postgresql从最早20万行左右的代码量上升到近200万行，所以为了便于调试工作，需要大家在理解目录结构的基础上，按照流程跟踪调试代码

1.postgresql的目录结构

首先进入postgresql的第一级目录

名称	修改日期	类型	大小
config	2016/8/9 4:44	文件夹	
contrib	2016/8/9 4:44	文件夹	
doc	2016/8/9 4:44	文件夹	
src	2016/8/9 4:47	文件夹	
.dir-locals.el	2016/8/9 4:27	EL 文件	1 KB
.gitattributes	2016/8/9 4:27	GITATTRIBUTES ...	2 KB
.gitignore	2016/8/9 4:27	GITIGNORE 文件	1 KB
aclocal.m4	2016/8/9 4:27	M4 文件	1 KB
configure	2016/8/9 4:27	文件	452 KB
configure.in	2016/8/9 4:27	IN 文件	72 KB
COPYRIGHT	2016/8/9 4:27	文件	2 KB
GNUmakefile.in	2016/8/9 4:27	IN 文件	4 KB
HISTORY	2016/8/9 4:27	文件	1 KB
INSTALL	2016/8/9 4:47	文件	73 KB
Makefile	2016/8/9 4:27	文件	2 KB
README	2016/8/9 4:27	文件	2 KB

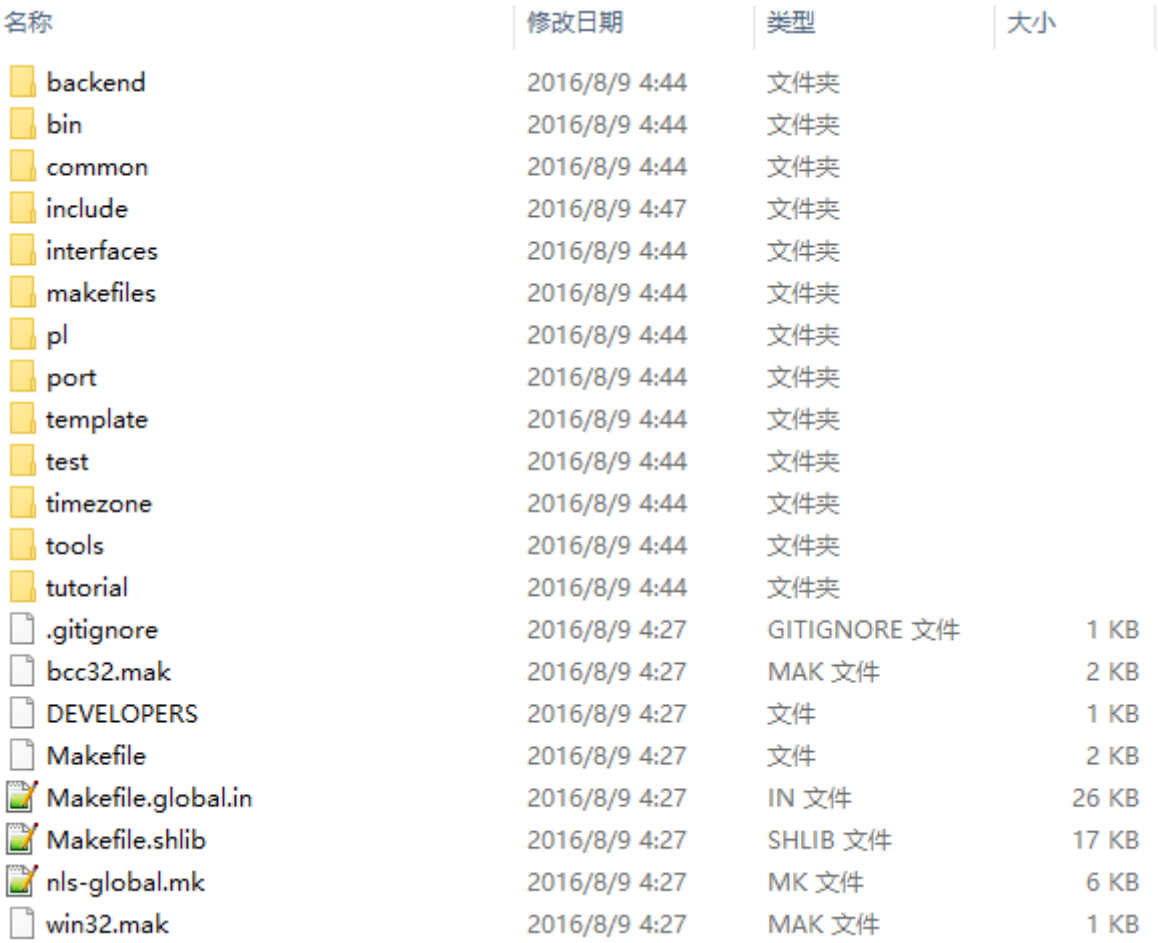
config文件夹主要放的是一些配置文件；

contrib文件夹里放的是一些第三方的插件、扩展程序等，常用的有pg_standby、postgres_fdw这些；

doc文件夹不用说放的是一些帮助文档和manuals；

最主要的是src目录，这里放置的是postgresql的源代码，也是我们调试和跟踪的主要文件目录；configure和Makefile这些是程序编译时要用的文件

进去src目录，



名称	修改日期	类型	大小
backend	2016/8/9 4:44	文件夹	
bin	2016/8/9 4:44	文件夹	
common	2016/8/9 4:44	文件夹	
include	2016/8/9 4:47	文件夹	
interfaces	2016/8/9 4:44	文件夹	
makefiles	2016/8/9 4:44	文件夹	
pl	2016/8/9 4:44	文件夹	
port	2016/8/9 4:44	文件夹	
template	2016/8/9 4:44	文件夹	
test	2016/8/9 4:44	文件夹	
timezone	2016/8/9 4:44	文件夹	
tools	2016/8/9 4:44	文件夹	
tutorial	2016/8/9 4:44	文件夹	
.gitignore	2016/8/9 4:27	GITIGNORE 文件	1 KB
bcc32.mak	2016/8/9 4:27	MAK 文件	2 KB
DEVELOPERS	2016/8/9 4:27	文件	1 KB
Makefile	2016/8/9 4:27	文件	2 KB
Makefile.global.in	2016/8/9 4:27	IN 文件	26 KB
Makefile.shlib	2016/8/9 4:27	SHLIB 文件	17 KB
nls-global.mk	2016/8/9 4:27	MK 文件	6 KB
win32.mak	2016/8/9 4:27	MAK 文件	1 KB

首先那几个Makefile文件什么的就不用多介绍了，主要看看这几个文件夹。

bin/　　放置了postgresql的unix命令，比如psql、initdb这些的源代码;

backend/　　postgresql后端程序的源代码;

include/　　头文件;

interfaces/　　前端相关的库的代码（包括pgsql的C语言库libpq）;

makefiles/　　平台相关的make的设置文件;

pl/　　存储过程语言的代码;

port/　　平台移植相关的代码;

template/　　平台相关的设置文件;

test/　　postgresql自带的各种测试脚本;

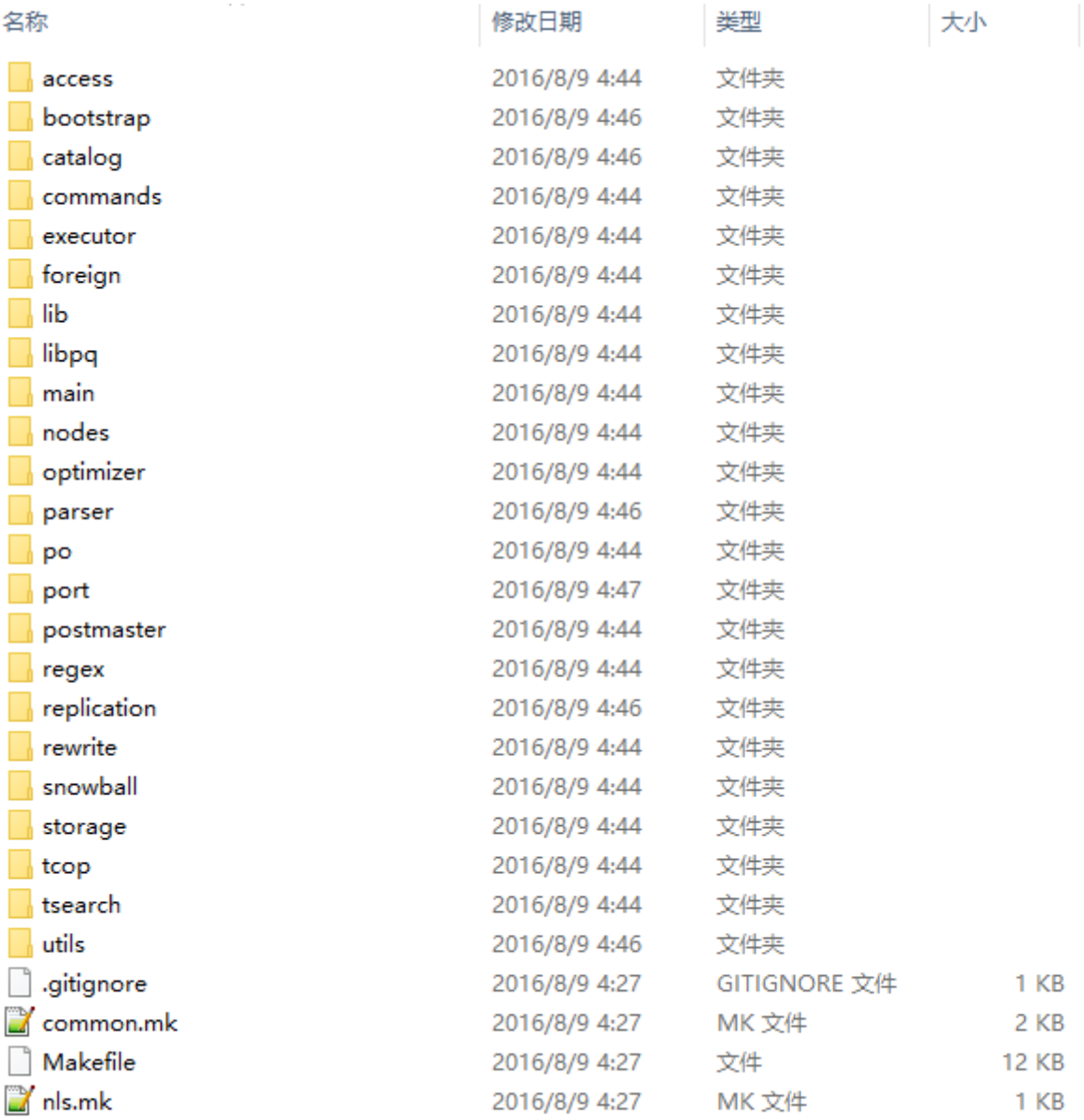
timezone/　　时区相关的代码文件;

tools/　　各种开发工具和文档;

tutorial/　　各种相关教程。

可以看出比较核心的是backend、bin、interfaces这三个目录，其中backend对应后端（服务器端），剩下两个对应前端（客户端）。

对于我们的调试工作，大部分关注点集中在后端，即backend目录，在该目录下细分了好多目录：



名称	修改日期	类型	大小
access	2016/8/9 4:44	文件夹	
bootstrap	2016/8/9 4:46	文件夹	
catalog	2016/8/9 4:46	文件夹	
commands	2016/8/9 4:44	文件夹	
executor	2016/8/9 4:44	文件夹	
foreign	2016/8/9 4:44	文件夹	
lib	2016/8/9 4:44	文件夹	
libpq	2016/8/9 4:44	文件夹	
main	2016/8/9 4:44	文件夹	
nodes	2016/8/9 4:44	文件夹	
optimizer	2016/8/9 4:44	文件夹	
parser	2016/8/9 4:46	文件夹	
po	2016/8/9 4:44	文件夹	
port	2016/8/9 4:47	文件夹	
postmaster	2016/8/9 4:44	文件夹	
regex	2016/8/9 4:44	文件夹	
replication	2016/8/9 4:46	文件夹	
rewrite	2016/8/9 4:44	文件夹	
snowball	2016/8/9 4:44	文件夹	
storage	2016/8/9 4:44	文件夹	
tcop	2016/8/9 4:44	文件夹	
tsearch	2016/8/9 4:44	文件夹	
utils	2016/8/9 4:46	文件夹	
.gitignore	2016/8/9 4:27	GITIGNORE 文件	1 KB
common.mk	2016/8/9 4:27	MK 文件	2 KB
Makefile	2016/8/9 4:27	文件	12 KB
nls.mk	2016/8/9 4:27	MK 文件	1 KB

access/　　各种存储访问方法(在各个子目录下) common(共同函数)、gin (Generalized Inverted Index通用逆向索引) 、gist (Generalized Search Tree通用索引)、hash (哈希索引)、heap (heap的访问方法)、index (通用索引函数)、 nbtree (Btree函数)、transam (事务处理)、 bootstrap/ 数据库的初始化处理(initdb的时候)

catalog/　　系统目录

commands/　SELECT/INSERT/UPDATE/DELETE以为的SQL文的处理

executor/　　执行器(访问的执行)

foreign/ FDW(Foreign Data Wrapper)处理
lib/ 共同函数
libpq/ 前端/后端通信处理
main/ postgres的主函数
nodes/ 构文树节点相关的处理函数
optimizer/ 优化器
parser/ SQL构文解析器
port/ 平台相关的代码
postmaster/ postmaster的主函数 (常驻postgres)
replication/ streaming replication
regex/ 正则处理
rewrite/ 规则及视图相关的重写处理
snowball/ 全文检索相关（语干处理)
storage/ 共享内存、磁盘上的存储、缓存等全部一次/二次记录管理(以下的目录)buffer/(缓存管理)、 file/(文件)、freespace/(Fee Space Map管理) ipc/(进程间通信)、large_object /(大对象的访问函数)、 lmgr/(锁管理)、page/(页面访问相关函数)、 smgr/(存储管理器)
tcop/ postgres (数据库引擎的进程)的主要部分
tsearch/ 全文检索
utils/ 各种模块(以下目录) adt/(嵌入的数据类型)、cache/(缓存管理)、 error/(错误处理)、fmgr/(函数管理)、hash/(hash函数)、init/(数据库初始化、postgres的初期处理)、mb/(多字节文字处理)、misc/(其他)、mmgr/(内存的管理函数)、 resowner/(查询处理中的数据(buffer pin及表锁)的管理)、sort/(排序处理)、time/(事务的 MVCC 管理)

2. 利用gdb调试postgresql

首先我们要有gdb这个工具，如果没有，可以用yum命令自动的去安装它。

调试postgresql，我们先以最简单的SQL文作为例子演示如何调试跟踪代码。例如：

```
select 1;
```

既然要用gdb跟踪调试程序，我们首先要知道postgresql后端进程的pid，然后才能attach上进行调试（对**gdb命令**不熟悉的可以先自行百度下：参考URL：https://www.cnblogs.com/xsln/p/gdb_instructions1.html）。

要获取postgresql的pid，我们有两个办法。

方法1.使用ps命令查看

首先进入psql

psql -d postgres

然后查看

```
# ps -ef | grep postgres
```

我们可以看到

```
dhc      757451 743100  0 11:48 pts/3    00:00:00 psql -d postgres
dhc      776301      1  0 15:48 pts/3    00:00:00 /home/dhc/postgresql/bin/postgres -D /home/dhc/postgresql/data
dhc      776303 776301  0 15:48 ?        00:00:00 postgres: checkpointer process
dhc      776304 776301  0 15:48 ?        00:00:00 postgres: writer process
dhc      776305 776301  0 15:48 ?        00:00:00 postgres: wal writer process
dhc      776306 776301  0 15:48 ?        00:00:00 postgres: autovacuum launcher process
dhc      776307 776301  0 15:48 ?        00:00:00 postgres: stats collector process
dhc      778978 757479  0 16:37 pts/6    00:00:00 psql -d postgres
dhc      778979 776301  0 16:37 ?        00:00:00 postgres: dhc postgres [local] idle
dhc      778981 743100  0 16:38 pts/3    00:00:00 grep postgres
[dhc@90s196 postgresql]$
```

那个[local] idle 提示的那个就是我们要的，可知进程pid为778979；

方法2.直接在进入postgresql后运行下面的查询语句：

```
select pg_backend_pid();
```

```
postgres=# select pg_backend_pid();
 pg_backend_pid
----------------
         778979
(1 row)

postgres=#
```

也可以得到进程的pid，方便快捷。

得到进程的pid后，我们就可以进入gdb调试了。

另开一个窗口，我们输入如下命令：

```
# gdb postgres 778979
```

进入了gdb命令行界面。

```
[dhc@90s196 postgresql]$ gdb postgres 778979
GNU gdb (GDB) Red Hat Enterprise Linux (7.2-60.el6_4.1)
Copyright (C) 2010 Free Software Foundation, Inc.
License GPLv3+: GNU GPL version 3 or later <http://gnu.org/licenses/gpl.html>
This is free software: you are free to change and redistribute it.
There is NO WARRANTY, to the extent permitted by law.  Type "show copying"
and "show warranty" for details.
This GDB was configured as "x86_64-redhat-linux-gnu".
For bug reporting instructions, please see:
<http://www.gnu.org/software/gdb/bugs/>...
Reading symbols from /home/dhc/postgresql/bin/postgres...done.
Attaching to program: /home/dhc/postgresql/bin/postgres, process 778979
Reading symbols from /lib64/librt.so.1...done.
Loaded symbols for /lib64/librt.so.1
Reading symbols from /lib64/libdl.so.2...done.
Loaded symbols for /lib64/libdl.so.2
Reading symbols from /lib64/libm.so.6...done.
Loaded symbols for /lib64/libm.so.6
Reading symbols from /lib64/libc.so.6...done.
Loaded symbols for /lib64/libc.so.6
Reading symbols from /lib64/libpthread.so.0...done.
[Thread debugging using libthread_db enabled]
Loaded symbols for /lib64/libpthread.so.0
Reading symbols from /lib64/ld-linux-x86-64.so.2...done.
Loaded symbols for /lib64/ld-linux-x86-64.so.2
Reading symbols from /lib64/libnss_files.so.2...done.
Loaded symbols for /lib64/libnss_files.so.2
0x0000003b582eba53 in __epoll_wait_nocancel () at ../sysdeps/unix/syscall-template.S:81
81      T_PSEUDO (SYSCALL_SYMBOL, SYSCALL_NAME, SYSCALL_NARGS)
(gdb)
```

在这个状态下，可以接受gdb命令，这里，我们使用b命令在ExecResult处打上断点：

（注释：b 是gdb中的断点（breakpoint），具体解释见给的GDB URL中 三.8 和 四 两个目录。）

```
(gdb) b ExecResult
Breakpoint 1 at 0x5e4510: file nodeResult.c, line 68.
(gdb)
```

这个时候我们再回到postgresql的窗口，执行SQL：

```
----------------
         778979
(1 row)

postgres=# select pg_backend_pid();
 pg_backend_pid
----------------
         778979
(1 row)

postgres=# select 1;
```

我们可以看到因为postgres进程已经暂停，SQL会卡在那里动不了，这也是我们的目的，不然怎么一步一步的调试呢?

我们再回到gdb这边，运行c命令，程序就会继续执行下去，然后再断点处（ExecResult）停止。

（注释：c 是gdb中的断点（continue），具体解释见给的GDB URL中 三.11）

```
(gdb) b ExecResult
Breakpoint 1 at 0x65f774: file nodeResult.c, line 75.
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 1, ExecResult (node=0x19a2b10) at nodeResult.c:75
75              econtext = node->ps.ps_ExprContext;
(gdb)
```

我们当然会很好奇执行路径上走过了哪些文件调用了哪些函数?

好的，我们执行gdb的bt命令：

（注释：bt 是gdb中的栈信息（backtrace），具体解释见给的GDB URL中 三.1）

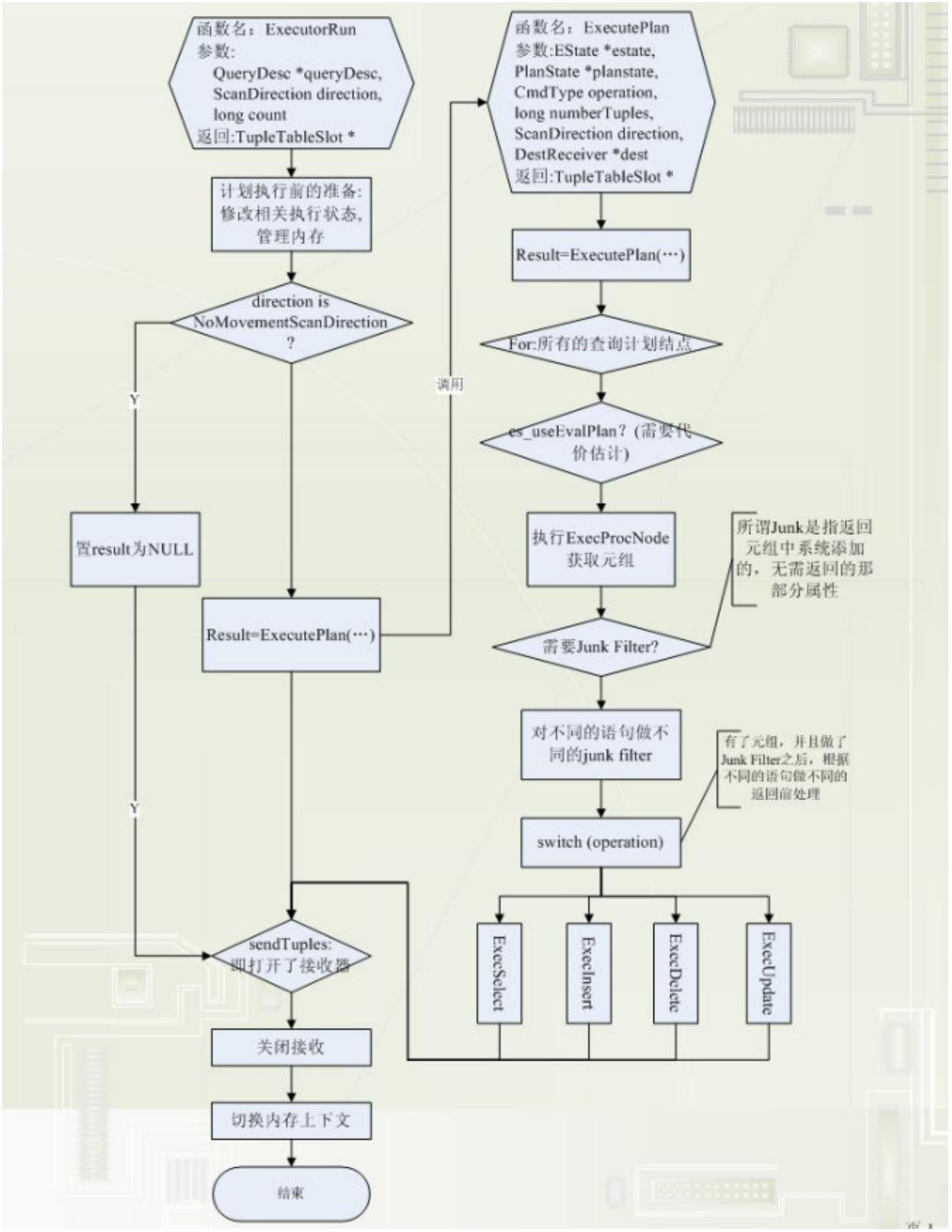
```
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 1, ExecResult (node=0x1ef3f28) at nodeResult.c:68
68      {
(gdb) bt
#0  ExecResult (node=0x1ef3f28) at nodeResult.c:68
#1  0x00000000005c85e8 in ExecProcNode (node=0x1ef3f28) at execProcnode.c:392
#2  0x00000000005c60ca in ExecutePlan (queryDesc=0x1e764b8, direction=<value optimized out>, count=0) at execMain.c:1567
#3  standard_ExecutorRun (queryDesc=0x1e764b8, direction=<value optimized out>, count=0) at execMain.c:339
#4  0x00000000006d8c67 in PortalRunSelect (portal=0x1ef1528, forward=<value optimized out>, count=0, dest=<value optimized out>)
    at pquery.c:948
#5  0x00000000006d9e08 in PortalRun (portal=0x1ef1528, count=9223372036854775807, isTopLevel=1 '\001', dest=0x1ed0838,
    altdest=0x1ed0838, completionTag=0x7fff02b98150 "") at pquery.c:789
#6  0x00000000006d6527 in exec_simple_query (query_string=0x1eceae8 "select 1;") at postgres.c:1109
#7  0x00000000006d7db0 in PostgresMain (argc=<value optimized out>, argv=<value optimized out>, dbname=0x1e78e20 "postgres",
    username=<value optimized out>) at postgres.c:4101
#8  0x00000000006788b8 in BackendRun (argc=<value optimized out>, argv=<value optimized out>) at postmaster.c:4342
#9  BackendStartup (argc=<value optimized out>, argv=<value optimized out>) at postmaster.c:4016
#10 ServerLoop (argc=<value optimized out>, argv=<value optimized out>) at postmaster.c:1721
#11 PostmasterMain (argc=<value optimized out>, argv=<value optimized out>) at postmaster.c:1329
#12 0x00000000006004a8 in main (argc=3, argv=0x1e4ede0) at main.c:228
(gdb) f 13
#0  0x0000000000000000 in ?? ()
```

这一大串就是我们梦寐以求的函数调用的堆栈了。这样从程序开始到ExecResult为止的函数调用都有了。既然说是“堆栈”，我们自然是要反着看的，比如，我们可以看到最早调用的是main函数，它在（at）main.c文件里，在main函数的第228行，调用了PostmasterMain函数，依次类推即可知道函数的调用路径。

知道了函数的调用路径，我们可以一步一步地看看这条语句是怎么走的了。

以postgresql9.6.12为例：



#13 main.c 内：

line99： 函数MemoryContextInit()启动必须的子系统error和memory管理系统;

line110：函数set_pglocale_pgservice()获取并设置环境变量;

line146~148：函数init_locale初始化环境变量;

line219~228：根据输入参数确定程序走向，这里进入了PostmasterMain(),跳转至postmaster.c文件。

#12#11#10#9 postmaster.c 内：

该文件中定义了后端的常驻进程"postmaster"所使用的主要函数接口和数据结构定义。postmaster接受前端的请求，建立新的backend进程。

line561~623：读取上下文信息和配置文件，完成初始化;
line630~812：读取postmaster的参数;
line930~1000：建立socket通信;
line1100~1159：建立shared memory和semaphores以及堆栈和pipe，初始化子系统(stats collection、autovacuum);
line1296：进入ServerLoop()函数,跳转至line1604;

line1604:ServerLoop()函数入口。该函数循环监听端口上的连接请求;
line1673~1699：判断是否有"合法"的连接请求，fork一个子进程去处理它，进入BackendStartup()函数，跳转至line3857;

line3857：BackendStartup()函数入口。该函数负责开启一个新的backend进程;
line3858~3914：做一些初始化准备(数据结构，开启和关闭一些必要的进程等等);
line3917：进入BackendRun()函数，跳转至line4179;

line4179：BackendRun()函数入口，该函数运行backend进程，主要干两件事：1.建立参数列表并初始化2.调用PostgresMain()函数;
line4243：调用PostgresMain()函数，进入postgres.c文件.

#8#7 postgres.c 文件内：

该文件定义了postgres后端的主要模块，相当于后端的main，并且负责后端进程的调度。

line3572：PostgresMain()函数入口。根据输入的dbname，username和输入参数建立一个会话;
line3573~3801：初始化工作。开设初始化环境和默认参数，设置信号处理函数和其他参数，建立内存上下文，设置share buffer等等等等;
line3825：进入POSTGRES的主处理循环,这个if语句主要用于判断输入处理是否有异常等;
line3933：进入处理循环中。该循环监听新的查询请求并判断请求的类别;

line4045：判断查询请求为simple query，调用exec_simple_query()函数,跳转至line884;

line884：exec_simple_query()函数入口。该函数做一些初始化工作，建立一个transaction command，做简单的语法规则判断，分析重写，并为该查询建立查询计划，并返回查询结果;
line1104：进入函数PortalRun()，进入pquery.c文件.

#6#5 pquery.c 文件内：

该文件定义了postgres后端查询语句的代码。

line706：PortalRun()函数入口。该函数负责运行一个或一组查询;
line786：进入PortalRunSelect()函数，跳转至line888;

line888：PortalRunSelect()函数入口。该函数只能执行简单的SELECT查询操作;
line942：进入ExecutorRun()函数，进入execMain.c文件.

#4#3#2 execMain.c 文件内：

该文件给出了执行的四个接口函数，分别是
ExecutorStart() ExecutorRun() ExecutorFinish() ExecutorEnd()。

line279：ExecutorRun()函数入口。该函数时执行模块的主要部分，它接受一个查询描述符并真正的执行一个查询语句;
line285：进入standard_ExecutorRun()函数。跳转至line289;

line289：standard_ExecutorRun()函数入口。它执行"标准"的查询;
line337：进入ExecutePlan()函数，跳转至line1517;

line1517：ExecutePlan()函数入口。还记得前面exec_simple_query()说的查询计划么？这里用上了，执行该查询计划。
line1541：进入查询计划执行的主循环;
line1549：进入ExecProcNode()函数,进入execProcnode.c文件.

#1 execProcnode.c 文件内：

该文件内提供了执行查询计划的调度函数，功能分别是：
ExecInitNode()：初始化查询计划的节点以及其子查询计划;
ExecProcNode()：通过执行查询计划获得元组;

ExecEndNode()：关闭一个查询节点和它的子查询计划。

line367：ExecProcNode()函数入口;
line385：进入ExecResult()函数，跳转至文件nodeResult.c.

#0 nodeResult.c 文件内：

该文件主要为每个查询计划的节点提供支持。

line67：ExecResult()函数入口，该函数返回查询计划获得的元组。
这一段从#13到#0的函数调用简单分析

3. gdb 设置断点的几种方式

方式1、根据函数名，查找符号（symbol）设置断电
此种方式最为简单，阅读源代码，了解函数如何调用，在需要暂停运行的函数入口进行断点设置。但并不是所有函数，任何时候都能设置断点的。比如优化后的静态函数，inline函数。在特定的情况下，通过函数名进行断点设置便不可为，而又需要查看运行时该函数的运行情况，这时就需要使用第二种方式。
例子：b func_name

方式2、根据代码行位置设置断点
当无法通过方式1进行设置断点，而又明确知道，程序运行到源代码文件中某个位置需要中断，则可通过在gdb中指定文件及代码位置进行断点设置。通过方式1和2，能解决绝大部分的跟踪问题，但是，在运行运行中，我们可能会碰到通过函数指针进行函数调用的情况，此时只知道函数指针的地址，就无法通过函数名或者代码行数进行
例子：b /src/codefile.cc:81。gdb将在运行到源码文件/src/codefile.cc的第81行中断

方式3、根据运行时的地址设置断点
此时有两种方式，一是通过直接指定地址进行，进行断点设置。二是通过print命令获得相关信息
例子1：b *0x5859c0。"*"号是必须加在地址前的，0x5859c0为函数指针的地址
例子2：展示变量内容
(gdb) p *thread_scheduler
$4 = {max_threads = 151, init = 0, init_new_connection_thread = 0x6a3310
<init_new_connection_handler_thread()>,
add_connection = 0x5859c0 <create_thread_to_handle_connection(THD*)>,
thd_wait_begin = 0, thd_wait_end = 0, post_kill_notification = 0,
end_thread = 0x57ea50 <one_thread_per_connection_end(THD*, bool)>, end = 0}

在打印thread_scheduler变量的内容时，保存函数指针的变量add_connection的内容被打印出来，保活函数的指针和函数的名字，通过指针可使用b *0x5859c0进行断点设置；通过函数名可使用方式1进行断点设置

内容参考自：

1.http://www.postgres.cn/docs/9.6/
2.https://www.cnblogs.com/flying-tiger/p/5859393.html
3.https://www.cnblogs.com/xsln/p/gdb_instructions1.html
4.《PostgreSQL查询处理部分源码分析》
5.http://www.postgres.cn/docs/10/
6.http://www.cnblogs.com/northhurricane/p/3860393.html