7
    var p *uint32 = (*uint32)(unsafe.Pointer(&i32))
    fmt.Println(*p)
}
```

编译testcgo.go：

```
# go build -o testcgo-static-link  -ldflags '-extldflags "-static"' testcgo.go
# ldd testcgo-static-link
    not a dynamic executable

vs.
# go build -o testcgo testcgo.go
# ldd ./testcgo
    linux-vdso.so.1 =>  (0x00007ffe7fb8d000)
    libpthread.so.0 => /lib/x86_64-linux-gnu/libpthread.so.0 (0x00007fc361000000)
    libc.so.6 => /lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6 (0x00007fc360c36000)
```

```
    /lib64/ld-linux-x86-64.so.2 (0x000055bd26d4d000)
```

五、小结

本文探讨了Go的可移植性以及哪些因素对Go编译出的程序的移植性有影响：

- 你的程序用了哪些标准库包？如果仅仅是非net、os/user等的普通包，那么你的程序默认将是纯静态的，不依赖任何c lib等外部动态链接库；
- 如果使用了net这样的包含cgo代码的标准库包，那么CGO_ENABLED的值将影响你的程序编译后的属性：是静态的还是动态链接的；
- CGO_ENABLED=0的情况下，Go采用纯静态编译；
- 如果CGO_ENABLED=1，但依然要强制静态编译，需传递-linkmode=external给cmd/link。

微博：@tonybai_cn
微信公众号：iamtonybai
github.com: https://github.com/bigwhite

Related posts:

1. Go语言TCP Socket编程
2. 也谈goroutine调度器
3. Golang跨平台交叉编译
4. Go程序调试、分析与优化
5. Go 1.7中值得关注的几个变化

这里是Tony Bai的个人Blog，欢迎访问、订阅和留言！订阅Feed请点击上面图片。

如果您觉得这里的文章对您有帮助，请扫描上方二维码进行捐赠，加油后的Tony Bai将会为您呈现更多精彩的文章，谢谢！

如果您希望通过微信捐赠，请用微信客户端扫描下方赞赏码：

如果您希望通过比特币或以太币捐赠，可以扫描下方二维码：

比特币：

以太币：

如果您喜欢通过微信App浏览本站内容，可以扫描下方二维码，订阅本站官方微信订阅号“iamtonybai”；点击二维码，可直达本人官方微博主页^_^：

本站Powered by Digital Ocean VPS。

选择Digital Ocean VPS主机，即可获得10美元现金充值，可免费使用两个月哟！

著名主机提供商Linode 10$优惠码：linode10，在这里注册即可免费获得。

阿里云推荐码：1WFZ0V，立享9折！

文章

- 慕课网免费课“Kubernetes：开启云原生之门”上线
- 写Go代码时遇到的那些问题[第3期]
- defer函数参数求值简要分析
- 对一段Go语言代码输出结果的简要分析
- TB一周萃选[第10期]
- Go 1.10中值得关注的几个变化
- TB一周萃选[第9期]
- TB一周萃选[第8期]
- TB一周萃选[第7期]
- 写Go代码时遇到的那些问题[第2期]

评论

- 
  bigwhite 在 Hello，Termux
  那个防止垃圾评论的plugin的确体验较差，不过我的wordpress版本较低，还懒得升级，好的防垃...
- 
  Hugh 在 Hello，Termux
  如果是想获得管理员权限的话可以用tsu命令替换su命令,原来的命令都还能执行. pkg instal...
- 
  bob 在 ngrok原理浅析
  受益匪浅，已订阅博文免费ngrok服务器铂金ngrok https://ngrok.bob.kim
- 
  bigwhite 在 在Kubernetes集群上部署高可用Harbor镜像仓库
  我的邮箱，bigwhite.cn@aliyun.com，欢迎沟通。您要做的这个平台也不算小，兄台背后...
- 
  bigwhite 在 在Kubernetes集群上部署高可用Harbor镜像仓库
  大大的赞。codefresh.io这个很不错。国内这方面的服务似乎多是绑定某个容器云平台了。没有独立...
- 
  今何安 在 在Kubernetes集群上部署高可用Harbor镜像仓库
  架构上目前还没有做HA，这个问题不大，目前就只有数据库mysql会存在单点问题，这个后续会切换到直接...
- 
  今何安 在 在Kubernetes集群上部署高可用Harbor镜像仓库

经过年后这段时间的准备，我开发了一个精简版的docker镜像仓库产品：https://douwa.t...

- 
bigwhite 在 部署devstack
以前没遇到过，现在也没有devstack环境了。不过 google了一下，找到了两个和你遇到相似问题...
- 
洪城浪子 在 部署devstack
请问如果出现g-api该如何解决+functions:wait_for_service:432 ...
- 
bigwhite 在 Go程序调试、分析与优化
regexp.Regexp内部是有一个mutex的，因此是goroutine-safe的，但mute...
- 下一页 »

分类

- 光影汇 (7)
- 影音坊 (36)
- 思考控 (66)
- 技术志 (555)
- 教育记 (1)
- 杂货铺 (75)
- 生活簿 (154)
- 职场录 (14)
- 读书吧 (14)
- 运动迷 (107)
- 驴友秀 (40)

标签

Blog Blogger C Cpp docker English GCC github GNU Go Golang Google Java k8s Kernel Kubernetes Linux M10 Opensource Programmer Python Solaris Subversion Ubuntu Unix Windows 世界杯 博客 学习 容器 工作 巴萨 开源 思考 感悟 摄影 旅游 梅西 球王 生活 程序员 编译器 西甲 足球 驴友

归档

- 2018 年五月 (1)
- 2018 年四月 (1)
- 2018 年三月 (3)
- 2018 年二月 (3)
- 2018 年一月 (7)
- 2017 年十二月 (5)
- 2017 年十一月 (4)
- 2017 年十月 (3)
- 2017 年九月 (2)
- 2017 年八月 (3)
- 2017 年七月 (4)
- 2017 年六月 (8)
- 2017 年五月 (5)
- 2017 年四月 (3)
- 2017 年三月 (2)
- 2017 年二月 (5)
- 2017 年一月 (7)
- 2016 年十二月 (7)
- 2016 年十一月 (7)
- 2016 年十月 (3)
- 2016 年九月 (2)
- 2016 年八月 (1)
- 2016 年六月 (2)
- 2016 年五月 (2)
- 2016 年四月 (2)
- 2016 年三月 (2)
- 2016 年二月 (3)
- 2016 年一月 (2)
- 2015 年十二月 (1)

- 2004 年九月 (2)

私人

- 我的女儿

链接

- @douban
- @flickr
- @github
- @googlecode
- @picasa
- @slideshare
- @twitter
- @weibo
- Hoterran
- Lionel Messi
- Puras He
- 梦想风暴
- 过眼云烟

开源项目

- buildc
- cbehave
- lcut

翻译项目

- C语言编码风格和标准
- 《Programming in Haskell》中文翻译项目