

TSN 网络控制器（TSNLight3.4）

使用手册

（版本 1.0）

OpenTSN 开源项目组

2022 年 5 月

版本历史

| 版本 | 修订时间 | 修订内容 | 修订人 | 文件标识 |
|-----|--------|------|-------|------------|
| 1.0 | 2022.5 | 初版编制 | 开源项目组 | OpenTSN3.4 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

目录

| | |
|-----------------|----|
| 1、概述 | 3 |
| 2、运行环境 | 3 |
| 2.1 硬件环境 | 3 |
| 3、操作步骤 | 4 |
| 3.1 编译步骤 | 4 |
| 3.2 运行步骤 | 5 |
| 附录 | 7 |
| A 用户组网示例 | 7 |
| A.1 组网拓扑 | 7 |
| A.2 配置文本 | 7 |
| B 依赖库安装教程 | 10 |
| C 虚拟机教程 | 11 |

1、概述

本节主要从 TSNLight3.4 的运行环境和操作步骤两方面，对 TSNLight3.4 的使用进行说明。

2、运行环境

TSNLight3.4 的运行环境包括两部分：硬件环境和软件环境。硬件环境指对 OpenTSN 硬件工程版本提出要求，软件环境指对操作系统和依赖库提出要求。

2.1 硬件环境

TSNLight3.4 的运行环境为 Linux 操作系统，且依赖以下库：

- （1）libpcap 库，用于接收数据报文。**需要网卡开启混杂模式（开启方式参考附录 3）；**
- （2）libxml2 库，用于进行 xml 文件解析。要求 libxml2 库支持连续解析多个 xml 文本，**建议使用 OpenTSN 项目组所提供的 libxml2 库压缩包进行安装和使用。**

因此，运行 TSNLight3.4 的控制主机，需要安装 Linux 操作系统或 Linux 操作系统虚拟机，且还要安装 libpcap 和 libxml2 库，网卡开启混杂模式。

关于 libpcap 和 libxml2 库的安装教程，请参考附录 2 所述；Linux 操作系统虚拟机的安装和虚拟机如何开启混杂模式，请参考附录 3 所述。

3、操作步骤

TSNLight3.4 的操作步骤，包括编译步骤和运行步骤。但是在使用 TSNLight3.4 之前，需要满足以下前置条件：

- (1) OpenTSN 项目组所提供的 TSNLight 软件包，已拷贝至控制主机的用户指定目录，如/mnt/hgfs/tsn；
- (2) 控制主机已正确安装“1.2 软件环境”所述的依赖库；
- (3) 控制主机的网卡已开启混杂模式，且能正常收发报文；
- (4) 组网拓扑已搭建好；
- (5) TSNLight 文件夹目录下的 /config/tsnlight_init_cfg.xml 和 /config/tsnlight_plan_cfg.xml 配置文本，已按照组网拓扑和应用流量需求编写完成。

其中，关于如何根据组网拓扑编写配置文本，请参考“附录 1 组网示例”所述

3.1 编译步骤

TSNLight3.4 软件包的编译步骤如下：

- (1) 提升至 root 权限，并进入 TSNLight 文件夹目录下。使用 ls 命令，可看到当前目录下有 makefile 文件；

```
joejiang@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight3.0_0929-100M$ sudo -i
root@ubuntu:~#
root@ubuntu:~# cd /mnt/hgfs/tsn/TSNLight
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight#
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight# ls
arp_proxy  enc_api  log.txt  net_init  state_monitor
basic_cfg  debug_error.txt  main.c  ptp  tsnlight
changlog  local_cfg  makefile  remote_cfg  version.txt
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight#
```

图 3-1 当前目录下有 makefile 文件

(2) 执行 make 指令，生成可执行文件 tsnlight。

对于仿真环境，执行 make TYPE=TSN_SIM 指令；对于真实的 FPGA 上板环境，执行 make TYPE=TSN_FPGA 指令。

再次使用 ls 命令，可看到当前目录下有 tsnlight 文件。

```
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight# ls
arp_proxy  enc_api  log.txt  net_init  state_monitor
basic_cfg  debug_error.txt  main.c  ptp  tsnlight
changlog  local_cfg  makefile  remote_cfg  version.txt
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight#
```

图 3-2 当前目录下有 tsnlight 文件

3.2 运行步骤

tsnlight 程序的运行步骤如下：

- (1) 提升至 root 权限，并进入 TSNLight 文件夹目录下；
- (2) 执行 ifconfig 指令，查看设备网卡名称。如图 1-3 所示，网卡名称为 enp0s17。

```
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight# ifconfig
enp0s17: Link encap:以太网 硬件地址 08:00:27:d9:db:a0
inet 地址:192.168.1.30 广播:192.168.1.255 掩码:255.255.255.0
inet6 地址: fe80::bdd0:b73f:bcb4:ad1/64 Scope:Link
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 跃点数:1
接收数据包:9789 错误:0 丢弃:0 过载:0 帧数:0
发送数据包:206 错误:0 丢弃:0 过载:0 载波:0
碰撞:0 发送队列长度:1000
接收字节:772880 (772.8 KB) 发送字节:23183 (23.1 KB)

lo: Link encap:本地环回
inet 地址:127.0.0.1 掩码:255.0.0.0
inet6 地址: ::1/128 Scope:Host
```

图 3-3 查看设备网卡名称

(3) 执行 `./tsnlight [interface]` 命令，运行 `tsnlight` 程序。若网卡名称为 `enp0s17`，则执行命令 `./tsnlight enp0s17`，如下图所示。

```
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight#  
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight#  
root@ubuntu:/mnt/hgfs/tsn/TSNLight# ./tsnlight enp0s17  
CNCAPI-INFO: net_interface:enp0s17  
CNCAPI-INFO: net_interface = enp0s17
```

图 3-4 运行 `tsnlight` 程序

附录

A 用户组网示例

本小节通过列举一个组网示例，以说明配置文本如何编写。

A.1 组网拓扑

网络拓扑示例如图附 1-1 所示，一个交换机和两个网卡组成，并且交换机内置有 CPU。所以在本示例中，交换机上的 CPU 为控制主机，运行 TSNLight 程序。

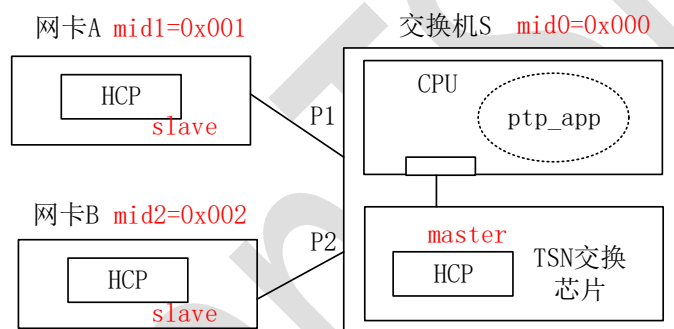


图 A-1 网络拓扑示例

假设交换机 S、网卡 A 和网卡 B 的 MID 值依次为 0、1、2。因此，mid0=0x000、mid1=0x001、mid2=0x002。关于 MID 的编址规则，请参考《OpenTSN 控制架构规范》文档的“2.3 控制帧交换寻址”所述。

A.2 配置文本

TSNlight 通过加载静态配置文件 tsnlight_init_cfg.xml 来获取基础配置信息。如图附 1-1 所示的网络拓扑，TSNlight 部署在交换机 S 的 CPU 上，所以距离 TSNlight 最近的节点为交换机 S，其跳数为 1；然后是网卡 A、网卡 B，其跳数为 2。因此，在图附 1-1 中，必须先配

置跳数为 1 的交换机 S；再配置跳数为 2 的网卡 A 和网卡 B。所以，tsnlight_init_cfg.xml 需要先描述交换机 S 的基础配置信息，再描述网卡 A 和网卡 B 的基础配置信息。

图 A-1 所示的网络拓扑，使用 tsnlight_init_cfg.xml 描述其网络节点配置顺序及所有节点的基础配置信息，如表附 1-1 所示。TSMP 转发表格式请参考《OpenTSN 硬件控制点（HCP）规范》文档的“4.1 表项定义”所述。

表 A-1 tsnlight_init_cfg.xml 文本

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<network_init_cfg>
  <!-- 标签中的值全部用 16 进制主机序表示-->
  <tsnlight>
    <tsnlight_mid>0</tsnlight_mid> <!-- tsnlight 的 MID 值，12bit，16 进制主机序-->
  </tsnlight>

  <!--交换机 s-->
  <node>
    <hcp_mid>0</hcp_mid> <!--交换机 S 的 MID 值，12bit，16 进制主机序-->
    <tsmp_forward_table> <!-- 交换机 S 的 tsmp 转发表，必须第一条为到 TSNLight 的表项-->
      <entry> <!--到 tsnlight 的转发表项-->
        <dmid>0</dmid> <!--目的端 tsnlight 的 mid，16 进制主机序-->
        <outport>100000000</outport> <!--输出端口为内部主机口，第 33bit 为 1-->
      </entry>
      <entry> <!--到网卡 A 的转发表项-->
        <dmid>1</dmid> <!--目的端为网卡 A 的 mid，16 进制主机序-->
```

```

        <outport>2</outport> <!--输出端口为 P1 端口-->

    </entry>

    <entry> <!--到网卡 B 的转发表项-->

        <dmid>2</dmid> <!--目的端为网卡 B 的 mid, 16 进制主机序-->

        <outport>4</outport> <!--输出端口为 P2 端口-->

    </entry>

</tsmp_forward_table>

</node>

<!--网卡 A, TSMP 转发表为空-->

<node>

    <hcp_mid>1</hcp_mid> <!--网卡 A 的 HCP 的 MID-->

</node>

<!--网卡 B, TSMP 转发表为空-->

<node>

    <hcp_mid>2</hcp_mid> <!--网卡 B 的 HCP 的 MID-->

</node>

</network_init_cfg>

```

tsnlight_init_cfg.xml 主要描述网络节点的配置顺序、TSNLight 的 MID 以及节点的 HCP MID、TSMP 转发表信息。仅交换机节点需要配置 TSMP 转发表，网卡不需要配置。

tsnlight_plan_cfg.xml 文本描述的配置内容与用户应用流量及规划调度等相关，配置的寄存器地址是用户自定义的。所以关于规划信息配置，TSNlight 仅提供配置通道，由用户提供配置寄存器地址和配置内容。详细文本格式请参考《OpenTSN 控制架构规范》文档“3 OpenTSN 控制器接口规范”所述。

B 依赖库安装教程

libxml2 库的安装步骤如下：

- (1) 把 OpenTSN 项目组所提供的 libxml2 库压缩包，拷贝到控制主机；
- (2) 解压 libxml2 库压缩包；
- (3) 提升 root 权限，进入 libxml2-2.6.2 文件夹目录；
- (4) 依次执行以下命令：

```
./configure  
make  
make install
```

至此，libxml2 库安装完成。

注意事项：由于开源的 libxml2 库有些版本不支持连续解析多个 xml 文本，因此 OpenTSN 项目组基于开源的 libxml2-2.6.2 版本进行了修改以支持连续解析多个 xml 文本。所以建议使用 OpenTSN 项目组所提供的 libxml2 库。

libpcap 库的安装步骤如下：

- (1) 在 <https://github.com/the-tcpdump-group/libpcap> 下载 libpcap 压缩包，并拷贝到控制主机；

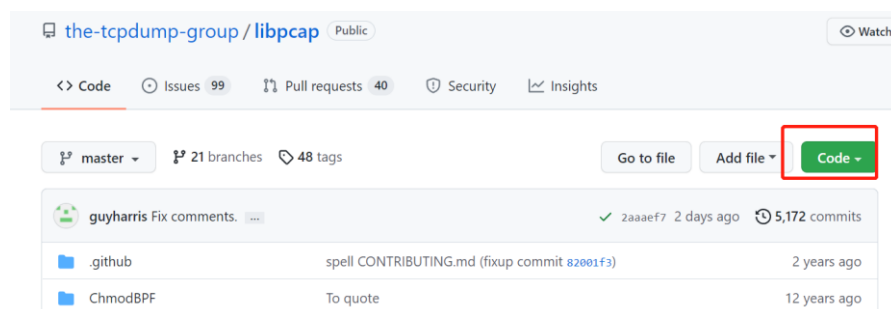


图 B-1 libpcap 下载

- (2) 解压 libpcap 库压缩包;
- (3) 提升 root 权限, 进入 libpcap-master 文件夹目录;
- (4) 依次执行以下命令:

```
./configure
```

```
make
```

```
make install
```

至此, libpcap 库安装完成。

libnet 库的安装步骤如下:

- (1) 解压 libnet 库压缩包;
- (2) 提升 root 权限, 进入 libnet 文件夹目录;
- (3) 依次执行以下命令:

```
./configure
```

```
make
```

```
make install
```

至此, libnet 库安装完成。

C 虚拟机教程

为了方便用户能够尽快搭建运行环境, OpenTSN 项目组提供了一个已安装 libpcap 库和 libxml2 库的 Linux 虚拟机。搭建虚拟机的步骤如下:

- (1) 下载百度网盘中的文件

从百度网盘中下载全部文件，百度网盘链接：

<https://pan.baidu.com/s/1bMmHftW92MbIuC7lyXxaVw>，提取码：8dgn



图 C-1 虚拟机下载

(2) 安装 VirtualBox

在导入虚拟机之前，需要先安装 VirtualBox 软件，安装后再在 VirtualBox 软件下导入需要安装的虚拟机。

(3) 导入虚拟机

在 VirtualBox 中导入下载的虚拟机，首先在界面中点击“管理”，在管理中选择“导入虚拟电脑”，然后选择需要导入的文件（从百度网盘中下载的文件），然后选择“导入”。导入大约需要花费 5 分钟左右。



图 C-2 管理选项

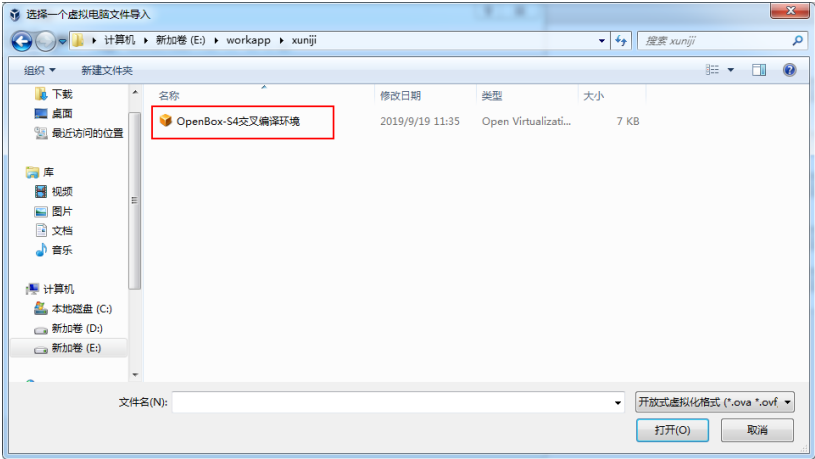


图 C-3 需要导入的文件

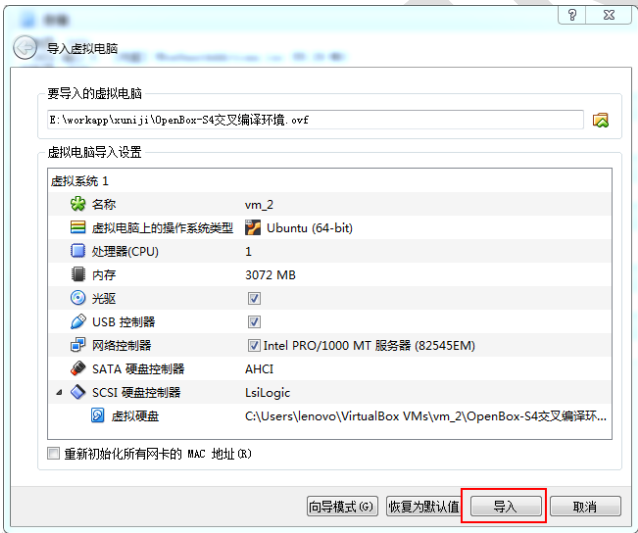


图 C-4 确认导入

(4) 虚拟机设置

导入成功后,需要对虚拟机进行设置。在 vbox 界面,点击“设置”,依次对存储、网络、共享文件夹进行设置。



图 C-5 虚拟机设置

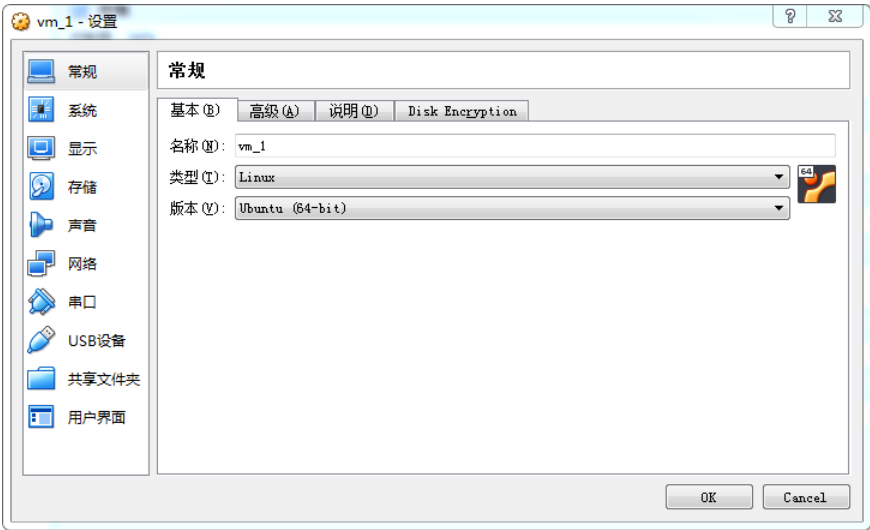


图 C-6 设置内容

设置存储，添加虚拟硬盘，依次按照红色方框进行选择。

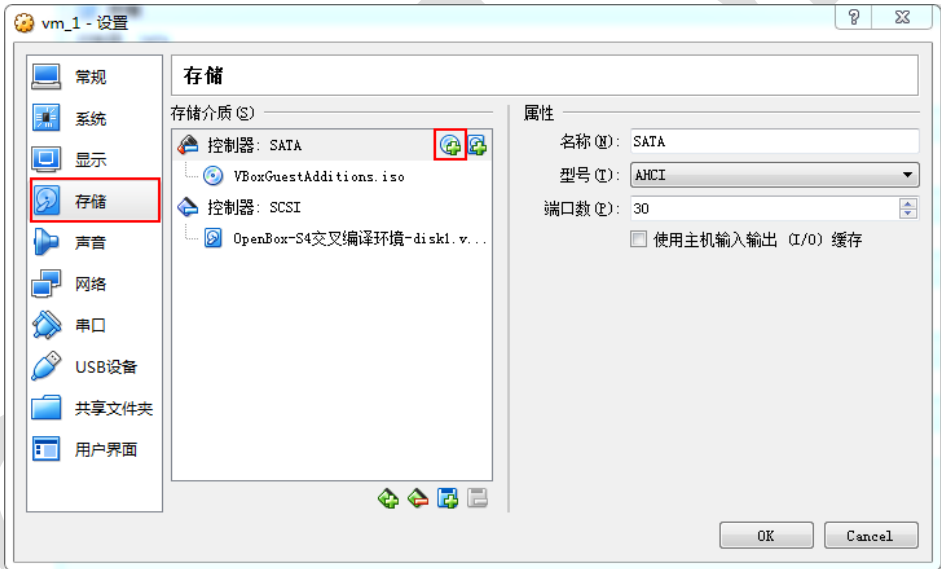


图 C-7 存储设置

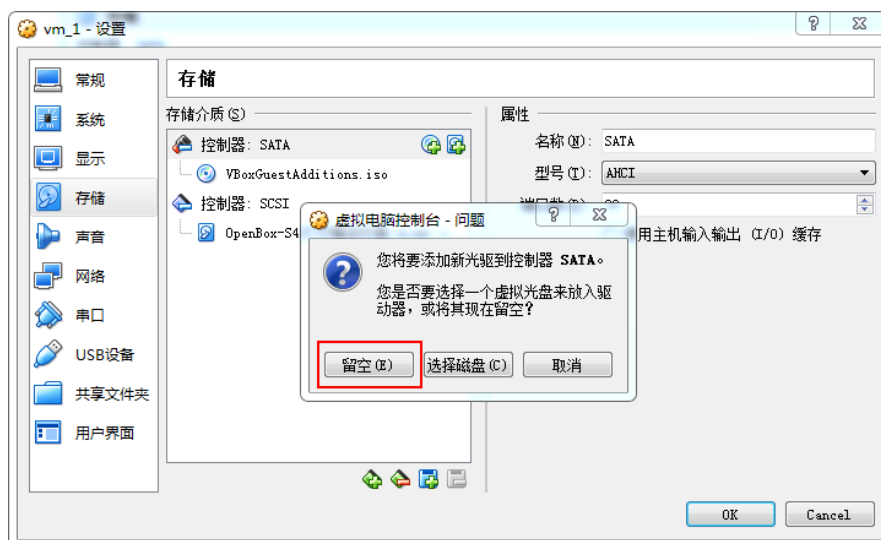


图 C-8 选择留空

设置网络，需要设置混杂模式，以便能够捕获到所有报文。

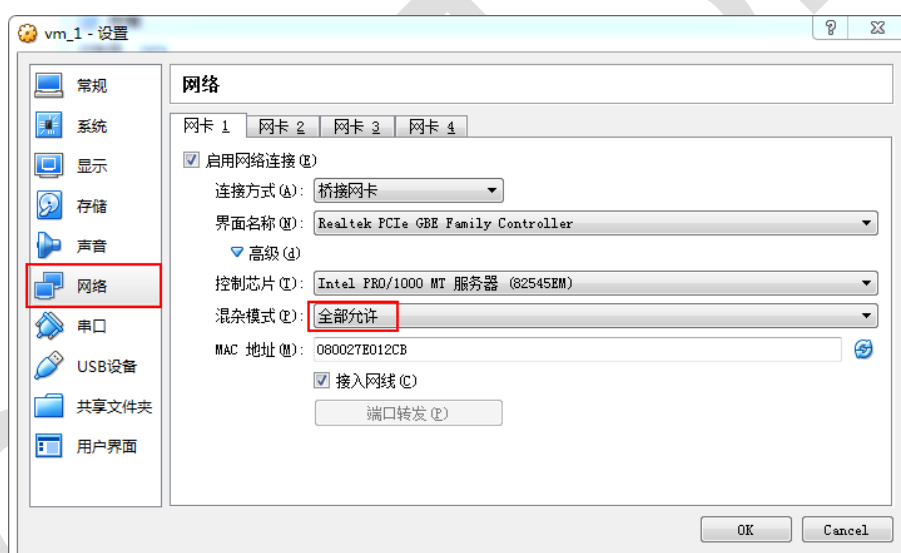


图 C-9 网卡设置

设置共享文件夹，用于 Windows 主机与虚拟机共享文件。

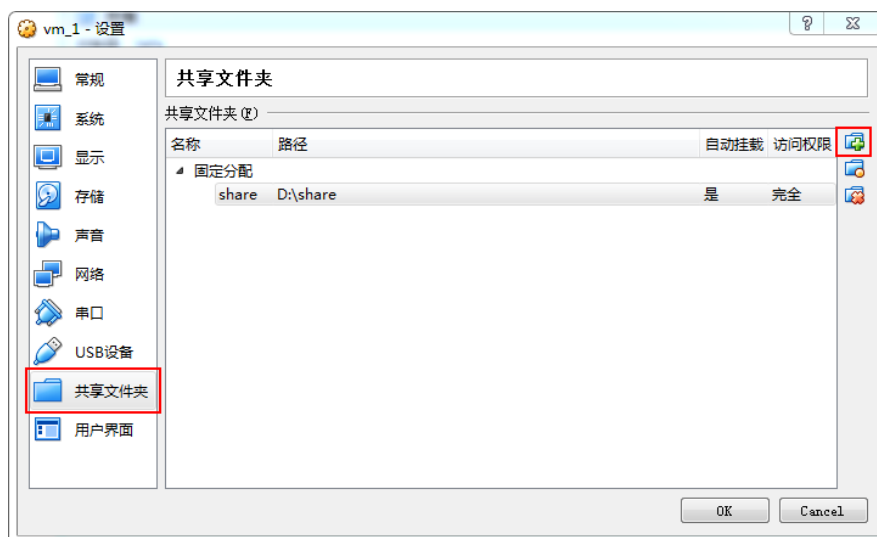


图 C-10 共享文件夹设置

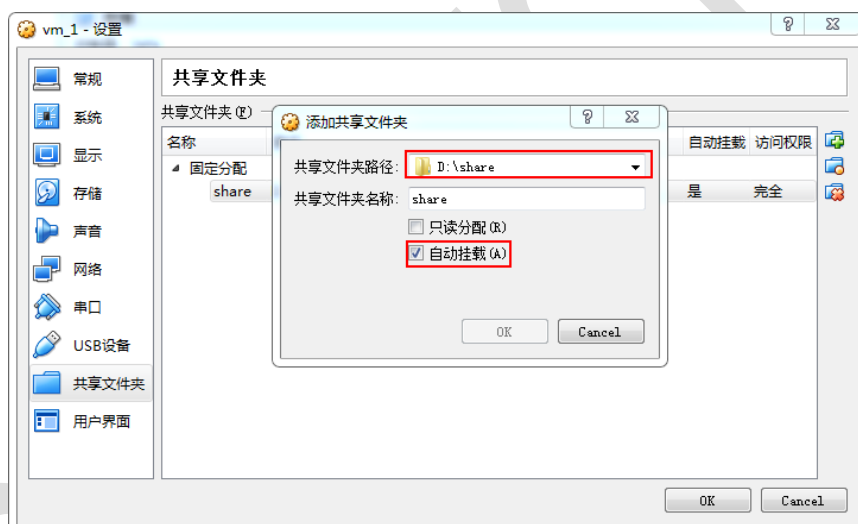


图 C-11 共享文件夹选项

(5) 进入虚拟机

然后打开虚拟机，打开时选择“无界面启动”，如正常启动电脑一样，启动后需要输入密码进入系统，密码为“970904”



图 C-12 无界面启动

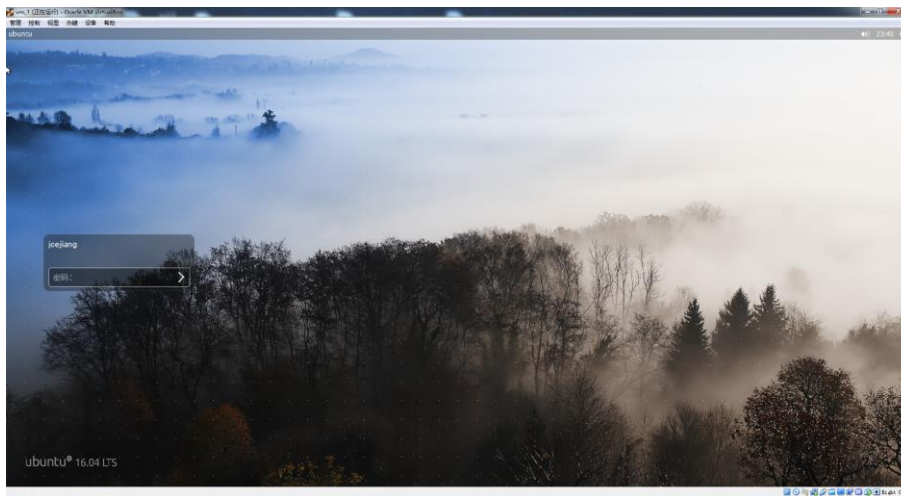


图 C-13 虚拟机启动画面

（6）安装增强功能

在进入系统后安装增强功能，在选择设备后，点击“安装增强功能”，然后一直“enter”键进行下一步，直至安装成功。

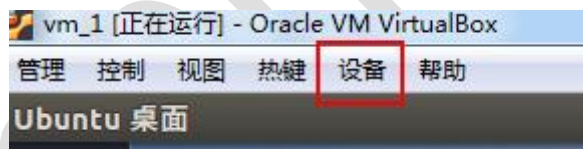


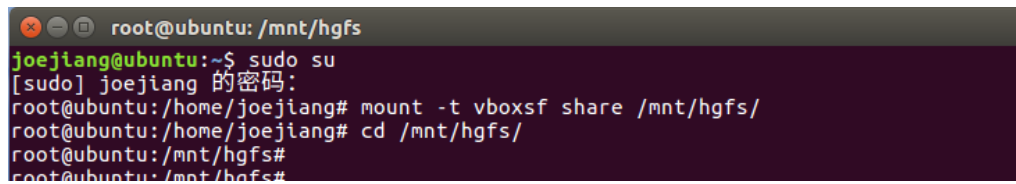
图 C-14 安装增强功能

（7）设置共享文件夹

输入“sudo su”进入 root 权限，输入密码“970904”

输入“mount -t vboxsf share /mnt/hgfs”其中 share 为共享文件夹的名称，然后 Windows 主机与虚拟机共享 share 文件夹。也就是说，把 TSNLight 文件拷贝至 Windows 主机的 share 文件夹，虚拟机也可以看到此文件。

输入“cd /mnt/hgfs”进入共享文件夹。



```
root@ubuntu: /mnt/hgfs
joejiang@ubuntu:~$ sudo su
[sudo] joejiang 的密码:
root@ubuntu:/home/joejiang# mount -t vboxsf share /mnt/hgfs/
root@ubuntu:/home/joejiang# cd /mnt/hgfs/
root@ubuntu:/mnt/hgfs#
root@ubuntu:/mnt/hgfs#
```

图 C-15 虚拟机共享文件夹设置

至此，虚拟机安装完成。