计算机系统综合设计实验报告

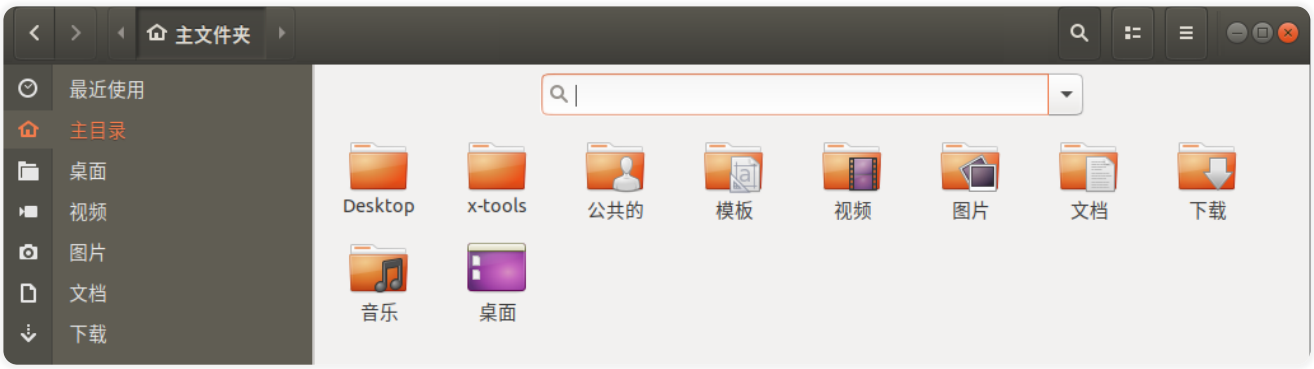
感谢澳哥帮助😊💗

`Ubuntu` 版本：18.04(老师发的指导书上说用 `Ubuntu20.04` 出现了问题)

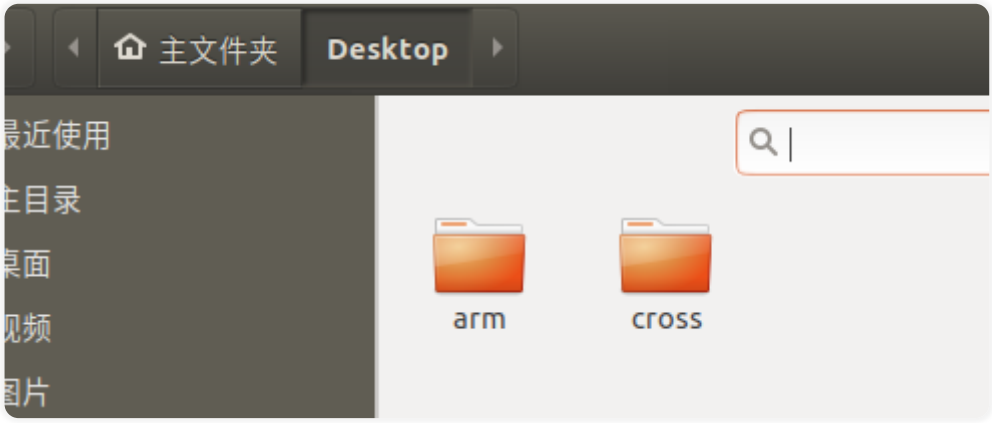
班级	姓名	学号
计算机91	刘青帅	2191211634

说明：如果按照下面的一步一步来，应该不会出现问题(经王姐检验，是这样的)

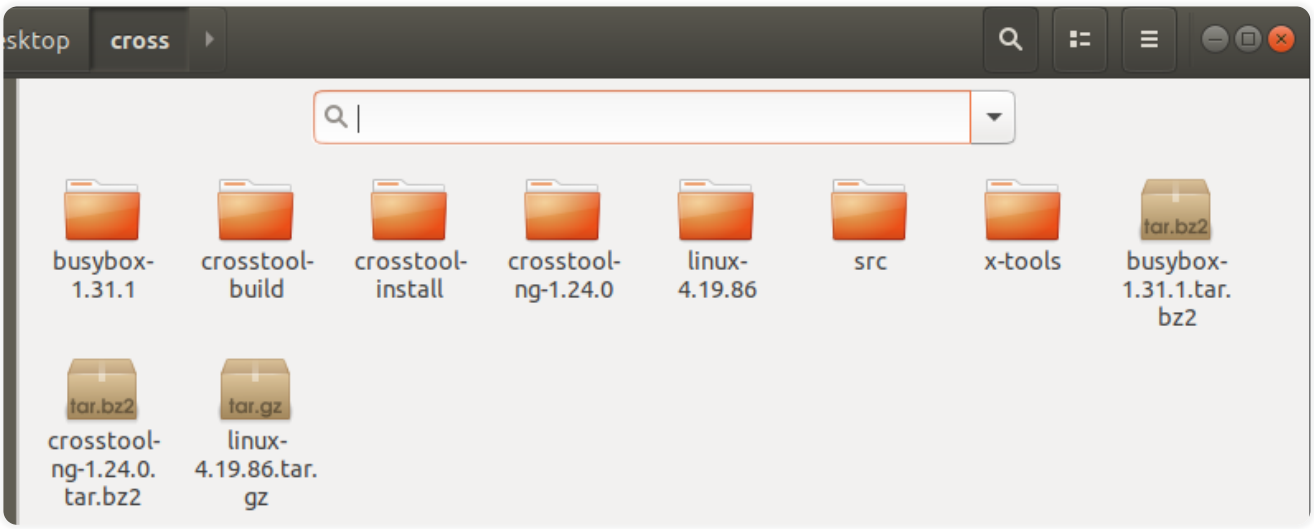
我新建了一个 `Desktop` 文件夹，Desktop和桌面是两个独立的文件夹，你如果看到目录有桌面这样的字眼，这是我之前做的，截图忘改了。(这里建议用英文路径，用中文的**桌面**其实也没问题，就是后面修改一个路径的时候 `configmenu` 无法输入中文，需要 `vim` 输入中文)



`Desktop` 目录下新建 `cross` 文件夹和 `arm` 文件夹



`cross` 的目录如下（先看一下就行，防止后面乱，你可以回看一下）



一、 面向飞腾处理器编译Linux内核和基本工具

提前安装下面东西，防止出错

```
sudo apt-get install make qemu-system-arm gcc-arm-linux-gnueabi libncurses5-dev bison flex vim gcc g++ build-essential
```

1.1实验目的

利用 `QEMU` 创建飞腾（ `ARM` ） 架构计算机，在此之上编译一个基本的 `Linux` 操作系统

1.2实验步骤

先下载好 `busybox` 和 `linux` 内核的源码，并解压

下载 `busybox`

```
wget https://busybox.net/downloads/busybox-1.31.1.tar.bz2
```

谷歌搜索 `linux-4.19.86` 自己下载

```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~$ wget https://busybox.net/downloads/busyb
ox-1.31.1.tar.bz2
--2022-06-04 12:00:20--  https://busybox.net/downloads/busybox-1.31.1.tar.bz2
正在解析主机 busybox.net (busybox.net)... 140.211.167.122
正在连接 busybox.net (busybox.net)|140.211.167.122|:443... 已连接。
已发出 HTTP 请求，正在等待回应... 200 OK
长度:  2430221 (2.3M) [application/x-bzip2]
正在保存至: “busybox-1.31.1.tar.bz2”
```

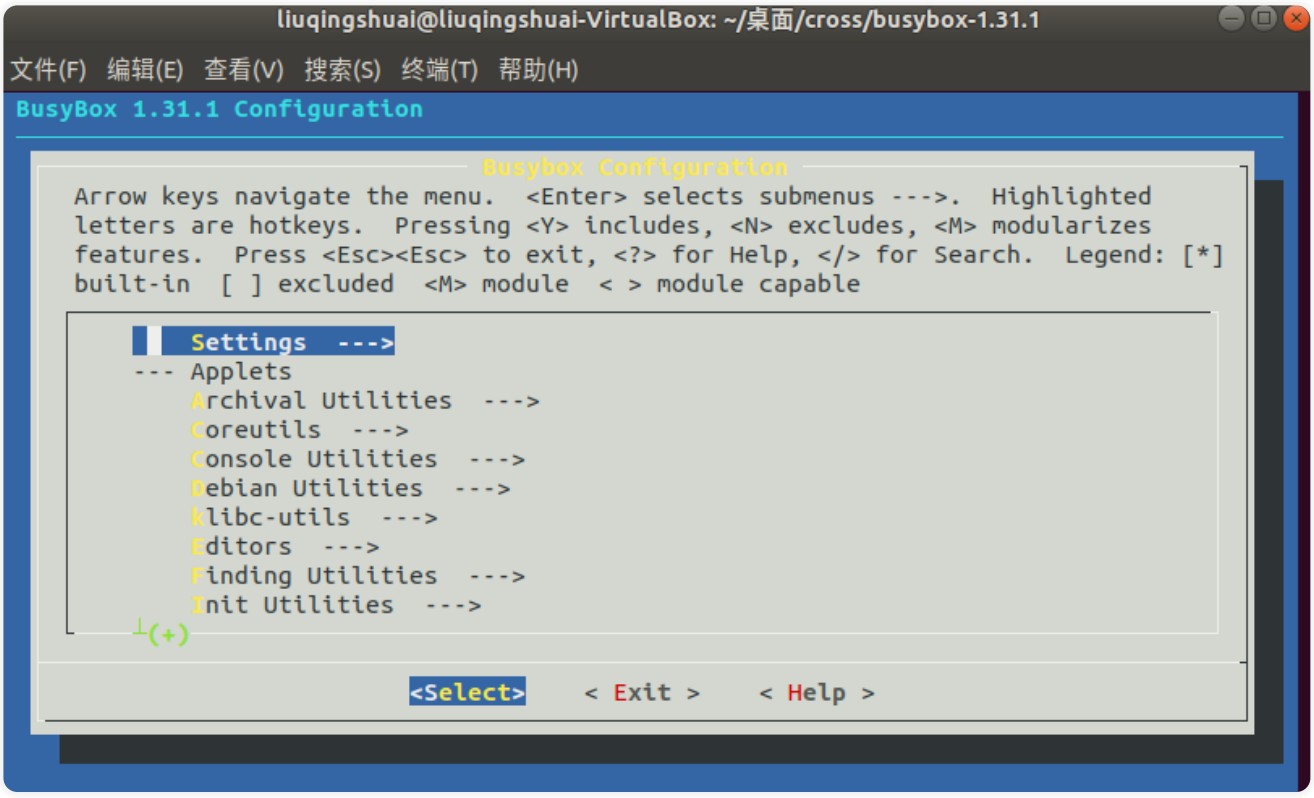
下载并解压好之后(右键压缩的文件，手动提取到当前目录就行)

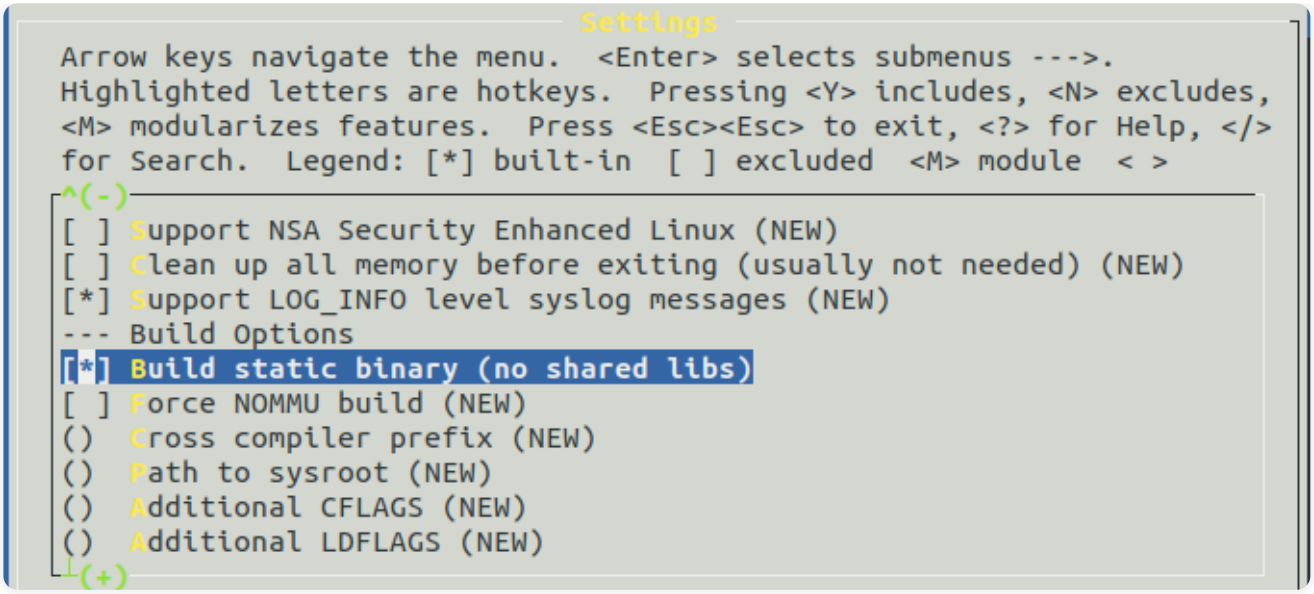
`cd` 到解压后的 `busybox` 的目录里面，执行下面三个指令，

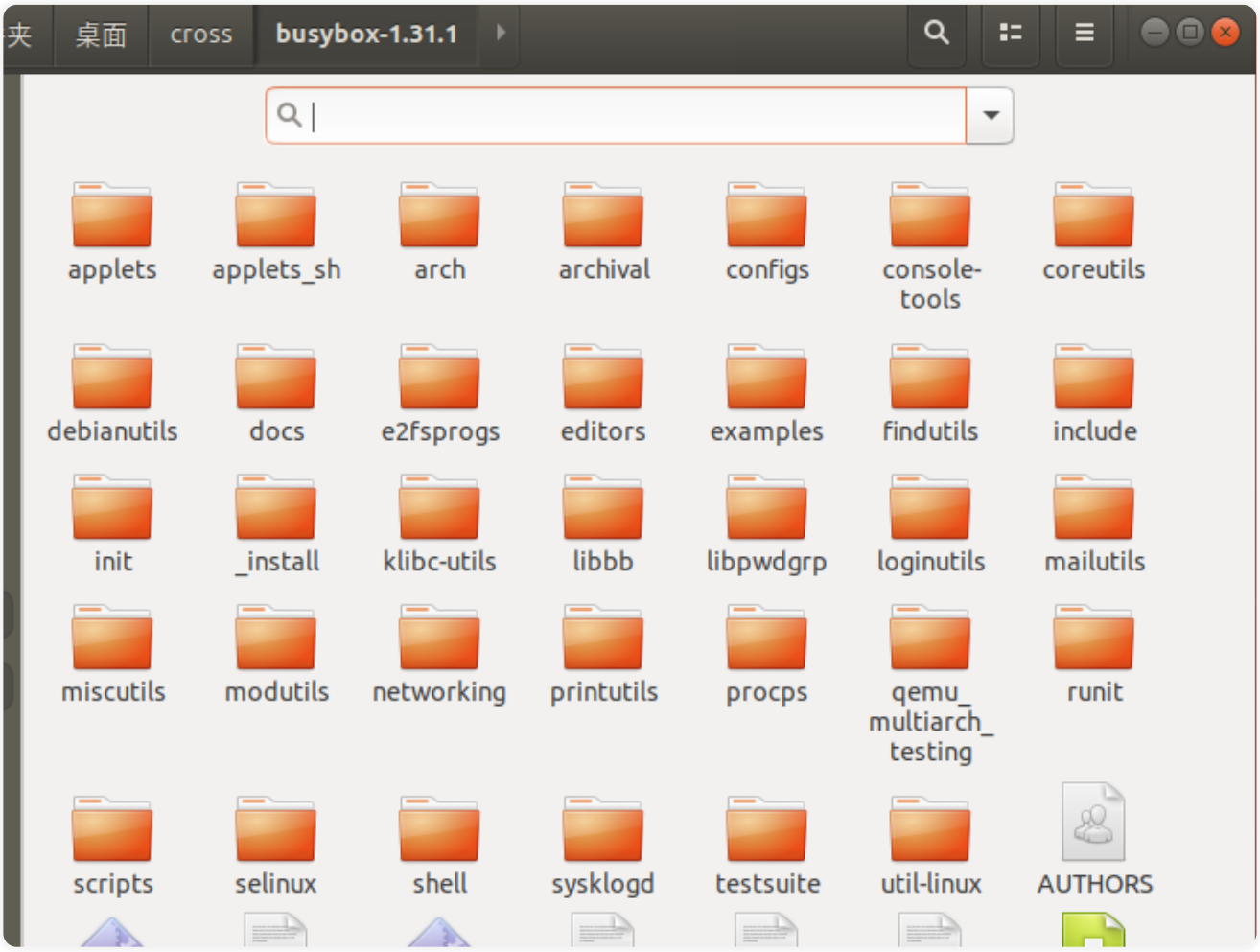
其中第一个出现menu只需要退出就行，里面已经勾选了默认的参数

上面是指导书上的说的，不要这样干，千万不要直接退出，要把下面的Build static binary勾选上！！！

```
make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi- menuconfig
  一定注意把这个选上  选中Settings->Build static binary(no shared libs) (NEW) 往下滑滑滑
make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-
make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi- install
```



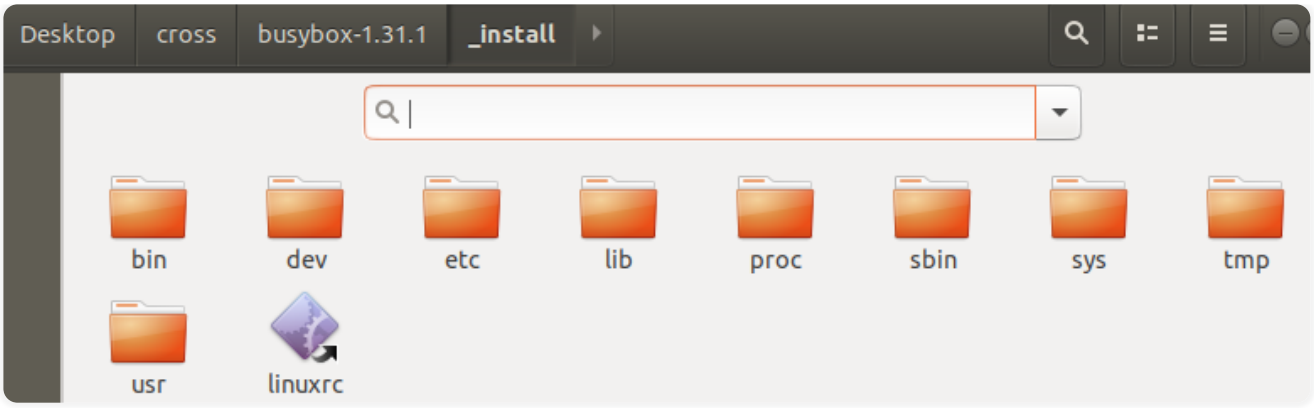




上面3个make指令完毕后，在 `_install` 目录下生成一些文件,创建下列文件夹备用： etc proc sys tmp dev lib

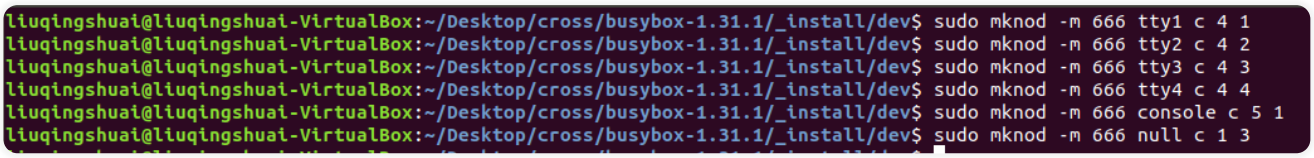
```
mkdir etc proc sys tmp dev lib
```

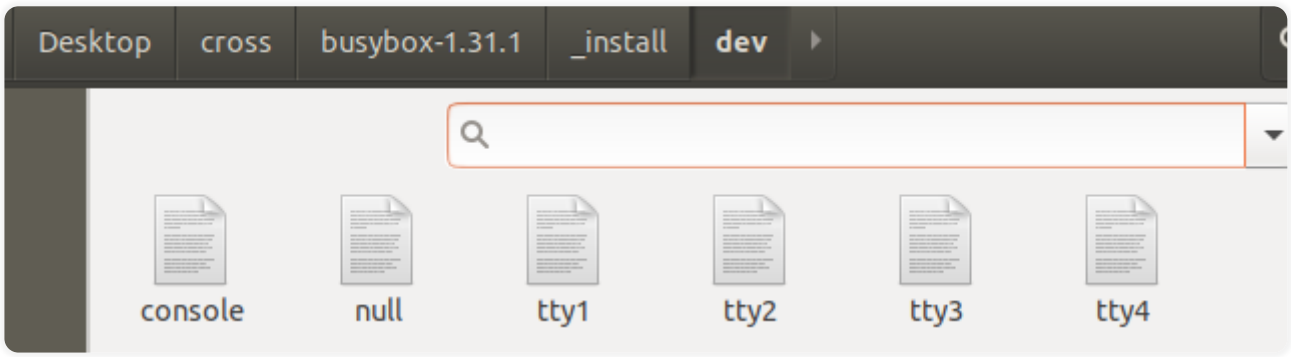
```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/cross/busybox-1.31.1/_install$ mkdir etc proc sys tmp dev lib
```



`dev` 目录下静态创建如下节点：

```
sudo mknod -m 666 tty1 c 4 1
sudo mknod -m 666 tty2 c 4 2
sudo mknod -m 666 tty3 c 4 3
sudo mknod -m 666 tty4 c 4 4
sudo mknod -m 666 console c 5 1
sudo mknod -m 666 null c 1 3
```





向 `_install/etc` 目录新建 `inittab` 文件、 `fstab` 文件(这是二进制文件，没有后缀)

```
touch inittab fstab
```

使用 `vim` 写入文件

`inittab` 文件如下

```
::sysinit:/etc/init.d/rcS
::askfirst:/bin/sh
::ctrlaltdel:/sbin/reboot
::shutdown:/sbin/swapoff -a
::shutdown:/bin/umount -a -r
::restart:/sbin/init
tty2::askfirst:/bin/sh
tty3::askfirst:/bin/sh
tty4::askfirst:/bin/sh
```

`fstab` 文件如下

```
#device mount-point type option dump fsck order
proc  /proc proc  defaults 0 0
temps /tmp  rpoc  defaults 0 0
none  /tmp  ramfs defaults 0 0
sysfs /sys  sysfs defaults 0 0
mdev  /dev  ramfs defaults 0 0
```

向 `etc` 目录新建 `init.d文件夹` ，在 `init.d文件夹` 下新建 `rcS文件`

```
mkdir init.d
cd ./init.d
touch rcS
```

`rcS` 文件如下

```
mount -a
echo "/sbin/mdev" > /proc/sys/kernel/hotplug
/sbin/mdev -s
mount -a
```

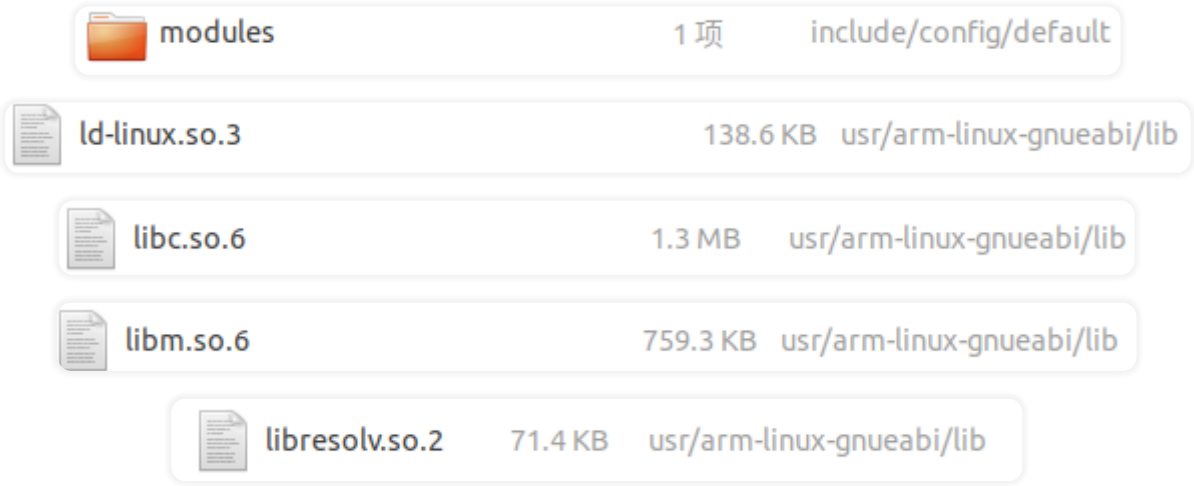
然后一定要修改 `rcS` 文件的权限

```
chmod +x rcS
```

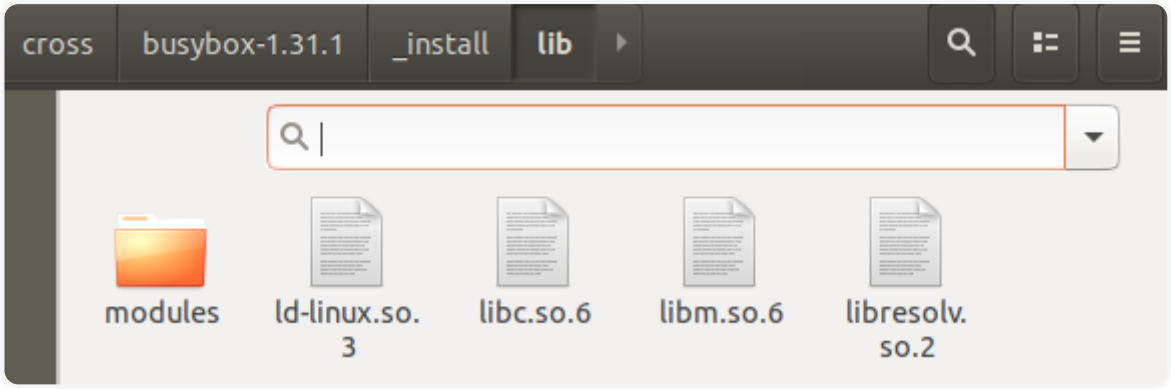
```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/cross/busybox-1.31.1/_install/etc/init.d$ chmod +x rcS
```

把依赖的库文件拷贝到 `_install/lib/` 目录下 (如下)

`busybox` 目录下搜索 `modules` 文件夹，全局搜索下面文件，均拷贝到 `_install/lib` 目录下



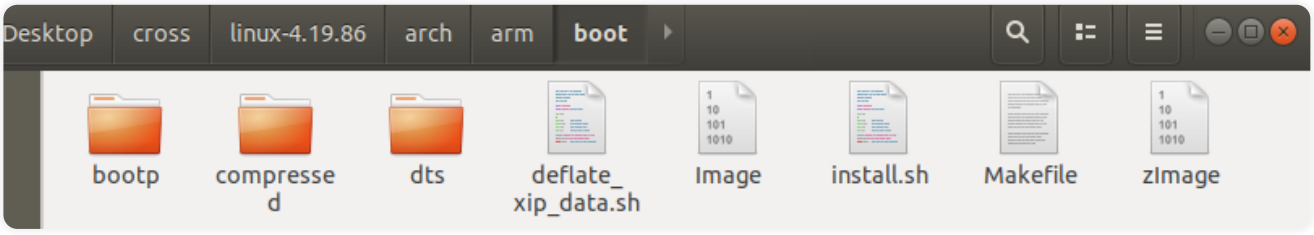
结果如下



接下来编译 `linux` 内核（在解压的 `linux` 目录下 `make` ），第二步时间很长，你可以偷着乐

```
1 make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi- vexpress_defconfig
2 make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi-
```

此时 `boot` 目录如下



再进行如下步骤（在 `linux` 目录下make）

```
make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi- modules_install
INSTALL_MOD_PATH="/home/liuqingshuai/Desktop/cross/busybox-1.31.1/_install/"
```

```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/cross/linux-4.19.86$ make ARCH=ar
m CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi- modules_install INSTALL_MOD_PATH="/home/liuqi
ngshuai/Desktop/cross/busybox-1.31.1/_install/"
  INSTALL crypto/drbg.ko
  INSTALL crypto/echainiv.ko
  INSTALL crypto/hmac.ko
  INSTALL crypto/jitterentropy_rng.ko
  INSTALL crypto/sha256_generic.ko
  INSTALL drivers/video/backlight/lcd.ko
  DEPMOD  4.19.86
```

`Desktop` 上创建一个 `arm` 文件夹，然后在 `arm` 目录下执行下面步骤

```
dd if=/dev/zero of=rootfs.ext3 bs=1M count=32
mkfs.ext3 rootfs.ext3
sudo mount -o loop rootfs.ext3 /tmp
sudo cp -a /home/liuqingshuai/Desktop/cross/busybox-1.31.1/_install/* /tmp
sudo umount /tmp
```

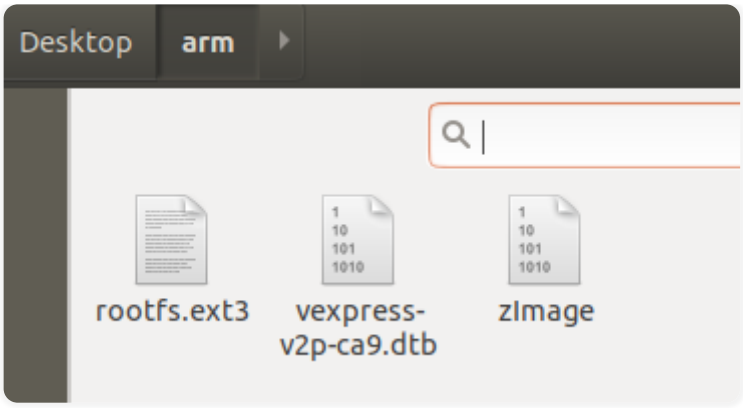
```
t3 bs=1M count=32
记录了32+0 的读入
记录了32+0 的写出
33554432 bytes (34 MB, 32 MiB) copied, 0.0272756 s, 1.2 GB/s
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/arm$ mkfs.ext3 rootfs.ext3
mke2fs 1.44.1 (24-Mar-2018)
丢弃设备块：  完成
创建含有 32768 个块（每块 1k）和 8192 个inode的文件系统
文件系统UUID：8f20045a-9e88-4720-bd5a-d274ed1c826d
超级块的备份存储于下列块：
        8193, 24577

正在分配组表：  完成
正在写入inode表：  完成
创建日志（4096 个块）  完成
写入超级块和文件系统账户统计信息：  已完成

liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/arm$ sudo mount -o loop rootfs.ex
t3 /tmp
[sudo] liuqingshuai 的密码：
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/arm$ sudo cp -a /home/liuqingshua
i/Desktop/cross/busybox-1.31.1/_install/* /tmp
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/arm$ sudo umount /tmp
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/arm$ S
```

将 `/home/liuqingshuai/Desktop/cross/linux-4.19.86/arch/arm/boot` 的 `zImage` 拷贝到arm目录下

将 `/home/liuqingshuai/Desktop/cross/linux-4.19.86/arch/arm/boot/dts` 的 `vexpress-v2p-ca9.dtb` 拷贝到 `arm` 目录下



在 `arm` 下执行如下命令

```
qemu-system-arm -M vexpress-a9 -kernel ./zImage -nographic -m 512M -smp 4 -sd ./rootfs.ext3 -dtb vexpress-v2p-ca9.dtb -append "init=/linuxrc root=/dev/mmcblk0 rw rootwait earlyprintk console=ttyAMA0"
```

```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/arm$ qemu-system-arm -M vexpress-a9 -kernel ./zImage -nographic -m 512M -smp 4 -sd ./rootfs.ext3 -dtb vexpress-v2p-ca9.dtb -append "init=/linuxrc root=/dev/mmcblk0 rw rootwait earlyprintk console=ttyAMA0"
WARNING: Image format was not specified for './rootfs.ext3' and probing guessed raw.
         Automatically detecting the format is dangerous for raw images, write operations on block 0 will be restricted.
         Specify the 'raw' format explicitly to remove the restrictions.
pulseaudio: set_sink_input_volume() failed
pulseaudio: Reason: Invalid argument
pulseaudio: set_sink_input_mute() failed
```

```
ALSA device list:
  #0: ARM AC'97 Interface PL041 rev0 at 0x10004000, irq 24
input: ImExPS/2 Generic Explorer Mouse as /devices/platform/smb@4000000/smb@4000000:motherboard/smb@4000000:motherboard:iofpga@7,00000000/10007000.kmi/serio1/input/input2
EXT4-fs (mmcblk0): mounting ext3 file system using the ext4 subsystem
random: fast init done
EXT4-fs (mmcblk0): mounted filesystem with ordered data mode. Opts: (null)
VFS: Mounted root (ext3 filesystem) on device 179:0.
Freeing unused kernel memory: 1024K
Run /linuxrc as init process
random: crng init done
mount: mounting temps on /tmp failed: No such device

Please press Enter to activate this console.
```

用几个命令测试一下

```
Please press Enter to activate this console.
/bin/sh: can't access tty; job control turned off
/ # ls
bin         etc         linuxrc     proc        sys         usr
dev         lib         lost+found  sbin        tmp
/ # cd ./etc
/etc # ls -a
.         ..        fstab     init.d    inittab
/etc #
```

至此，实验完了

1.3实验结果

本次实验利用 `qemu` 创建飞腾架构计算机，在此之上编译一个基本的 `Linux` 操作系统，通过 `Busybox` 构建了基本的系统命令。

二、面向飞腾处理器的交叉编译环境

提前安装，防止出错

```
sudo apt-get install autoconf automake libtool libncurses5-dev gperf texinfo help2man gawk libtool-bin
```

2.1实验目的

利用 `crosstool` 制作一个交叉编译工具链，使其能交叉编译c源文件， 生成飞腾平台下的可执行文件

2.2 实验步骤

下载 `crosstool` 压缩包然后压缩包右键提取一下

```
wget http://crosstool-ng.org/download/crosstool-ng/crosstool-ng-1.24.0.tar.bz2
```

和 `crosstool-ng-1.24.0` 并列关系创建 `crosstool-build` ， `crosstool-install` ， `src` 、 `x-tools` 文件夹

```
mkdir crosstool-build crosstool-install src x-tools
```

在 `crosstool-ng-1.24.0` 目录下依次执行

```
./bootstrap
./configure --prefix /home/liuqingshuai/Desktop/cross/crosstool-install
make
sudo make install
```

进入 `crosstool-install/bin` 目录下执行

```
./ct-ng
./ct-ng -v
```

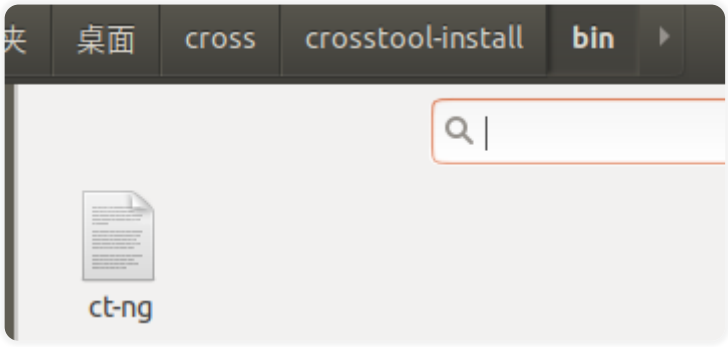
```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/桌面/cross/crosstool-install/bin$ ./ct-ng
This is crosstool-NG version 1.24.0

Copyright (C) 2008  Yann E. MORIN <yann.morin.1998@free.fr>
This is free software; see the source for copying conditions.
There is NO warranty; not even for MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A
PARTICULAR PURPOSE.

See below for a list of available actions, listed by category:
```

```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/桌面/cross/crosstool-install/bin$ ./ct-ng
 -v
GNU Make 4.1
为 x86_64-pc-linux-gnu 编译
Copyright (C) 1988-2014 Free Software Foundation, Inc.
许可证：GPLv3+：GNU 通用公共许可证第 3 版或更新版本<http://gnu.org/licenses/gpl.
html>。
本软件是自由软件：您可以自由修改和重新发布它。
在法律允许的范围内没有其他保证。
```

`crosstool-install/bin` 目录下可以看到如下文件



然后添加临时的环境变量（添加一下 `ct-ng` 的文件夹路径到 `PATH` 中，方便之后调用）

`export PATH=$PATH:/home/liuqingshuai/Desktop/cross/crosstool-install/bin/`

下面是网上说的 `export` 作用

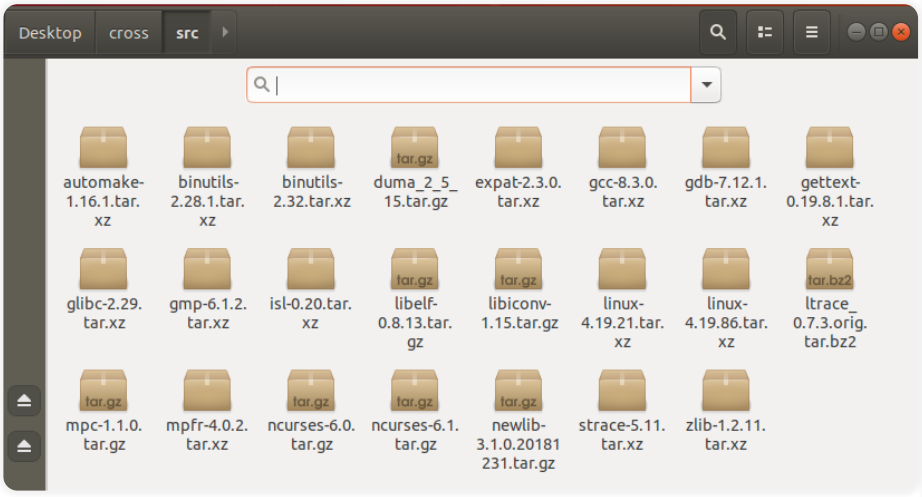
指令说明：export PATH=***你要添加的地址***:$PATH
#配置完后可以通过echo $PATH查看配置结果。
#生效方法：立即生效
#有效期限：临时改变，只能在当前的终端窗口中有效，当前窗口关闭后就会恢#复原有的path配置
#用户局限：仅对当前用户

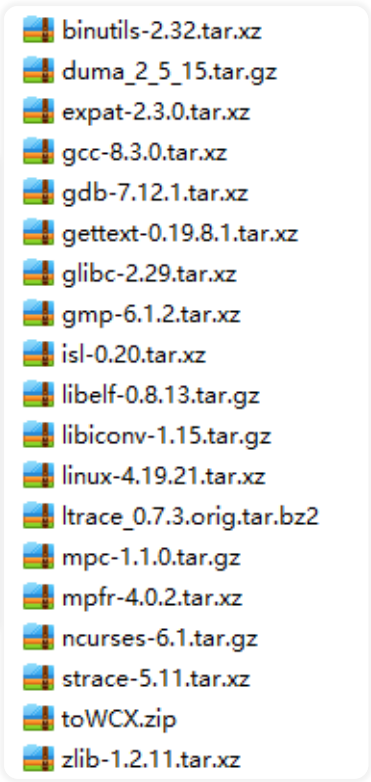
也就是如果你下次打开终端窗口这个path就失效了

如果你会用vim修改，建议用vi ~/.bashrc在最下面添加PATH（如果path是空的就别用这个方法，就先用临时变量把），然后保存退出，使用source ~/.bashrc使其生效，这里不介绍这个方法了，我们接下来复制config文件，准备build

临时环境变量添加后，ct-ng可以在别的文件路径也能使用了

`src` 文件夹有如下压缩包（谷歌搜一下，下载），左侧截图多了几个不需要的，以右侧为准（当然，多下载肯定不会出错）





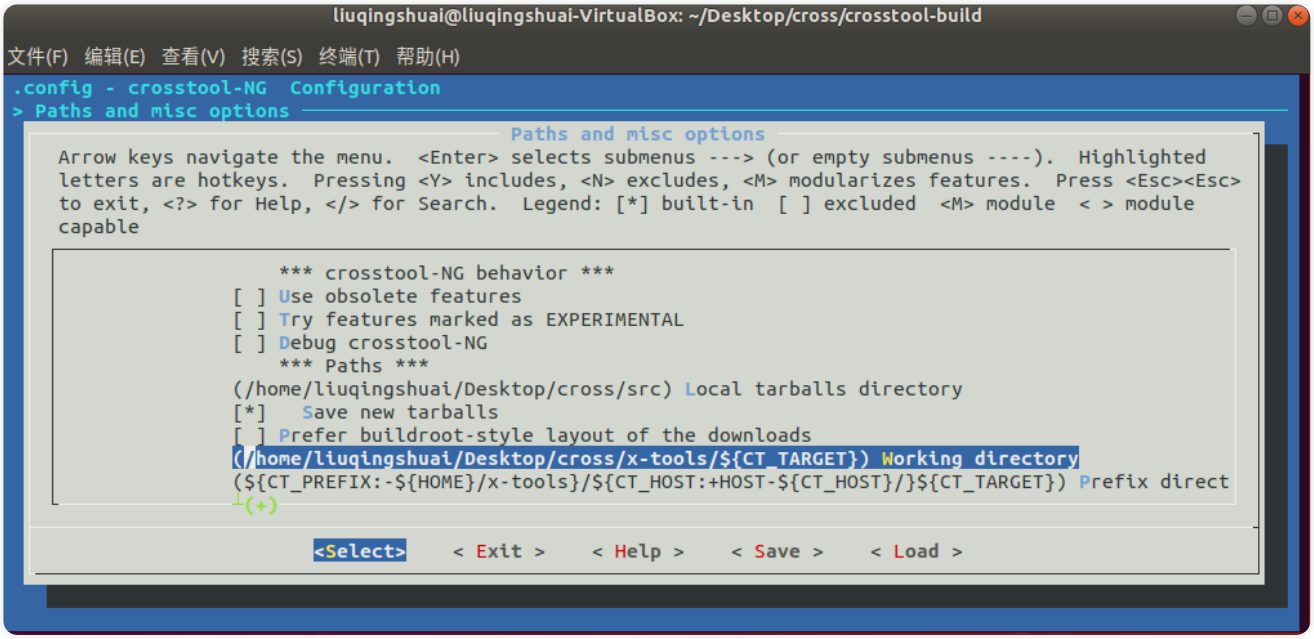
在 `crosstool-build` 目录下执行

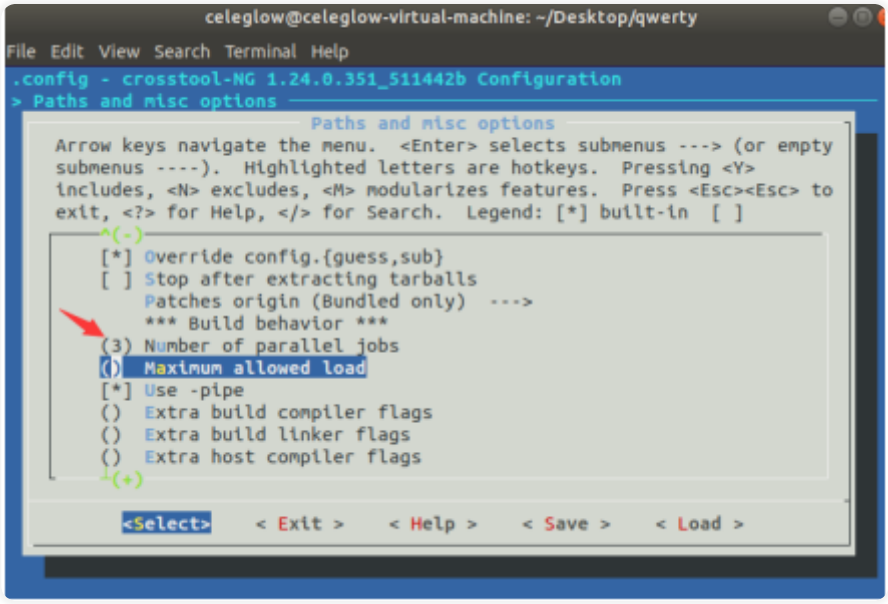
```
ct-ng menuconfig
```

然后做下述修改

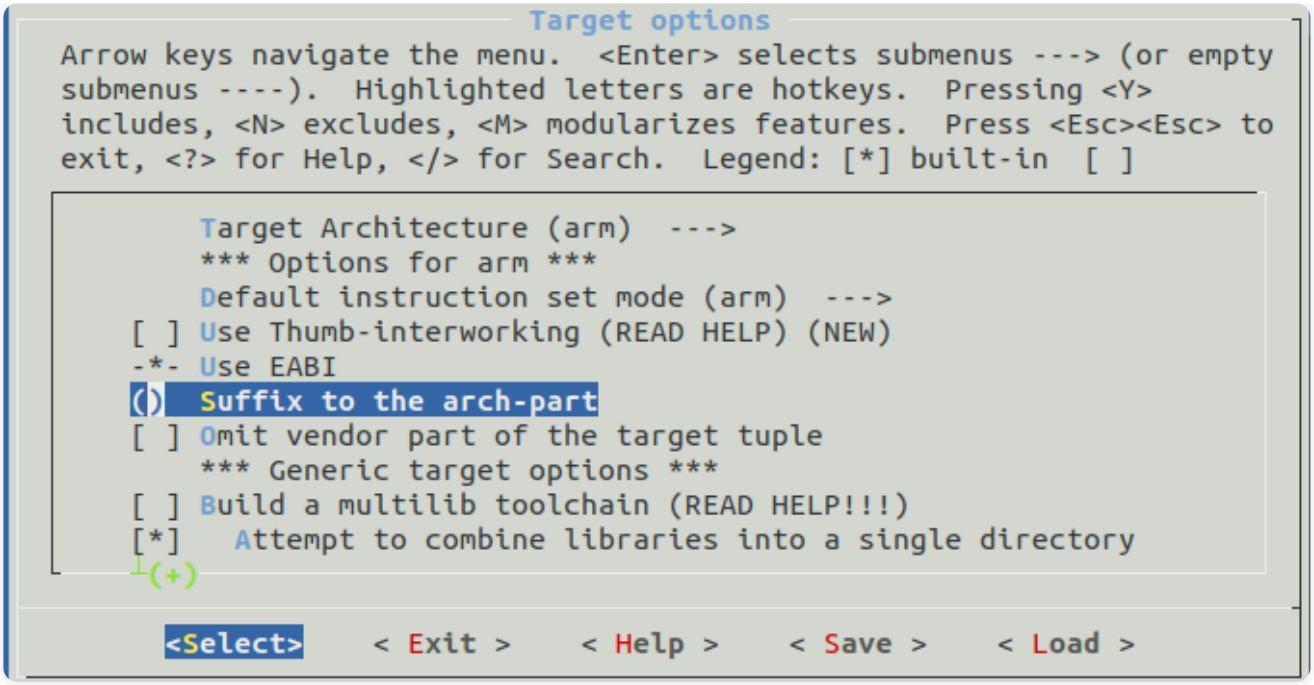
选择 `Paths and misc options` ，找到 `Working directory` 和 `Local tarballs directory` 修改

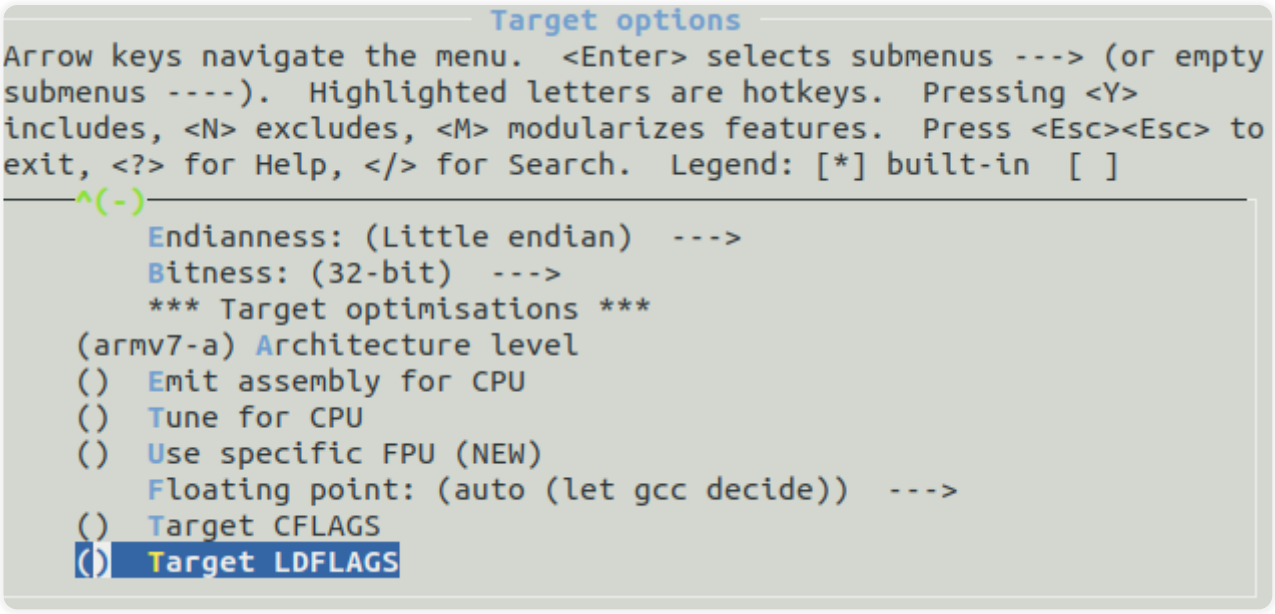
还可以设置一下 `Number of parallel jobs`（并行任务的数量，非必要）



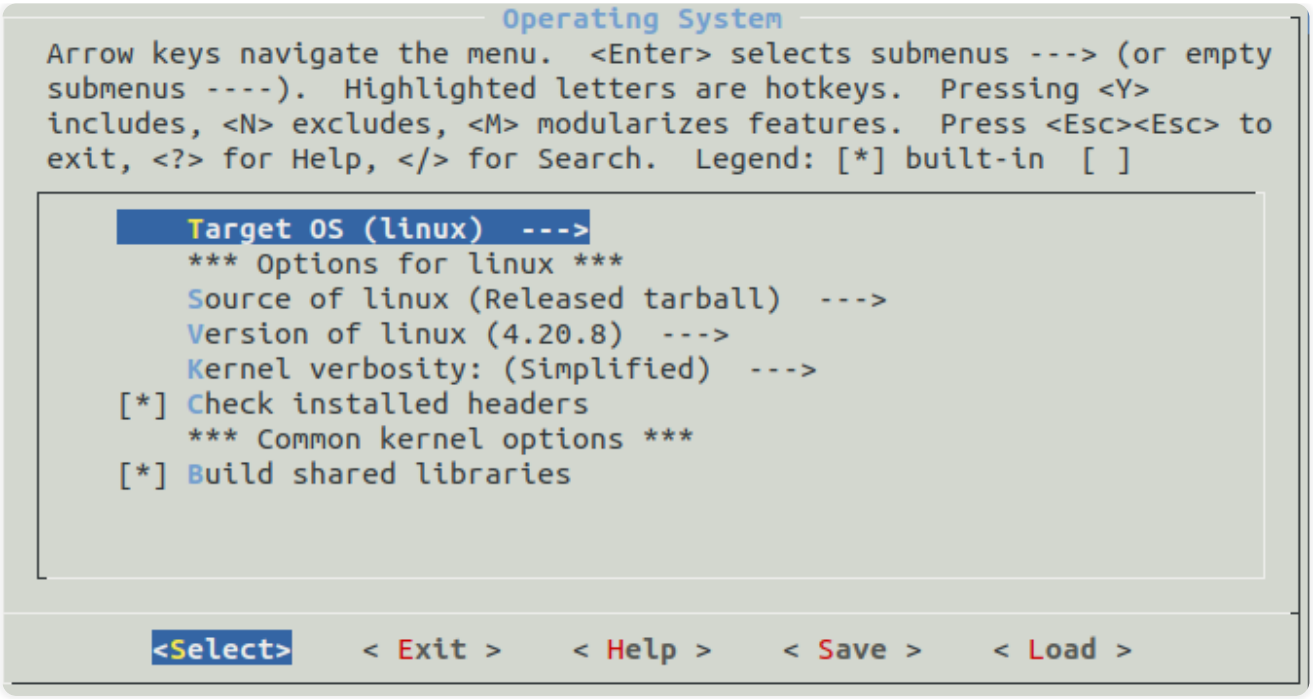


选择 `Target options`，架构选 `arm`， `Architecture level` 填写为 `armv7-a`，（你的界面应该有一个**ev4**，把这个去掉才能出现 `architecture level`）





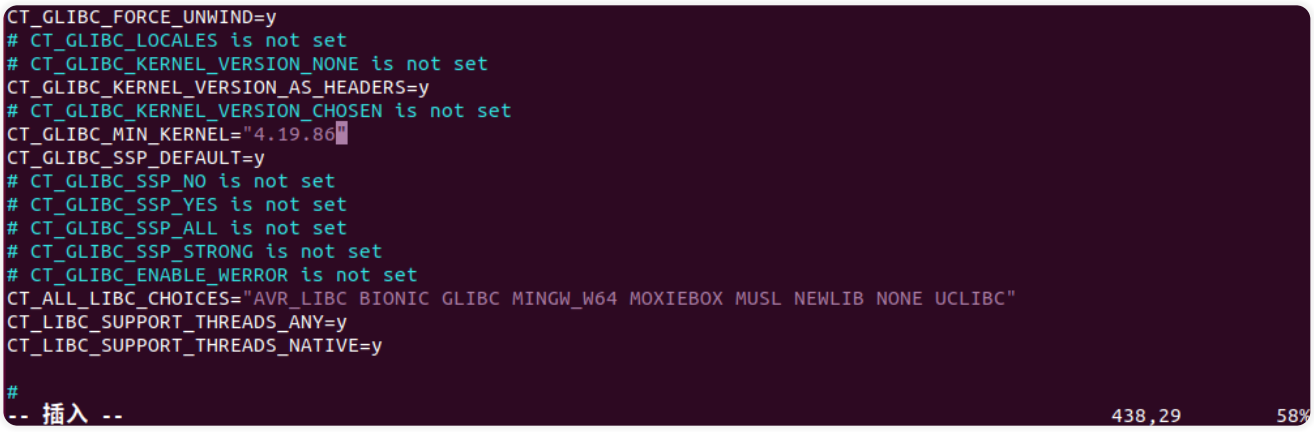
选择 `Operating System`， `Target OS` 改为 `linux`，后面的版本号不用管，之后会手动修改



编辑 `.config`（在 `crosstool-build` 目录下，`.config` 文件通过 `ls` 看不到，需要 `ls -a`)(上一步 `ct-ng menuconfig` 之后会自动生成 `.config` 文件)

```
vim .config
```

修改 `CT_GLIBC_MIN_KERNEL` 为 `4.19.86`



`CT_LINUX_VERSION` 为 `4.19.86`

```
# CT_LINUX_V_3_10 is not set
# CT_LINUX_V_3_4 is not set
# CT_LINUX_V_3_2 is not set
# CT_LINUX_NO_VERSIONS is not set
CT_LINUX_VERSION="4.19.86"
CT_LINUX_MIRRORS="$(CT_Mirrors kernel.org linux ${CT_LINUX_VERSION})"
CT_LINUX_ARCHIVE_FILENAME="@{pkg_name}-@{version}"
CT_LINUX_ARCHIVE_DIRNAME="@{pkg_name}-@{version}"
CT_LINUX_ARCHIVE_FORMATS=".tar.xz .tar.gz"
CT_LINUX_SIGNATURE_FORMAT="unpacked/.sign"
CT_LINUX_later_than_4_8=y
CT_LINUX_4_8_or_later=y
CT_LINUX_later_than_3_7=y
CT_LINUX_3_7_or_later=y
CT_LINUX_later_than_3_2=y
```

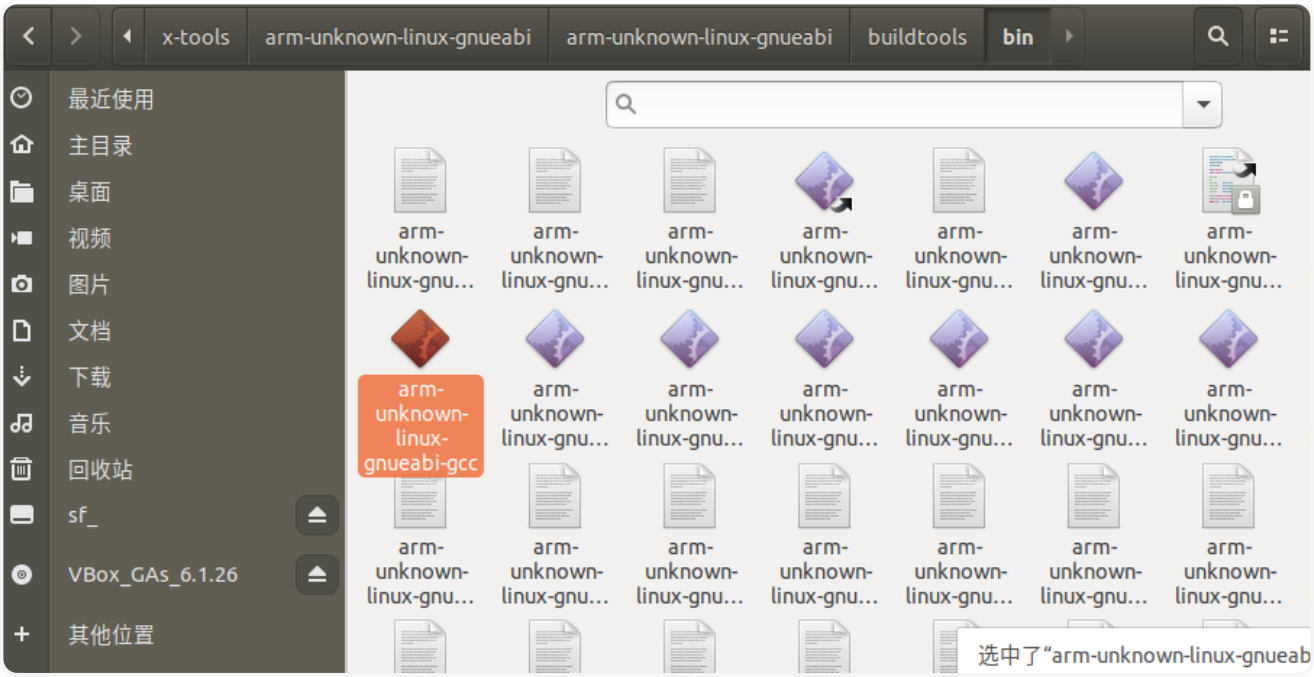
在 `crosstool-build` 下执行下面指令（时间很长）

```
ct-ng build
```

```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/cross/crosstool-build$ ct-ng buil
d
[INFO ]  Performing some trivial sanity checks
[WARN ]  Number of open files 1024 may not be sufficient to build the toolchain;
 increasing to 2048
[INFO ]  Build started 20220604.220314
[INFO ]  Building environment variables
[EXTRA]  Preparing working directories
```

```
[EXTRA]       '' --> lib (gcc)   lib (os)
[INFO ]  Installing final gcc compiler: done in 472.20s (at 68:29)
[INFO ]  ======================================================================
[INFO ]  Finalizing the toolchain's directory
[INFO ]    Stripping all toolchain executables
[EXTRA]    Installing the populate helper
[EXTRA]    Installing a cross-ldd helper
[EXTRA]    Creating toolchain aliases
[EXTRA]    Removing installed documentation
[EXTRA]    Collect license information from: /home/liuqingshuai/Desktop/cross/x-tools/alphaev4-u
own-linux-gnu/alphaev4-unknown-linux-gnu/src
[EXTRA]    Put the license information to: /home/liuqingshuai/x-tools/alphaev4-unknown-linux-gnu
are/licenses
[INFO ]  Finalizing the toolchain's directory: done in 5.78s (at 68:34)
[INFO ]  Build completed at 20220606.111840
[INFO ]  (elapsed: 68:33.21)
[INFO ]  Finishing installation (may take a few seconds)...
[68:34] / liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/cross/crosstool-build$
```

生成的 `gcc` 在如下目录 `/home/liuqingshuai/Desktop/cross/x-tools/arm-unknown-linux-gnueabi/arm-unknown-linux-gnueabi/buildtools/bin`



测试一下这个 `gcc` 的版本(在上面那个 `bin` 目录下测试)

```
./arm-unknown-linux-gnueabi-gcc --version
```

```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/cross/x-tools/arm-unknown-linux-gnueabi/arm-unknown-linux-gnueabi/buildtools/bin$ ./arm-unknown-linux-gnueabi-gcc --version
arm-unknown-linux-gnueabi-gcc (crosstool-NG 1.24.0) 8.3.0
Copyright (C) 2018 Free Software Foundation, Inc.
This is free software; see the source for copying conditions.  There is NO
warranty; not even for MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.
```

`gcc` 的绝对位置如下 `/home/liuqingshuai/Desktop/cross/x-tools/arm-unknown-linux-gnueabi/arm-unknown-linux-gnueabi/buildtools/bin/arm-unknown-linux-gnueabi-gcc`

`arm` 目录新建一个 `helloworld.c` 然后编译


```
/home/liuqingshuai/Desktop/cross/x-tools/arm-unknown-linux-gnueabi/arm-unknown-linux-gnueabi/buildtools/bin/arm-unknown-linux-gnueabi-gcc -static hello.c -o hello
```

```
liuqingshuai@liuqingshuai-VirtualBox:~/Desktop/arm$ /home/liuqingshuai/Desktop/cross/x-tools/arm-unknown-linux-gnueabi/arm-unknown-linux-gnueabi/buildtools/bin/arm-unknown-linux-gnueabi-gcc -static hello.c -o hello
```

采用实验 1 的挂载

```
sudo mount -o loop ./rootfs.ext3 /tmp
```

然后把这个 `world` 可执行文件 copy 到 `tmp` 目录里，如果遇到权限不够的错误，则在 `arm` 目录下执行指令，然后再复制（会出现**读一行什么玩意的**error，不用管），权限就够了

```
sudo nautilus
```

然后取消挂载

```
sudo umount /tmp
```

`arm` 目录下下启动 `arm` 模拟器

```
qemu-system-arm -M vexpress-a9 -kernel ./zImage -nographic -m 512M -smp 4 -sd ./rootfs.ext3 -dtb vexpress-v2p-ca9.dtb -append "init=/linuxrc root=/dev/mmcblk0 rw rootwait earlyprintk console=ttyAMA0"
```

然后运行可执行文件，成功输出

```
/bin/sh: can't access tty; job control turned off
/ # ls
bin
dev
etc
hello
lib
linuxrc
lost+found
proc
sbin
sys
systemd-private-24ce8b274c5e41bf8b6e07c8bb0a493f-systemd-hostnamed.service-Ma9Ss
1
systemd-private-24ce8b274c5e41bf8b6e07c8bb0a493f-systemd-hostnamed.service-YV4E3
e
systemd-private-24ce8b274c5e41bf8b6e07c8bb0a493f-systemd-hostnamed.service-bAAHt
D
tmp
usr
whatfuck
/ # ./hello
lqs say to you:hello
```

至此，实验完了

2.3实验结果

成功生成了 `arm` 的 `gcc` 编译工具，并成功生成 `arm` 平台下可执行文件，同时在 `qemu` 模拟器里成功执行

三、应用程序开发

3.1实验目的

利用实验一编译出的操作系统和实验二构建的编译工具链，完成一个基于c语言的SHA-1应用程序开发。 编译产生的可执行文件能在 qemu 中执行。

3.2算法步骤

对于任意长度的明文，SHA1首先对其进行分组，使得每一组的长度为512位，然后对这些明文分组反复重复处理。

对于每个明文分组的摘要生成过程如下：

（1） 将512位的明文分组划分为16个子明文分组，每个子明文分组为32位。

（2） 申请5个32位的链接变量，记为A、B、C、D、E。

（3） 16份子明文分组扩展为80份。

（4） 80份子明文分组进行4轮运算。

(5) 链接变量与初始链接变量进行求和运算。

(6) 链接变量作为下一个明文分组的输入重复进行以上操作。

(7) 最后，5个链接变量里面的数据就是SHA1摘要。

sha1.c

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define SHA1_ROTL(a,b) (SHA1_tmp=(a),((SHA1_tmp>>(32-b))&(0x7fffffff>>(31-b)))|(SHA1_tmp<<b))
#define SHA1_F(B,C,D,t) ((t<40)?((t<20)?((B&C)|((~B)&D)):(B^C^D)):((t<60)?((B&C)|(B&D)|(C&D)):(B^C^D)))
long SHA1_tmp;
char* StrSHA1(const char* str, long long length, char* sha1){
    /*
    计算字符串SHA-1
    参数说明:
    str         字符串指针
    length      字符串长度
    sha1         用于保存SHA-1的字符串指针
    返回值为参数sha1
    */
    char *pp, *ppend;
    long l, i, K[80], W[80], TEMP, A, B, C, D, E, H0, H1, H2, H3, H4;//K和W是32位的数组
    H0 = 0x67452301, H1 = 0xEFCDAB89, H2 = 0x98BADCFE, H3 = 0x10325476, H4 = 0xC3D2E1F0;//初始化变量
    for (i = 0; i < 20; K[i++] = 0x5A827999);
    for (i = 20; i < 40; K[i++] = 0x6ED9EBA1);
    for (i = 40; i < 60; K[i++] = 0x8F1BBCDC);
    for (i = 60; i < 80; K[i++] = 0xCA62C1D6);
    l = length + ((length % 64 > 56) ? (128 - length % 64) : (64 - length % 64));//l=64
    printf("l=%d\n",l);
    if (!(pp = (char*)malloc((unsigned long)l))) return 0;
    for (i = 0; i < length; pp[i + 3 - 2 * (i % 4)] = str[i], i++);//为llehw,odlro
    for (pp[i + 3 - 2 * (i % 4)] = 128,i++; i < l; pp[i + 3 - 2 * (i % 4)] = 0,i++);
    *((long*)(pp + l - 4)) = length << 3;
    *((long*)(pp + l - 8)) = length >> 29;
    for (ppend = pp + l; pp < ppend; pp += 64){
        for (i = 0; i < 16; W[i] = ((long*)pp)[i], i++);
        for (i = 16; i < 80; W[i] = SHA1_ROTL((W[i - 3] ^ W[i - 8] ^ W[i - 14] ^ W[i - 16]), 1), i++);
        A = H0, B = H1, C = H2, D = H3, E = H4;
```

```
        for (i = 0; i < 80; i++){
            TEMP = SHA1_ROTL(A, 5) + SHA1_F(B, C, D, i) + E + W[i] + K[i];
            E = D, D = C, C = SHA1_ROTL(B, 30), B = A, A = TEMP;
        }
        H0 += A, H1 += B, H2 += C, H3 += D, H4 += E;
    }
    free(pp - l);
    sprintf(sha1, "%08X%08X%08X%08X%08X", H0, H1, H2, H3, H4);
    return sha1;
}

int main(){
  printf("你好\n");
  char sha1[41]={0}; //sha1用于保存计算结果
  StrSHA1("hello, world", 12, sha1); //计算字符串“hello, world”前12位的sha1
  printf(sha1);
  printf("\n");
}
```

终端执行

```
/home/liuqingshuai/Desktop/cross/x-tools/arm-unknown-linux-gnueabi/arm-unknown-linux-gnueabi/buildtools/bin/arm-unknown-linux-gnueabi-gcc -static sha1.c -o sha1Arm
sudo mount -o loop ./rootfs.ext3 /tmp
sudo nautilus
拷贝sha1Arm到tmp目录
sudo umount /tmp
qemu-system-arm -M vexpress-a9 -kernel ./zImage -nographic -m 512M -smp 4 -sd ./rootfs.ext3 -dtb vexpress-v2p-ca9.dtb -append "init=/linuxrc root=/dev/mmcblk0 rw rootwait earlyprintk console=ttyAMA0"
```

```
Please press Enter to activate this console.
/bin/sh: can't access tty; job control turned off
/ # ls
bin
dev
etc
hello
lib
linuxrc
lost+found
proc
sbin
sha1Arm
sys
systemd-private-24ce8b274c5e41bf8b6e07c8bb0a493f-systemd-hostnamed.service-Ma9Ss
1
systemd-private-24ce8b274c5e41bf8b6e07c8bb0a493f-systemd-hostnamed.service-YV4E3
e
systemd-private-24ce8b274c5e41bf8b6e07c8bb0a493f-systemd-hostnamed.service-bAAHt
D
systemd-private-da2fee322acc4f4698419f83df0b6907-systemd-hostnamed.service-SKl8X
R
tmp
usr
whatfuck
/ # ./sha1Arm
你好
l=64
B7E23EC29AF22B0B4E41DA31E868D57226121C84
/ #
```

在网站上验证 `hello, world` (中间有一个空格)的sha1加密结果，发现完全一样。

3.3实验结果

成功写了一个能计算 `SHA-1` 的C语言程序，并利用自己的交叉编译工具链生成了可执行文件，在 `qemu` 模拟器里成功执行

如果您觉得我写的不错，给您节省了时间，谢谢就不用了，可以给咱money支持😍