进程间关系与守护进程

1. 进程组

1.1 什么是进程组

之前我们提到了进程的概念， 其实每一个进程除了有一个进程ID(PID)之外 还属于一个进程组。**进程组是一个或者多个进程的集合， 一个进程组可以包含多个进程**。 每一个进程组也有一个唯一的进程组ID(PGID)， 并且这个PGID类似于进程ID， 同样是一个正整数， 可以存放在pid_t数据类型中。

代码块

```
$ ps -eo pid,pgid,ppid,comm | grep test
#结果如下
PID PGID PPID COMMAND
2830 2830 2259 test
# -e 选项表示every的意思， 表示输出每一个进程信息
# -o 选项以逗号操作符（,）作为定界符， 可以指定要输出的列
```

1.2 组长进程

每一个进程组都有一个组长进程。 组长进程的ID等于其进程ID。我们可以通过ps命令看到组长进程的现象：

代码块

```
[node@localhost code]$ ps -o pid,pgid,ppid,comm | cat
# 输出结果
PID PGID PPID COMMAND
2806 2806 2805 bash
2880 2880 2806 ps
2881 2880 2806 cat
```

从结果上看ps进程的PID和PGID相同， 那也就是说明ps进程是该进程组的组长进程， 该进程组包括ps和cat两个进程。

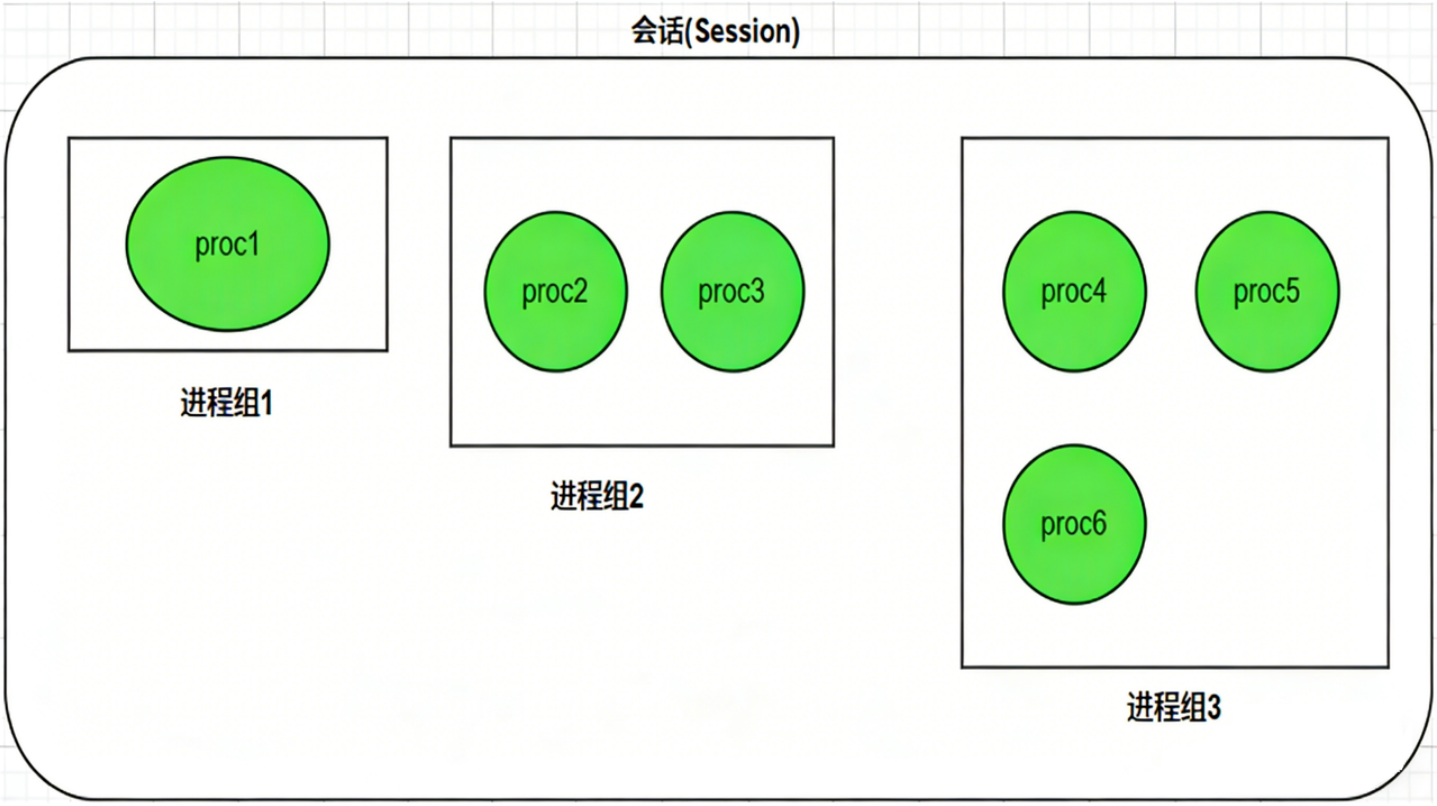
· 进程组组长的作用： 进程组组长可以创建一个进程组或者创建该组中的进程

· 进程组的生命周期： 从进程组创建开始到其中最后一个进程离开为止。注意： **主要某个进程组中有一个进程存在， 则该进程组就存在， 这与其组长进程是否已经终止无关。**

2. 会话

2.1 什么是会话

刚刚我们谈到了进程组的概念， 那么会话又是什么呢？ 会话其实和进程组息息相关， **会话可以看成是一个或多个进程组的集合， 一个会话可以包含多个进程组。每一个会话也有一个会话ID(SID)**



通常我们都是使用管道将几个进程编成一个进程组。 如上图的进程组2和进程组3可能是由下列命令形成的：

代码块

```
[node@localhost code]$ proc2 | proc3 &
[node@localhost code]$ proc4 | proc5 | proc6 &
# &表示将进程组放在后台执行
```

我们举一个例子观察一下这个现象：

代码块

```
# 用管道和sleep组成一个进程组放在后台运行
[node@localhost code]$ sleep 100 | sleep 200 | sleep 300 &
# 查看ps命令打出来的列描述信息
[node@localhost code]$ ps axj | head -n1
# 过滤sleep相关的进程信息
[node@localhost code]$ ps axj | grep sleep | grep -v grep
# a选项表示不仅列当前用户的进程，也列出所有其他用户的进程
```

```
# x选项表示不仅列有控制终端的进程，也列出所有无控制终端的进程
# j选项表示列出与作业控制相关的信息， 作业控制后续会讲
# grep的-v选项表示反向过滤， 即不过滤带有grep字段相关的进程

# 结果如下
PPID PID PGID SID TTY TPGID STAT UID TIME COMMAND
2806 4223 4223 2780 pts/2 4229 S 1000 0:00 sleep 100
2806 4224 4223 2780 pts/2 4229 S 1000 0:00 sleep 200
2806 4225 4223 2780 pts/2 4229 S 1000 0:00 sleep 300
```

从上述结果来看3个进程对应的PGID相同， 即属于同一个进程组。

2.2 如何创建会话

可以调用setseid函数来创建一个会话， 前提是调用进程不能是一个进程组的组长。

代码块

```
#include <unistd.h>
/*
*功能：创建会话
*返回值：创建成功返回SID，失败返回-1
*/
pid_t setsid(void);
```

该接口调用之后会发生：

- 调用进程会变成新会话的**会话首进程**。 此时， 新会话中只有唯一的一个进程
- 调用进程会变成进程组组长。 新进程组ID就是当前调用进程ID
- 该进程没有控制终端。 如果在调用setsid之前该进程存在控制终端， 则调用之后会切断联系

需要注意的是： **这个接口如果调用进程原来是进程组组长， 则会报错， 为了避免这种情况， 我们通常的使用方法是先调用fork创建子进程， 父进程终止， 子进程继续执行， 因为子进程会继承父进程的进程组ID, 而进程ID则是新分配的， 就不会出现错误的情况。**

2.3 会话ID(SID)

上边我们提到了会话ID， 那么会话ID是什么呢？ 我们可以先说一下会话首进程， 会话首进程是具有唯一进程ID的单个进程， 那么我们可以将会话首进程的进程ID当做是会话ID。**注意：会话ID在有些地方也被称为 会话首进程的进程组ID， 因为会话首进程总是一个进程组的组长进程， 所以两者是等价的。**

---

3. 控制终端

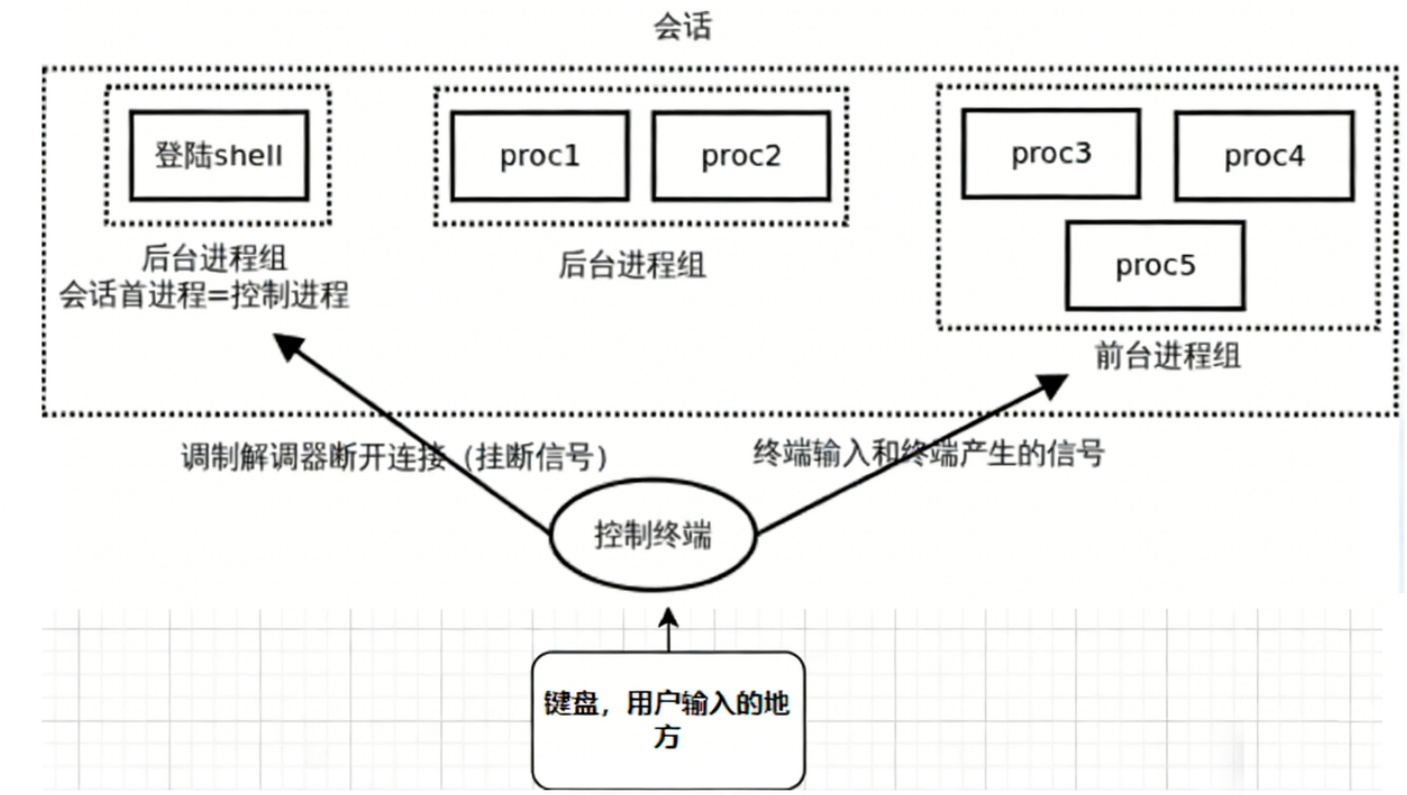
先说一下什么是控制终端?

在UNIX系统中，**用户通过终端登录系统后得到一个Shell进程，这个终端成为Shell进程的控制终端。**

控制终端是保存在PCB中的信息，我们知道fork进程会复制PCB中的信息，因此由Shell进程启动的其它进程的控制终端也是这个终端。默认情况下没有重定向，每个进程的标准输入、标准输出和标准错误都指向控制终端，进程从标准输入读也就是读用户的键盘输入，进程往标准输出或标准错误输出写也就是输出到显示器上。另外会话、进程组以及控制终端还有一些其他的关系，我们在下边详细介绍一下：

- 一个会话可以有一个控制终端，通常会话首进程打开一个终端（终端设备或伪终端设备）后，该终端就成为该会话的控制终端。
- 建立与控制终端连接的会话首进程被称为**控制进程。**
- 一个会话中的几个进程组可被分成一个**前台进程组**以及一个或者多个**后台进程组。**
- 如果一个会话有一个控制终端，则它有一个前台进程组，会话中的其他进程组则为后台进程组。
- 无论何时进入终端的中断键（ctrl+c）或退出键（ctrl+\），就会将中断信号发送给前台进程组的所有进程。
- 如果终端接口检测到调制解调器（或网络）已经断开，则将挂断信号发送给控制进程（会话首进程）。

这些特性的关系如下图所示：



4. 作业控制

4.1 什么是作业(job)和作业控制(Job Control)?

作业是针对用户来讲，用户完成某项任务而启动的进程，一个作业既可以只包含一个进程，也可以包含多个进程，进程之间互相协作完成任务， 通常是一个进程管道。Shell分前后台来控制的不是进程而是作业 或者进程组。一个前台作业可以由多个进程组成，一个后台作业也可以由多个进程组成，Shell可以同时运行一个前台作业和任意多个后台作业，这称为**作业控制**。

例如下列命令就是一个作业，它包括两个命令，在执行时Shell将在前台启动由两个进程组成的作业：

代码块

```
[node@localhost code]$ cat /etc/filesystems | head -n 5
```

运行结果如下所示：

代码块

```
xfs
ext4
ext3
ext2
nodev proc
```

4.2 作业号

放在后台执行的程序或命令称为后台命令，可以在命令的后面加上 & 符号从而让Shell识别这是一个后台命令，后台命令不用等待该命令执行完成，就可立即接收新的命令，**另外后台进程执行完后会返回一个作业号以及一个进程号（PID）**。

例如下面的命令在后台启动了一个作业， 该作业由两个进程组成， 两个进程都在后台运行:

代码块

```
[node@localhost code]$ cat /etc/filesystems | grep ext &
```

执行结果如下：

代码块

```
[1] 2202
ext4
ext3
ext2
# 按下回车
[1]+ 完成 cat /etc/filesystems | grep --color=auto ext
```

- 第一行表示作业号和进程ID， 可以看到作业号是1， 进程ID是2202
- 第3-4行表示该程序运行的结果， 过滤 /etc/filesystems 有关 ext 的内容
- 第6号分别表示作业号、默认作业、作业状态以及所执行的命令

关于默认作业：对于一个用户来说，只能有一个默认作业 （+） ，同时也只能有一个即将成为默认作业的作业 （-） ，当默认作业退出后，该作业会成为默认作业。

- + : 表示该作业号是默认作业
- - ： 表示该作业即将成为默认作业
- 无符号： 表示其他作业

4.3 作业状态

常见的作业状态如下表所示：

作业状态	含义
正在运行【Running】	后台作业（&），表示正在执行
完成【Done】	作业已完成，返回的状态码为0
完成并退出【Done（code）】	作业已完成并退出，返回的状态码为非0
已停止【Stopped】	前台作业，当前被Ctrl + z 挂起
已终止【Terminated】	作业被终止

4.4 作业的挂起与切回

(1) 作业挂起

我们在执行某个作业时，可以通过 Ctrl+Z 键将该作业挂起，然后Shell会显示相关的作业号、状态以及所执行的命令信息。

例如我们运行一个死循环的程序， 通过 Ctrl+Z 将该作业挂起， 观察一下对应的作业状态：

代码块

```
#include <stdio.h>
int main()
{
    while (1)
    {
        printf("hello\n");
```

```
    }

    return 0;
}
```

下面我运行这个程序， 通过 `Ctrl+Z` 将该作业挂起：

代码块

```
# 运行可执行程序
[node@localhost code]$ ./test
#键入Ctrl + Z观察现象
```

运行结果如下：

代码块

```
# 结果依次对应作业号 默认作业 作业状态 运行程序信息
[1]+ 已停止 ./test7
```

可以发现通过 `Ctrl+Z` 将作业挂起， 该作业状态已经变为了停止状态

(2) 作业切回

如果想将挂起的作业切回，可以通过 `fg` 命令， `fg` 后面可以跟 `作业号` 或 `作业的命令名称` 。如果参数缺省则会默认将作业号为1的作业切到前台来执行，若当前系统只有一个作业在后台进行，则可以直接使用fg命令不带参数直接切回。 具体的参数参考如下：

参数	含义
%n	n为正整数，表示作业号
%string	以字符串开头的命令所对应的作用
%?string	包含字符串的命令所对应的作业
%+或%%	最近提交的一个作业
%-	倒数第二个提交的作业

例如我们把刚刚挂起来的 `./test` 作业切回到前台：

代码块

```
[node@localhost code]$ fg %%
```

运行结果为开始无限循环打印 hello ， 可以发现该作业已经切换到前台了。

注意： 当通过 fg 命令切回作业时，若没有指定作业参数，此时会将默认作业切到前台执行，即带有“+”的作业号的作业

4.5 查看后台执行或挂起的作业

我们可以直接通过输入 jobs 命令查看本用户当前后台执行或挂起的作业

- 参数 -l 则显示作业的详细信息
- 参数 -p 则只显示作业的PID

例如， 我们先在后台及前台运行两个作业， 并将前台作业挂起， 来用 jobs 命令查看作业相关的信息：

代码块

```
# 在后台运行一个作业sleep
[node@localhost code]$ sleep 300 &
# 运行刚才的死循环可执行程序
[node@localhost code]$ ./test
# 键入Ctrl + Z 挂起作业
# 使用jobs命令查看后台及挂起的作业
[node@localhost code]$ jobs -l
```

运行结果如下所示：

代码块

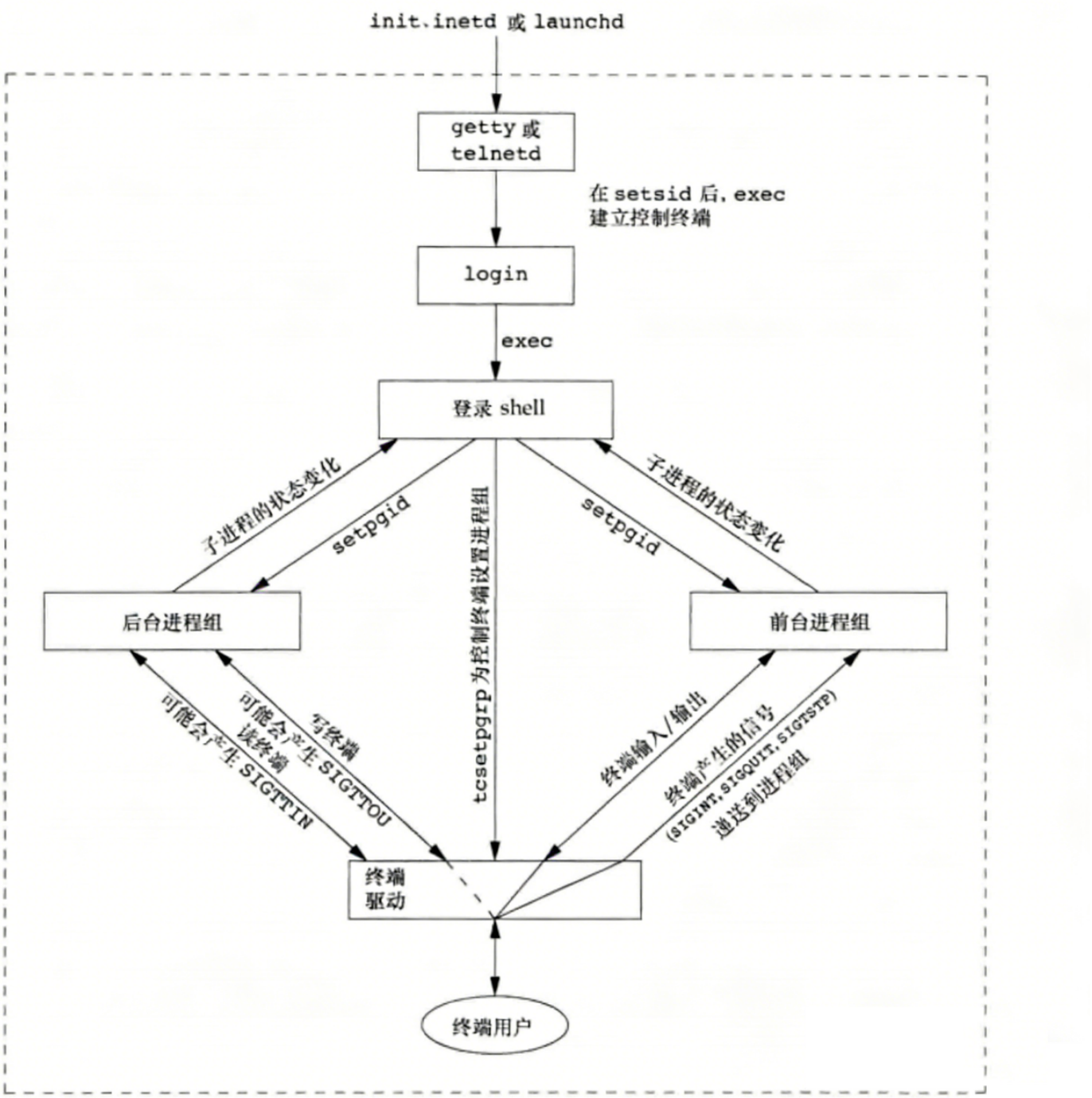
```
# 结果依次对应作业号 默认作业 作业状态 运行程序信息
[1]- 2265 运行中 sleep 300 &
[2]+ 2267 停止 ./test7
```

4.6 作业控制相关的信号

上面我们提到了键入 Ctrl + Z 可以将前台作业挂起，实际上是将 STGTSTP 信号发送至前台进程组作业中的所有进程， 后台进程组中的作业不受影响。 在unix系统中， 存在3个特殊字符可以使得终端驱动程序产生信号， 并将信号发送至前台进程组作业， 它们分别是：

- `Ctrl + C` ： 中断字符， 会产生 SIGINT 信号
- `Ctrl + \` ： 退出字符， 会产生 SIGQUIT 信号
- `Ctrl + Z` ：挂起字符， 会产生 STGTSTP 信号

终端的I/O(即标准输入和标准输出)和终端产生的信号总是从前台进程组作业连接打破实际终端。我们可以通过下体来看到作业控制的功能：



5. 守护进程

Daemon.hpp

代码块

```
#pragma once
#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include <signal.h>
```

```cpp
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
const char *root = "/";
const char *dev_null = "/dev/null";
void Daemon(bool ischdir, bool isclose)
{
    // 1. 忽略可能引起程序异常退出的信号
    signal(SIGCHLD, SIG_IGN);
    signal(SIGPIPE, SIG_IGN);
    // 2. 让自己不要成为组长
    if (fork() > 0)
        exit(0);
    // 3. 设置让自己成为一个新的会话， 后面的代码其实是子进程在走
    setsid();
    // 4. 每一个进程都有自己的CWD，是否将当前进程的CWD更改成为 / 根目录
    if (ischdir)
        chdir(root);
    // 5. 已经变成守护进程啦，不需要和用户的输入输出，错误进行关联了
    if (isclose)
    {
        close(0);
        close(1);
        close(2);
    }
    else
    {
        // 这里一般建议就用这种
        int fd = open(dev_null, O_RDWR);
        if (fd > 0)
        {
            dup2(fd, 0);
            dup2(fd, 1);
            dup2(fd, 2);
            close(fd);
        }
    }
}
```

6. 如何将服务守护进程化

代码块

```cpp
// ./server port
int main(int argc, char *argv[])
```

```
{
    if (argc != 2)
    {
        std::cout << "Usage : " << argv[0] << " port" << std::endl;
        return 0;
    }
    uint16_t localport = std::stoi(argv[1]);
    Daemon(false, false);
    std::unique_ptr<TcpServer> svr(new TcpServer(localport,
                                                 HandlerRequest));
    svr->Loop();
    return 0;
}
```