



哈尔滨工业大学
Harbin Institute of Technology

计算机网络 课程实验报告

实验名称	IPv4——分组收发、路由转发实验					
姓名	王炳轩		院系	信息安全		
班级	2003201		学号	120L022115		
任课教师	刘亚维		指导教师	刘亚维		
实验地点	格物 213		实验时间	2022 年 10 月 21 日		
实验课表现	出勤、表现得分(10)		实验报告 得分(40)		实验总分	
	操作结果得分(50)					
教师评语						

实验目的：

（注：实验报告模板中的各项内容仅供参考，可依照实际实验情况进行修改。）

本次实验的主要目的。

IPv4 协议是互联网的核心协议，它保证了网络节点（包括网络设备和主机）在网络层能够按照标准协议互相通信。IPv4 地址唯一标识了网络节点和网络的连接关系。在我们日常使用的计算机的主机协议栈中，IPv4 协议必不可少，它能够接收网络中传送给本机的分组，同时也能根据上层协议的要求将报文封装为 IPv4 分组发送出去。本实验通过设计实现主机协议栈中的 IPv4 协议，让学生深入了解网络层协议的基本原理，学习 IPv4 协议基本的分组接收和发送流程。另外，通过本实验，学生可以初步接触互联网协议栈的结构和计算机网络实验系统，为后面进行更为深入复杂的实验奠定良好的基础。

通过前面的实验，我们已经深入了解了 IPv4 协议的分组接收和发送处理流程。本实验需要将实验模块的角色定位从通信两端的主机转移到作为中间节点的路由器上，在 IPv4 分组收发处理的基础上，实现分组的路由转发功能。网络层协议最为关注的是如何将 IPv4 分组从源主机通过网络送达目的主机，这个任务就是由路由器中的 IPv4 协议模块所承担。路由器根据自身所获得的路由信息，将收到的 IPv4 分组转发给正确的下一跳路由器。如此逐跳地对分组进行转发，直至该分组抵达目的主机。IPv4 分组转发是路由器最为重要的功能。本实验设计模拟实现路由器中的 IPv4 协议，可以在原有 IPv4 分组收发实验的基础上，增加 IPv4 分组的转发功能。对网络的观察视角由主机转移到路由器中，了解路由器是如何为分组选择路由，并逐跳地将分组发送到目的主机。本实验中也会初步接触路由表这一重要的数据结构，认识路由器是如何根据路由表对分组进行转发的。

实验内容：

概述本次实验的主要内容，包含的实验项等。

实验内容主要包括：

1) 实现 IPv4 分组的基本接收处理功能

对于接收到的IPv4分组，检查目的地址是否为本地地址，并检查IPv4分组头部中其它字段的合法性。提交正确的分组给上层协议继续处理，丢弃错误的分组并说明错误类型。

2) 实现 IPv4 分组的封装发送

根据上层协议所提供的参数，封装 IPv4 分组，调用系统提供的发送接口函数将分组发送出去。

3) 设计路由表数据结构。

设计路由表所采用的数据结构。要求能够根据目的 IPv4 地址来确定分组处理行为（转发情况下需获得下一跳的 IPv4 地址）。路由表的数据结构和查找算法会极大的影响路由器的转发性能，有兴趣的同学可以深入思考和探索。

4) IPv4 分组的接收和发送。

对前面实验（IP 实验）中所完成的代码进行修改，在路由器协议栈的IPv4模块中能够正确完成分组的接收和发送处理。具体要求不做改变，参见“IP 实验”。

5) IPv4 分组的转发。

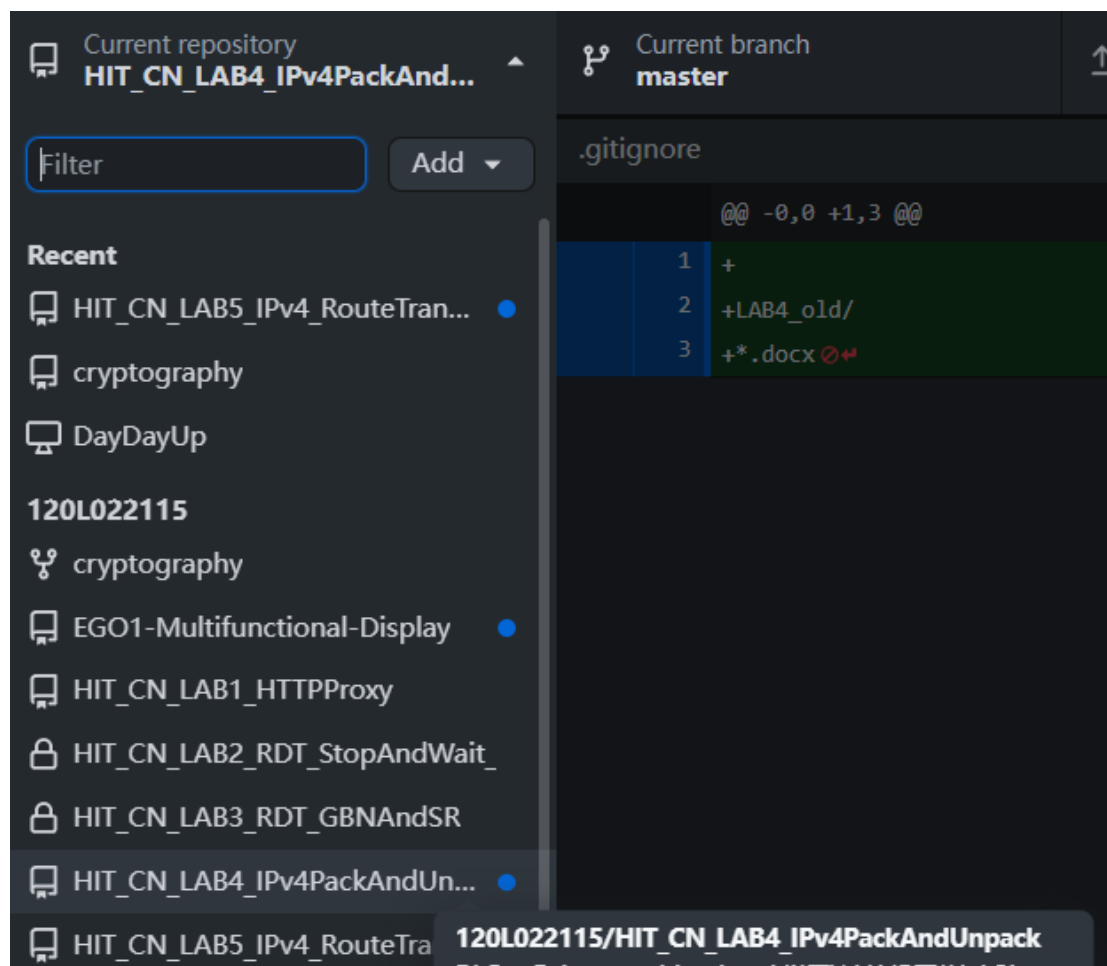
对于需要转发的分组进行处理，获得下一跳的 IP 地址，然后调用发送接口函数做进一步处理。

实验过程：

以文字描述、实验结果截图等形式阐述实验过程，必要时可附相应的代码截图或以附件形式提交。

一、创建Git本地仓库，用以保存实验文件的历史版本

下载安装Github Desktop应用，点击当前仓库列表（Current Repository），点击新建（Add）- 本地仓库（Create new repository）。输入仓库名为LAB4、5，点击确认创建。



二、安装VMware和Windows XP虚拟机。

先安装VMware，使用VMware我们可以创建虚拟机。

VMware官网地址：<https://www.vmware.com/cn.html>

由于正版需要付费，也可以在网上找到破解版本。

vmware®

云 解决方案 产品 支持与服务 下载 合作伙伴 公司

中国 400-816-0681

下载

产品下载

免费产品试用版和演示
免费产品下载

产品下载

vSphere

vSAN

Site Recovery Manager

Fusion

Workspace ONE and AirWatch

最终用户条款和条件

vCloud Suite

NSX-T Data Center

Horizon

Workstation Pro

开源代码

跟着安装向导逐步进行，VMware Workstation Pro已经安装在我的电脑上。



然后需要下载XP系统安装镜像。
进入这个地址：<https://msdn.itellyou.cn/>
展开操作系统分页，点击Windows XP，选择要安装的版本，点击详细信息，可以看到一个ed2k的链接，将其复制到迅雷中即可开始下载。



企业解决方案

MSDN 技术资源库

工具和资源

应用程序

开发人员工具

操作系统

Windows Server, version 1709 (U...

Windows Server, version 1803

Windows Server, version 1809

Windows Server, version 1809 (u...

Windows Server, Version 1903

Windows Server, version 1903 (u...

Windows Server, version 1903 (u...

Windows Server, Version 1903 (U...

Windows Server, version 1903 (u...

Windows Server, Version 1909 (U...

Windows Server, Version 1909 (u...

Windows Server, Version 1909 (U...

Windows Services for UNIX 1.0

Windows Services for UNIX 2.0

Windows Services for UNIX 3.0

Windows Services for UNIX 3.5

Windows Small Business Server ...

Windows Small Business Server ...

Windows Storage Server 2008

Windows Storage Server 2008 R2

Windows Technical Preview

Windows Thin PC

Windows Vista

Windows XP

Workgroups 3.11 (16-bit)

搜索关键字, 空格分词 走起

中文 - 简体

英语

中文 - 香港

中文 - 台湾

中文 - 繁体

法语

德语

意大利语

日语

韩语

葡萄牙语

葡萄牙语

俄语

西班牙语

阿拉伯语

捷克语

丹麦语

荷兰语

芬兰语

希腊语

希伯来语

匈牙利语

☐ Update Rollup 2 for Windows XP Media Center Edition 2005 (Simplified Chinese) [详细信息](#)

☐ Windows XP Home Edition (Simplified Chinese) ISO CD Image [详细信息](#)

☐ Windows XP Home Edition with Service Pack 2 (Simplified Chinese) [详细信息](#)

☒ Windows XP Home with Service Pack 3 (x86) - CD (Chinese-Simplified) [详细信息](#)

文件名

SHA1

文件大小

发布时间

zh-hans_windows_xp_home_with_service_pack_3_x86_cd_x14-92408.iso

F15EF466B1D87B1FFDADC246B8CE82287BD15ED5

583.45MB

2008-05-01

[ed2k://file|zh-hans_windows_xp_home_with_service_pack_3_x86_cd_x14-92408.iso|611794944|81DC0766DFB4082E18F19850535C14D6|/](#)

声明：本站资源均来自于官方原版，ed2k可视为P2P下载链接。由于网络环境和下载工具的不确定性，本站不保证所有人都可以下载成功，如果失败可以更换网络或者下载工具重复尝试。下载完成后务必进行SHA1校验（推荐使用iHasher），与网站核对一致后再使用。所有操作系统默认均为试用版，如有正版密钥可以有效激活，本站不提供任何激活和相关服务。请在下载完成后再考虑自愿为本站打赏或捐助，下载速度与捐助无关。如需退款请发邮件至：m@itellyou.cn，退款没有有效期，只需要提供付款截图和收款二维码即可（不是二维码名片）。

Windows 10 2004 已在next.itellyou.cn更新。可使用第三方帐号直接登录，免注册。

☐ Windows XP Media Center Edition 2005 - CD1 (Simplified Chinese) [详细信息](#)

耐心等待下载完成

下载中 1

已完成

回收站

...

扫码加速

zh-hans_windows_xp_home_with_service_pa

ck_3_x86_cd_x14-92408.iso

583.4MB

00:04:35

1.1MB/s

当前抱团50人,一起下载更快乐

抱团下载

下载完毕

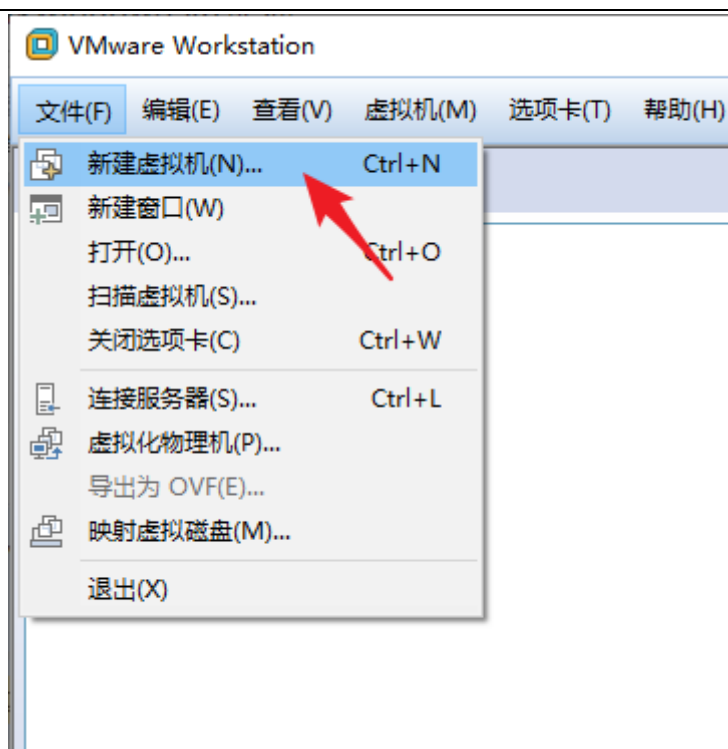
zh-hans_windows_xp_home_with_service_pack_3_x86_cd_x14-92408.iso

597,456 KB

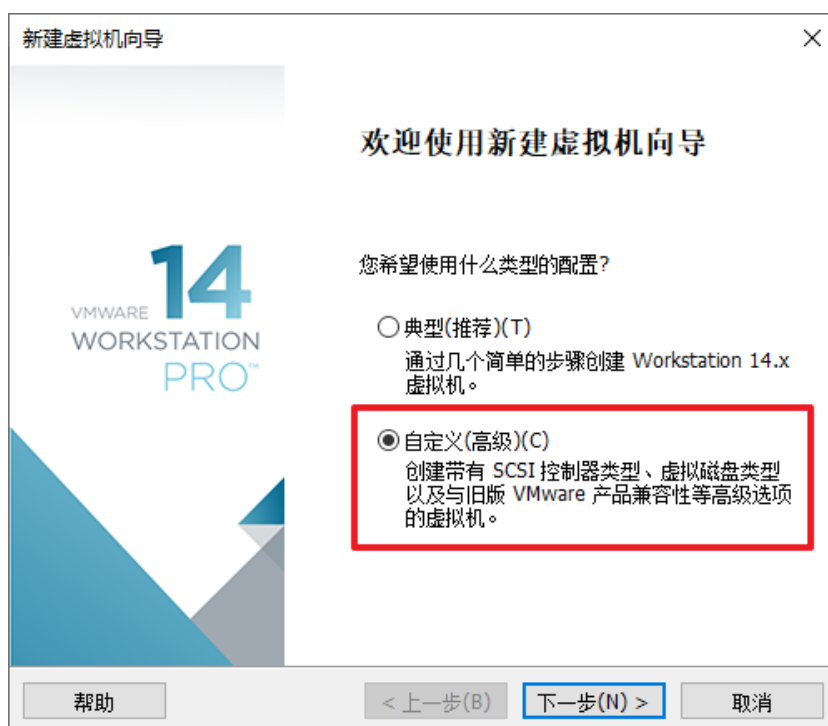
ISO 文件

创建XP虚拟机

打开VMware，点击菜单文件 -> 新建虚拟机。



选择自定义，点击下一步。



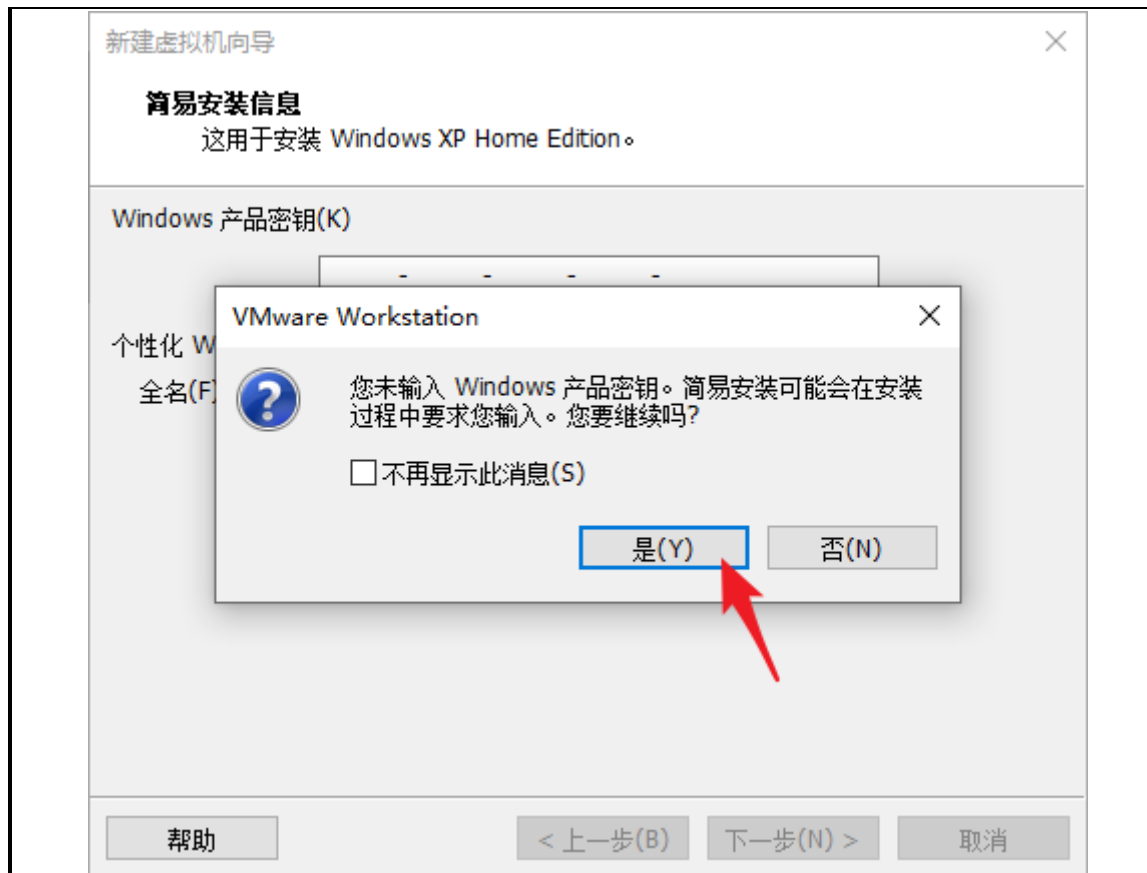
点击下一步。



选择我们刚刚下载的iso系统镜像文件，点击下一步。



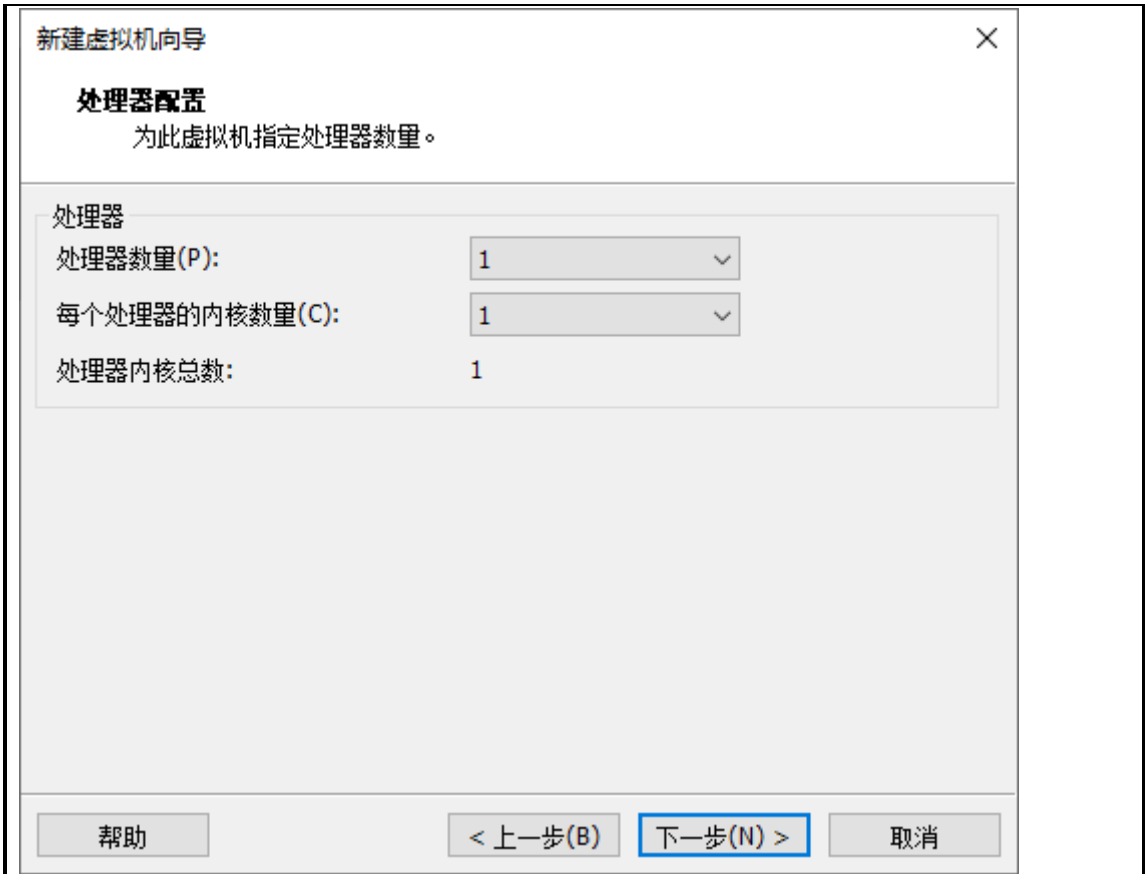
此时弹出询问框，点击是。



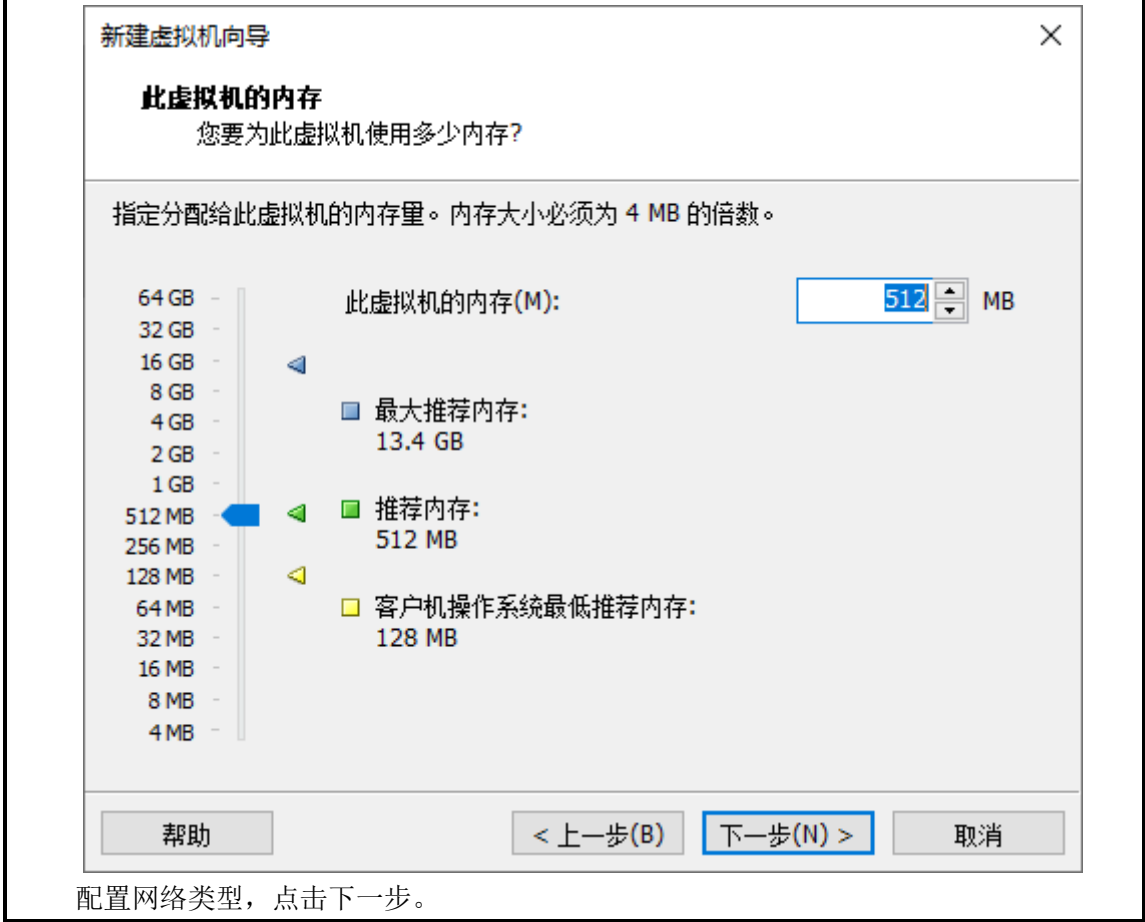
选择虚拟机的安装路径，点击下一步。



配置处理器，点击下一步。



配置内存，点击下一步。



配置网络类型，点击下一步。

新建虚拟机向导

网络类型
要添加哪类网络?

网络连接

☐ 使用桥接网络(R)
为客户机操作系统提供直接访问外部以太网网络的权限。客户机在外部网络上必须有自己的 IP 地址。
 ☒ 使用网络地址转换(NAT)(E)
为客户机操作系统提供使用主机 IP 地址访问主机拨号连接或外部以太网网络连接的权限。
 ☐ 使用仅主机模式网络(H)
将客户机操作系统连接到主机上的专用虚拟网络。
 ☐ 不使用网络连接(T)

帮助

< 上一步(B)

下一步(N) >

取消

配置I/O控制器类型，点击下一步。

新建虚拟机向导

选择 I/O 控制器类型
您要使用何种类型的 SCSI 控制器?

I/O 控制器类型

SCSI 控制器:

☒ BusLogic(U) (推荐) (最大磁盘容量: 2 TB)
 ☐ LSI Logic(L)
 ☐ LSI Logic SAS(S)

帮助

< 上一步(B)

下一步(N) >

取消

配置磁盘类型，选择IDE，点击下一步。

新建虚拟机向导

选择磁盘类型

您要创建何种磁盘？

虚拟磁盘类型

☒ IDE(I) (推荐)

☐ SCSI(S)

☐ SATA(A)

☐ NVMe(V)

Windows XP Home Edition 不支持 NVMe 磁盘。

帮助

< 上一步(B)

下一步(N) >

取消

配置磁盘，点击下一步。

新建虚拟机向导

选择磁盘

您要使用哪个磁盘？

磁盘

☒ 创建新虚拟磁盘(V)

 虚拟磁盘由主机文件系统上的一个或多个文件组成，客户机操作系统会将其视为单个硬盘。虚拟磁盘可在一台主机上或多台主机之间轻松复制或移动。

☐ 使用现有虚拟磁盘(E)

 选择此选项可重新使用以前配置的磁盘。

☐ 使用物理磁盘 (适用于高级用户)(P)

 选择此选项可为虚拟机提供直接访问本地硬盘的权限。需要具有管理员特权。

帮助

< 上一步(B)

下一步(N) >

取消

分配磁盘空间，点击下一步。

新建虚拟机向导

指定磁盘容量

磁盘大小为多少?

虚拟机的硬盘作为一个或多个文件存储在主机的物理磁盘中。这些文件最初很小，随着您向虚拟机中添加应用程序、文件和数据而逐渐变大。

最大磁盘大小 (GB)(S):

针对 Windows XP Home Edition 的建议大小: 40 GB

☐ 将虚拟磁盘存储为单个文件(O)
☒ 将虚拟磁盘拆分成多个文件(M)
 拆分磁盘后，可以更轻松地在计算机之间移动虚拟机，但可能会降低大容量磁盘的性能。

帮助

< 上一步(B)

下一步(N) >

取消

指定存储文件，点击下一步。

新建虚拟机向导

指定磁盘文件

您要在何处存储磁盘文件?

磁盘文件(F)

将使用多个磁盘文件创建一个 40 GB 虚拟磁盘。将根据此文件名自动命名这些磁盘文件。

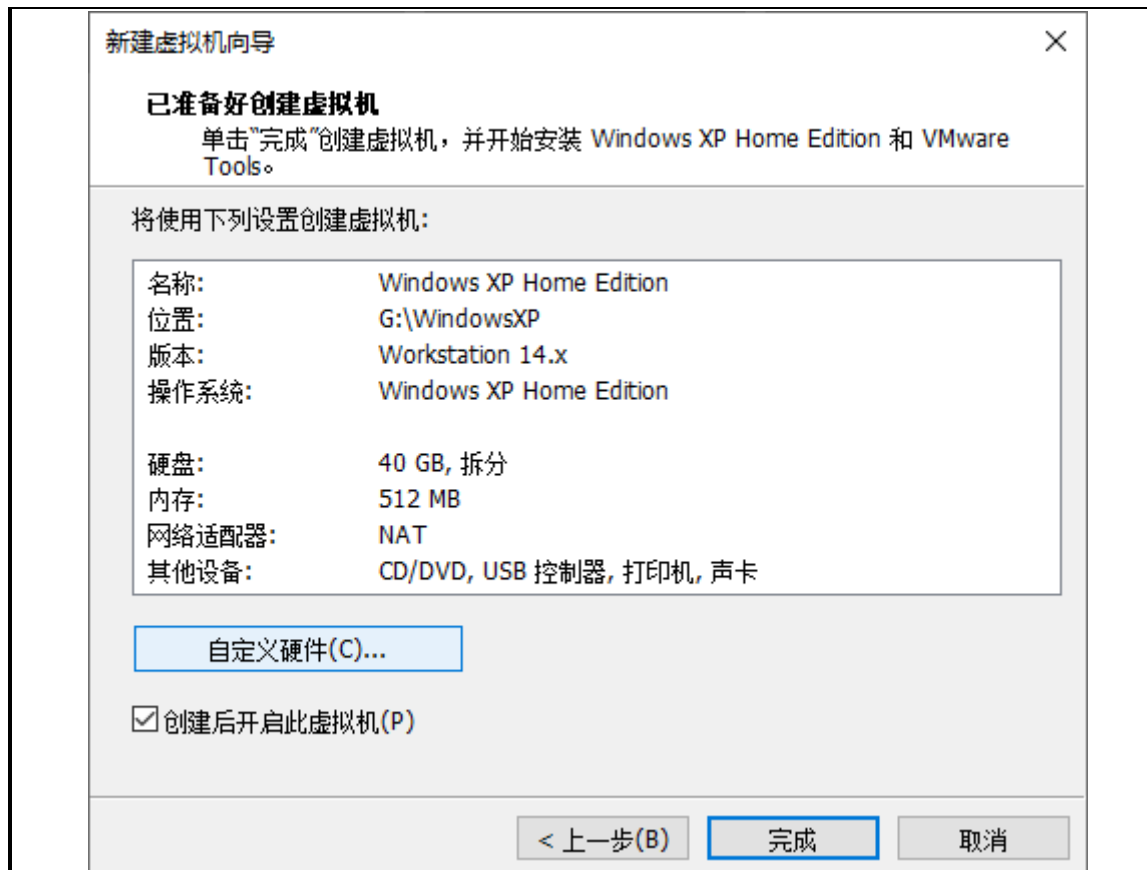
帮助

< 上一步(B)

下一步(N) >

取消

最后，点击完成。



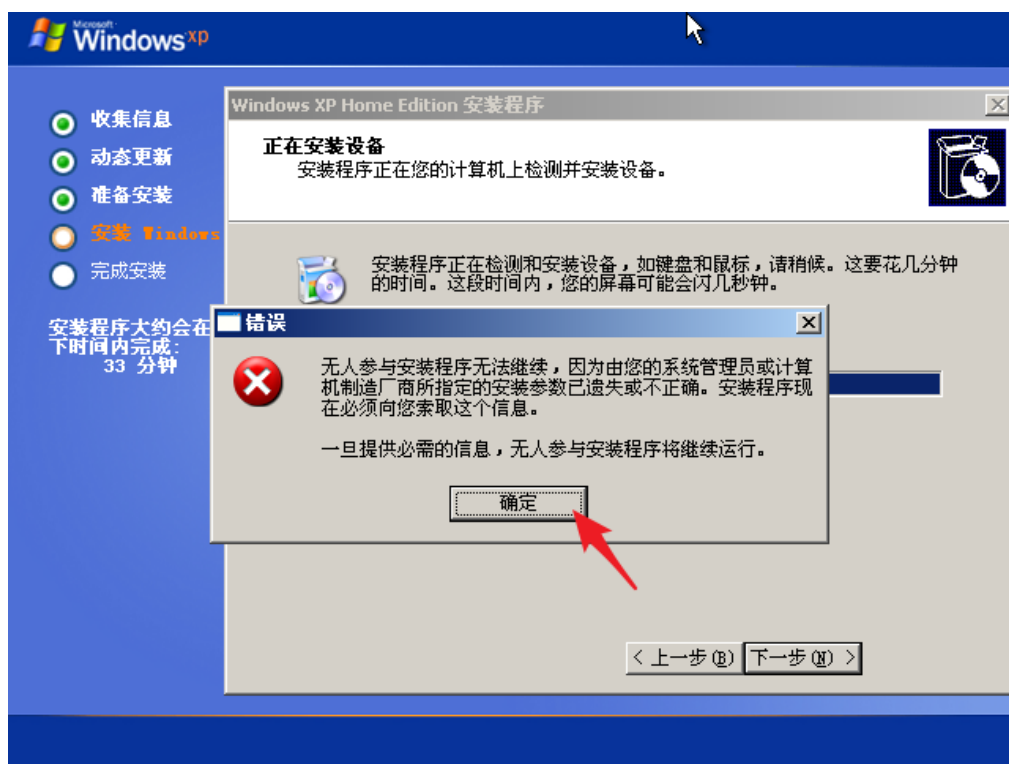
此时虚拟机就会开始安装，耐心等待。



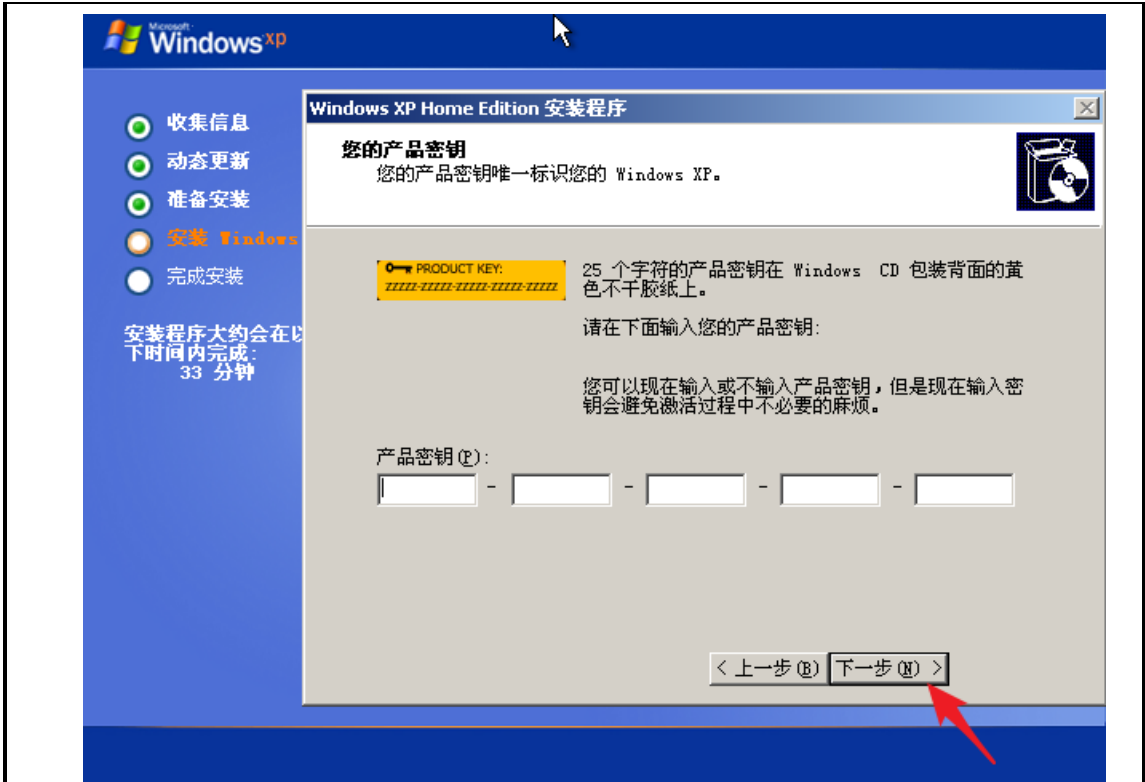
继续等待。



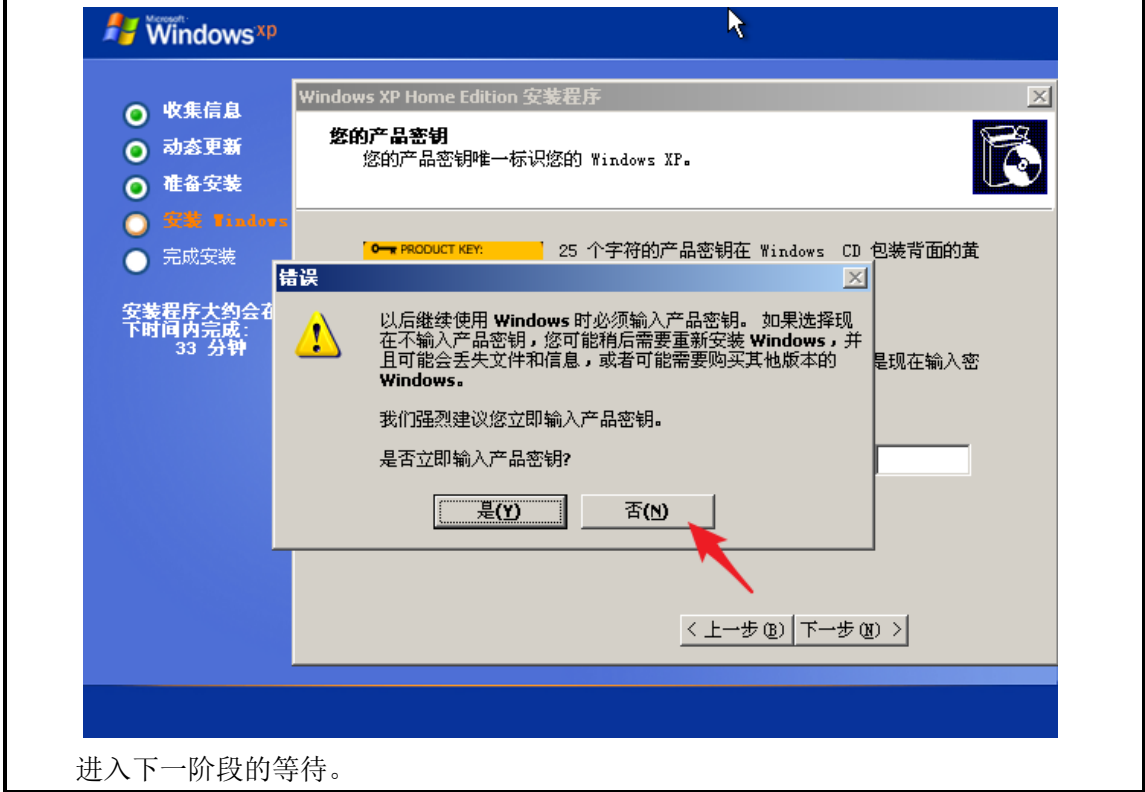
差不多两三分钟后，会弹出如下的提示框，点击确定。



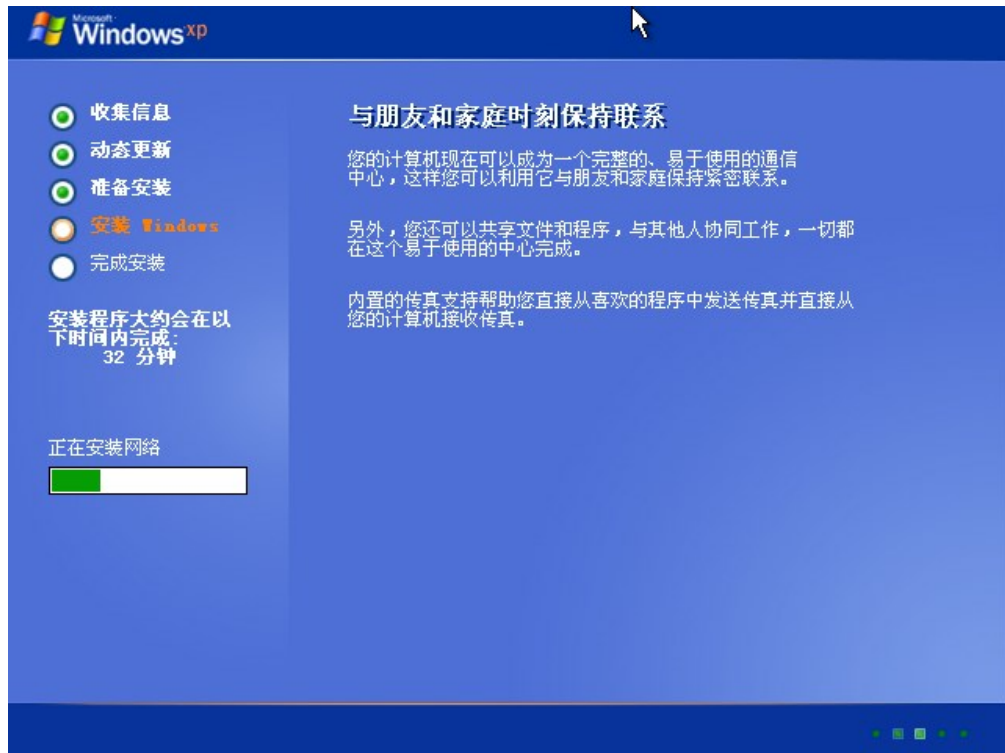
产品密钥输入框，可以先不填，直接点击下一步。



会弹出询问框，点击否。



进入下一阶段的等待。



等待。



安装完成，因为没有输入密钥，所以我们只有30天试用期，我们可以下载激活工具。我找到了一个：<https://www.onlinedown.net/soft/580556.htm>



xp激活工具(XP OEM免激活) 1.0 官方版

安全无毒

QR Code

软件授权：共享软件

软件大小：0.06MB

软件评分：☆☆☆☆

软件类型：国产软件

更新时间：2022-02-07

应用平台：WinAll

软件语言：简体中文

版本：1.0 官方版

立即下载

安全下载

使用WindSoul软件管家下载

相关软件

驱动人生

易我数据恢复软件

CCleaner2021

冰点还原精灵

下载服务协议见页面底部

软件介绍

下载地址

相关文章

网友点评

为您推荐： - [XP系统工具](#)

基本简介



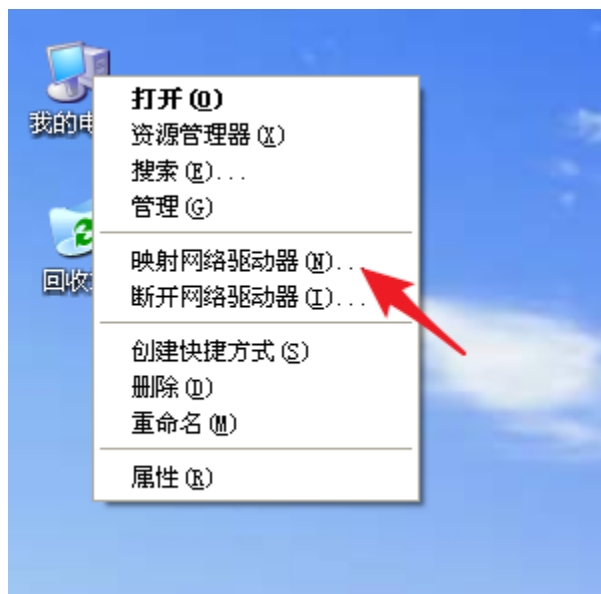
xp激活工具(XP OEM免激活)官方版是款针对Windows XP所打造的激活工具。xp激活工具决纯净版XP的激活问题，不破坏系统，保持系统原版纯净。xp激活工具(XP OEM免激活)还导信息、还可以更改系统目录等。华军软件园提供xp激活工具的下载服务，下载其他版本，

相似软件	版本说明	软件地址
冰点还原精灵	绿色版	查看
会声会影x7	绿色版	查看
石大师装机大师	绿色版	查看

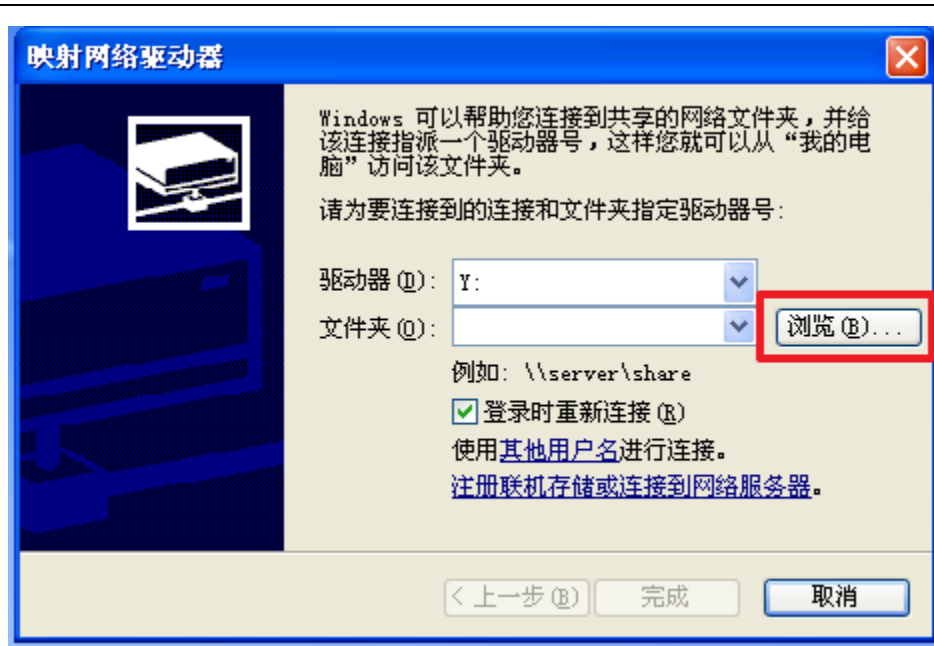
下载到本地。
然后关闭虚拟机。



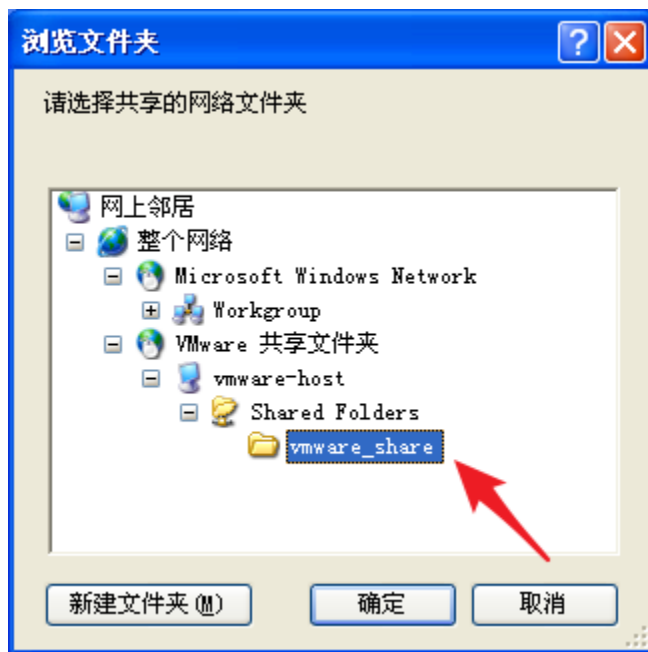
右键我的电脑，点击映射网络驱动器



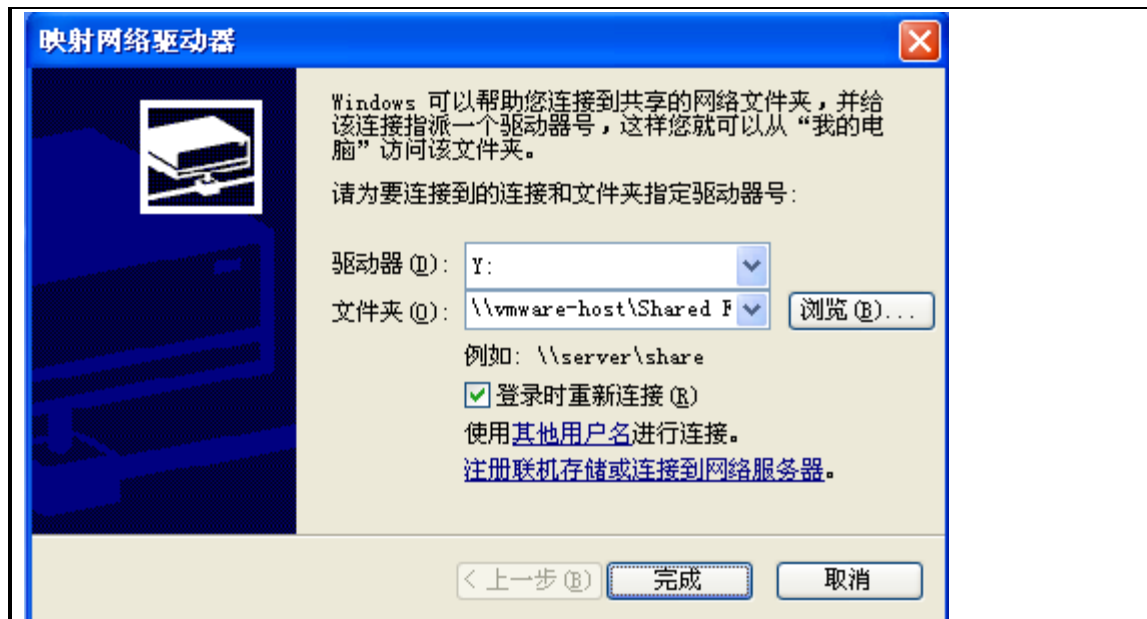
点击浏览。



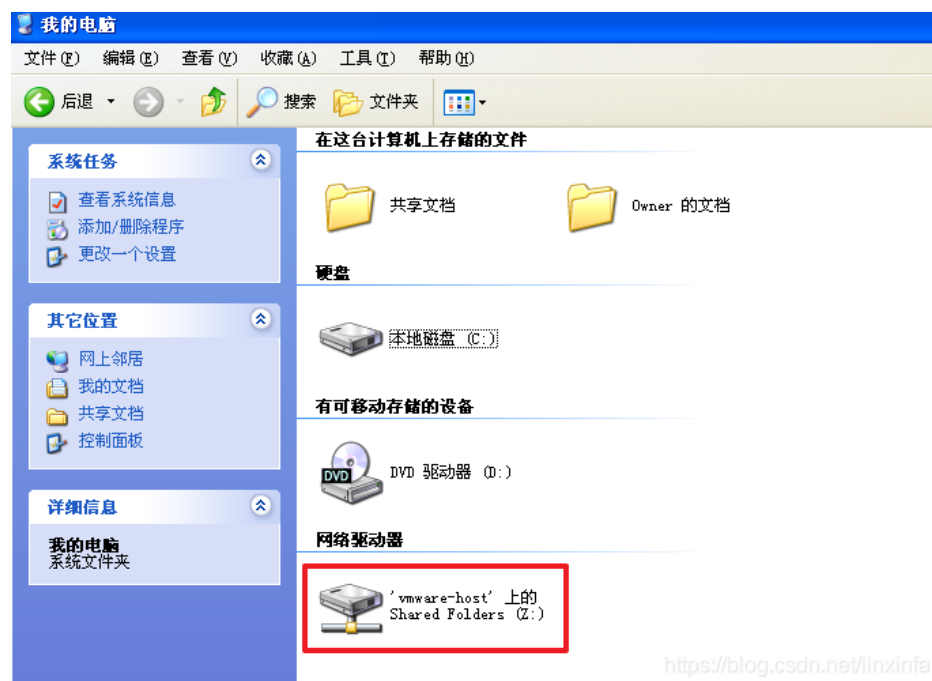
稍等片刻后，可以看到刚刚在VMware中设置的共享文件夹，选中它，点击确定。



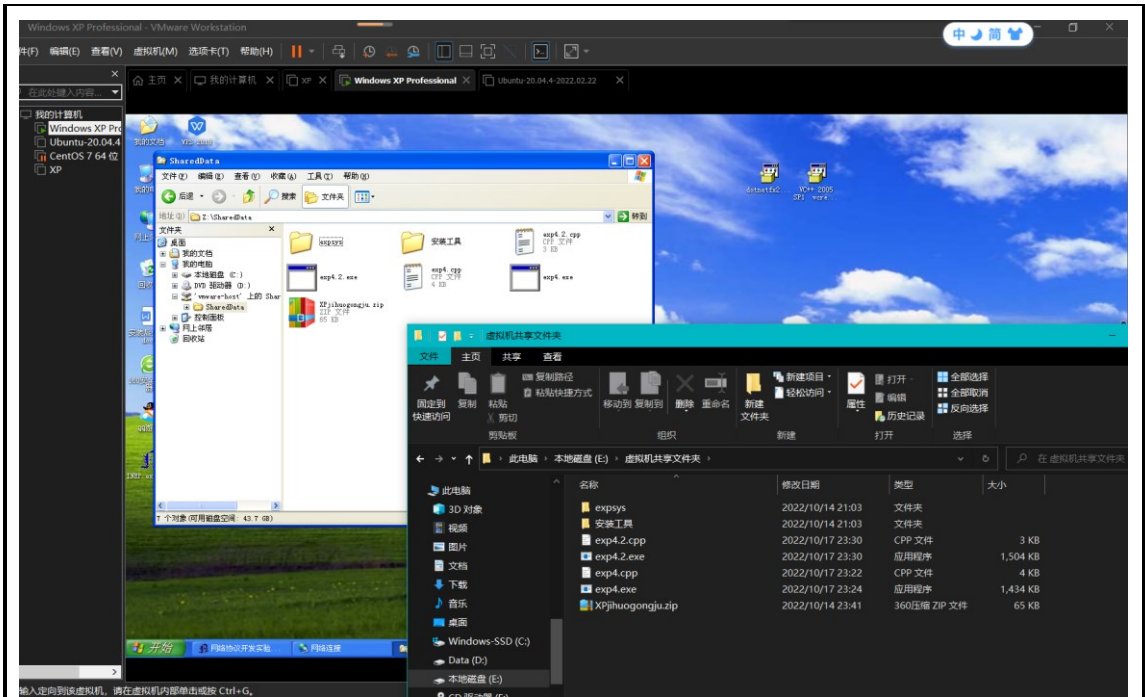
点击完成。



这样，我们就可以在我的电脑中看到一个网络驱动器。



打开共享文件夹，复制实验平台和相关安装工具，以及我们下载好的XP激活工具。

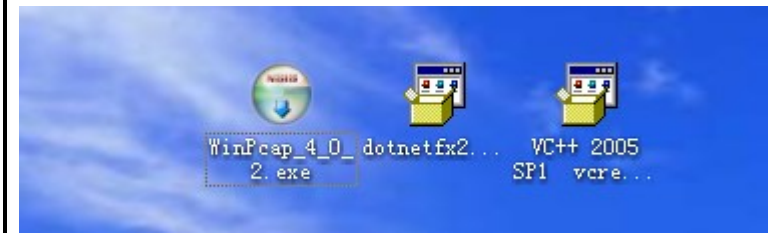


就可以看到虚拟机里已经显示。
然后我们先运行XP激活程序。



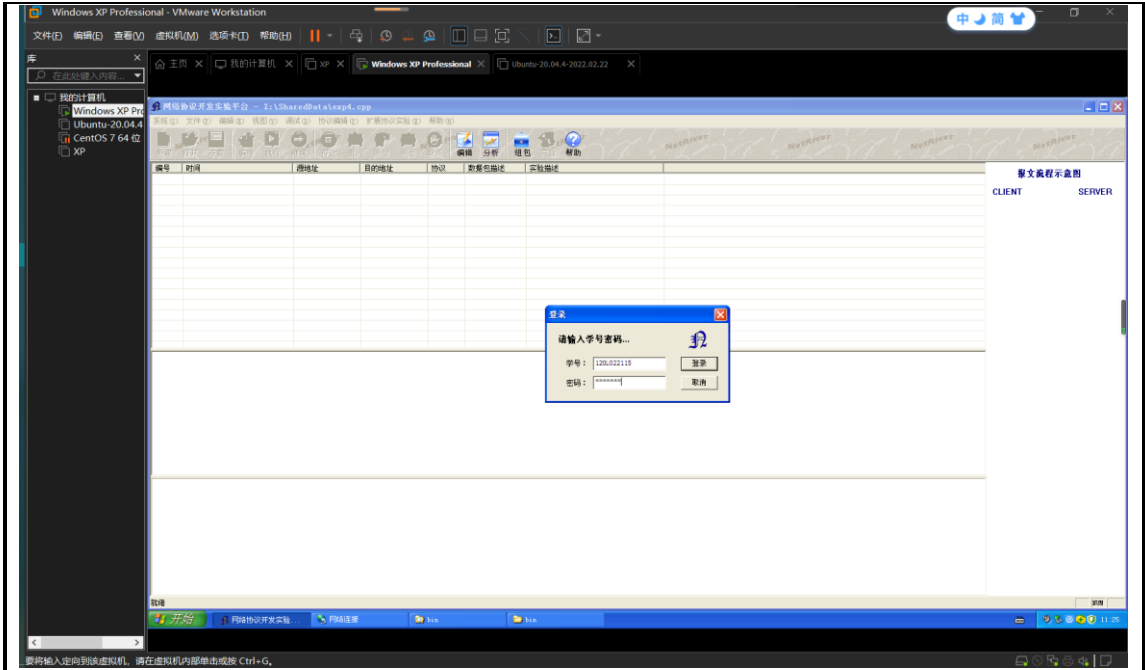
等待一段时间后，XP成功被激活。

三、安装必要配置程序



跟着安装向导逐步安装这三个程序。

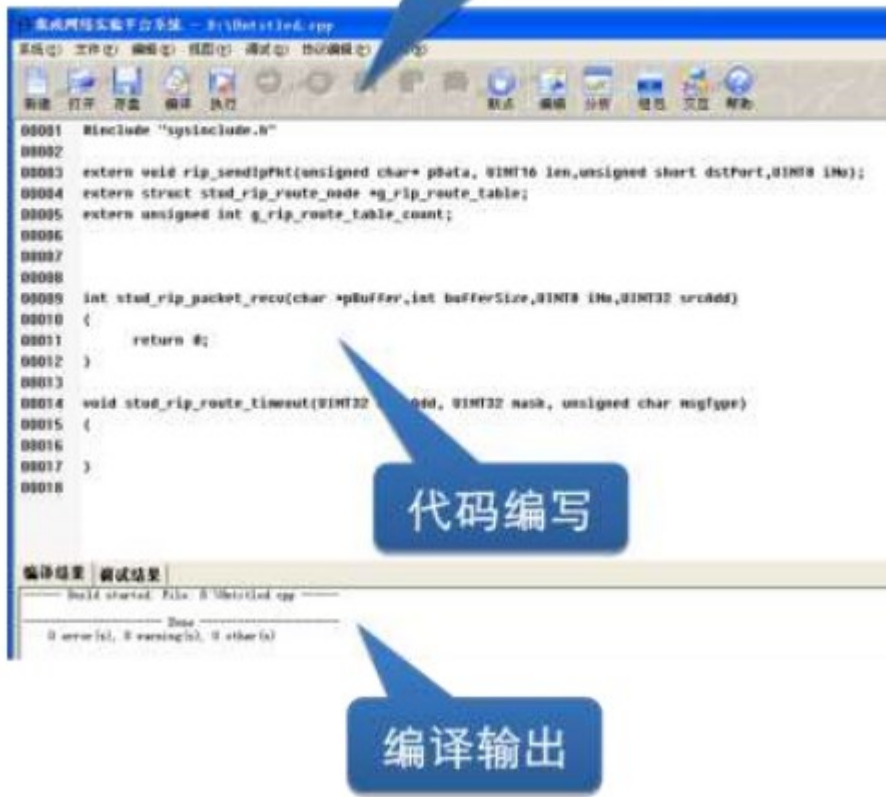
四、打开实验平台，登录和编写文件。



输入我们的账号密码进行登录。
然后选择实验。



点击新建文件，系统自动填充基础框架内容。



The screenshot displays a software interface for network experiments. At the top, a blue callout bubble labeled "编译、执行、调试工具栏" (Compilation, Execution, Debugging Toolbar) points to a toolbar with icons for file operations, compilation, execution, and debugging. Below the toolbar, a code editor window titled "实验代码平台系统 - 1 (Batstind.cpp)" shows C++ code for a routing protocol. A blue callout bubble labeled "代码编写" (Code Writing) points to the code editor. At the bottom, a status bar shows "编译结果" (Compilation Results) and "调试结果" (Debugging Results). A blue callout bubble labeled "编译输出" (Compilation Output) points to the status bar.

```
00001 #include "sysinclude.h"
00002
00003 extern void rip_sendipht(unsigned char* pdata, uint16 len, unsigned short dstPort, uint16 len);
00004 extern struct stud_rip_route_node *g_rip_route_table;
00005 extern unsigned int g_rip_route_table_count;
00006
00007
00008
00009 int stud_rip_packet_recu(char *pBuffer, int bufferSize, uint16 len, uint32 srcAdd)
00010 {
00011     return 0;
00012 }
00013
00014 void stud_rip_route_timeout(uint32 add, uint32 mask, unsigned char nigttype)
00015 {
00016 }
00017 }
00018
```

然后我们填写我们的实验代码。实验中具体的检查出的错误数据请见截图。

对于收发实验：首先将数据存入buffer。

检查buffer第一字节的前四位：是否是4版本。

然后检查第一字节的后四位：头部长度，是否大于等于20。

检查生存时间是否大于0。

检查首部校验和：将字段按字节进行加法，溢出加到最后，取反，看最后是不是0。

检查接收的IP地址是否为自己。

所有检查通过，递交上层；检查不过，则丢弃该包。

发送时反过来即可。

对于转发实验：首先将数据存储buffer。

检查recvIP是否时自己，是则本地接受。

然后查询路由表如果不存在转发路径，则丢弃。

如果TTL=0则丢弃。

否则，计算下一个IP、更改TTL、校验和，然后送给下层。

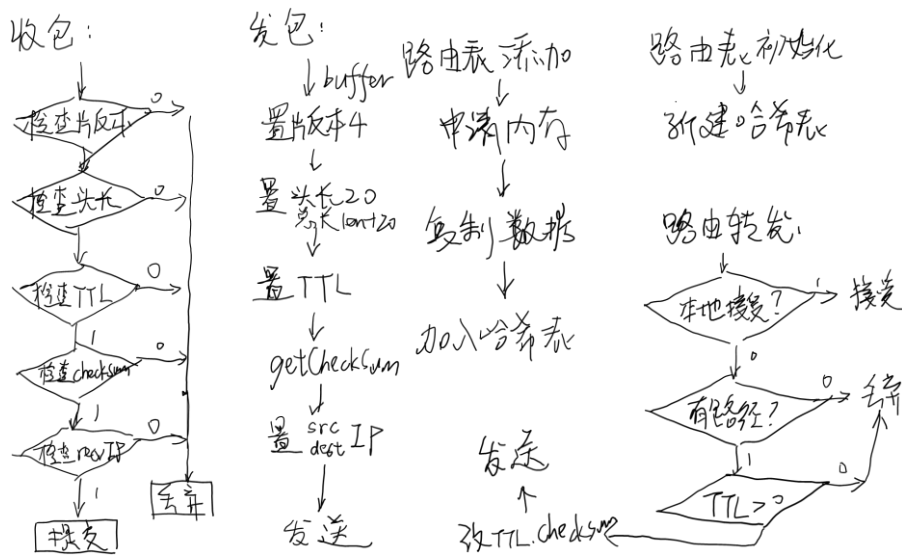
对于路由表，我使用了<map>头文件，该头文件提供一个哈希表。

我设置其泛型为<unsigned, 路由器表项>。前者表示目标网络，而路由器表项是add中传入的。

查表时，只需输入目标网络，即可查出路由器表项。

当存在大量分组时，可以使用多线程处理实现，以及提高哈希表的查表效率。

以上所有函数的流程图如下：



```

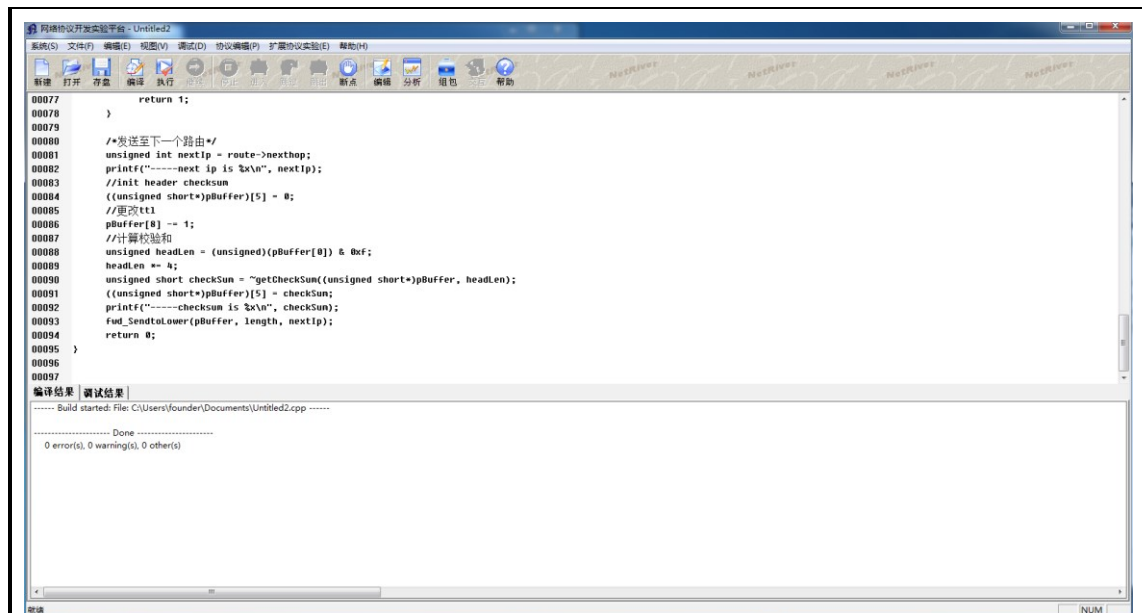
00001 /*
00002  * THIS FILE IS FOR IP TEST
00003  */
00004 // system support
00005 #include "sysInclude.h"
00006
00007 extern void ip_DiscardPkt(char* pBuffer, int type);
00008 extern void ip_SendtoLower(char* pBuffer, int length);
00009 extern void ip_SendtoUp(char* pBuffer, int length);
00010
00011 extern unsigned int getIpAddr();
00012 // implemented by students
00013
00014 unsigned getChecksum(unsigned short* pBuffer, unsigned headLen) {
00015     unsigned sum = 0;
00016     int i = 0;
00017     headLen = headLen / 2;
00018     while (headLen > 1) {
00019         sum += (unsigned)pBuffer[i];
00020         i++;
00021     }
00022 }
    
```

编译结果 | 调试结果

Build started: File: C:\Users\founder\Documents\Untitled.cpp

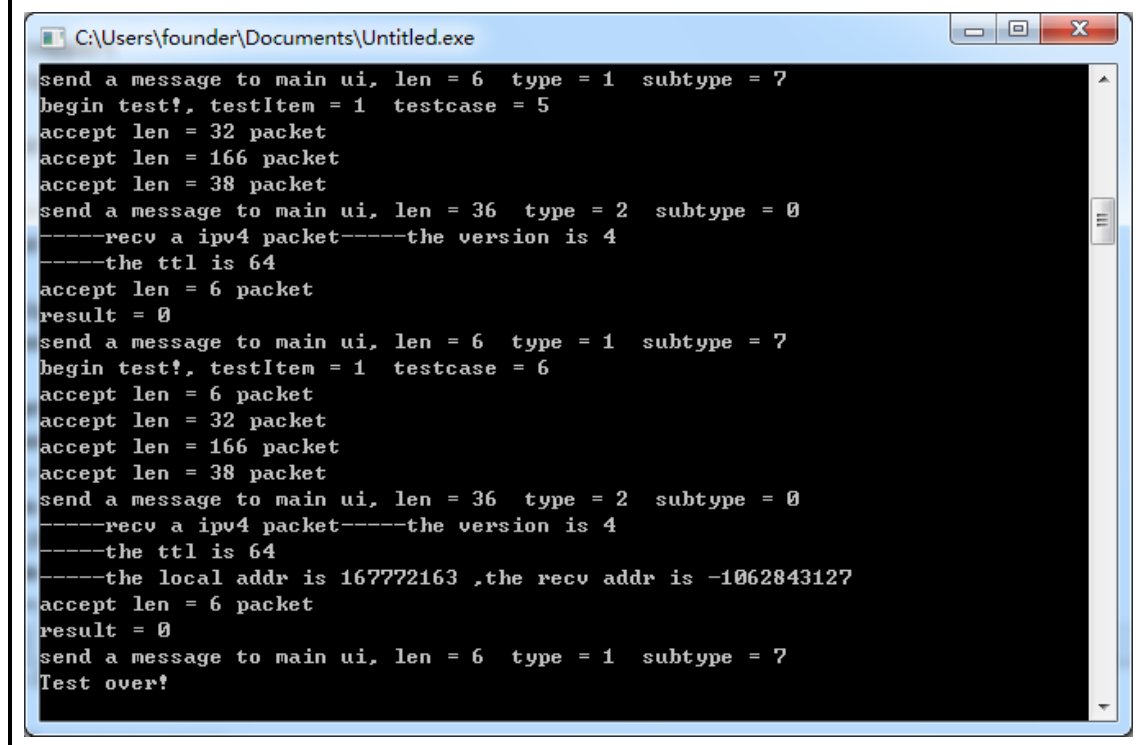
Done

0 error(s), 0 warning(s), 0 other(s)



五、编译运行、测试。

点击编译。显示0errors, 0warnings。



```

C:\Users\founder\Documents\Untitled2.exe

send a message to main ui, len = 36  type = 2  subtype = 0
-----the local addr is a000003 ,the recv addr is 10000003
-----wrong ip!
accept len = 6 packet
result = 0
send a message to main ui, len = 6  type = 1  subtype = 7
begin test!, testItem = 2  testcase = 2
accept len = 32 packet
accept len = 244 packet
accept len = 41 packet
-----init a routeTable!
-----add a route of ip b000003,nextIp is d00000c
-----add a route of ip b000003,nextIp is c00000c
accept len = 55 packet
send a message to main ui, len = 53  type = 2  subtype = 0
-----the local addr is a000003 ,the recv addr is b000003
-----the ttl is 18
-----next ip is c00000c
-----checksum is d094
send a message to main ui, len = 53  type = 2  subtype = 1
accept len = 6 packet
result = 0
send a message to main ui, len = 6  type = 1  subtype = 7
Test over!
    
```

点击运行。

程序结束

测试结果:

2 IPv4收发实验

2.1 发送IP包 -- 成功

2.2 正确接收IP包 -- 成功

2.3 校验和错的IP包 -- 成功

2.4 TTL错的IP包 -- 成功

2.5 版本号错的IP包 -- 成功

2.6 头部长度错误的IP包 -- 成功

2.7 错误目标地址的IP包 -- 成功

是否提交测试结果到服务器?

程序结束

测试结果:

3 IPv4转发实验

3.1 本地接收实验 -- 成功

3.2 无法获得路由信息 -- 成功

3.3 正确转发实验 -- 成功

是否提交测试结果到服务器?

系统测试结果。

问题讨论:

- 1、每个控制信息的数据长度和位数以及在缓冲区中的位置需要仔细计算，分别涉及半字节、1字节Byte，2字节short，4字节unsigned三种长度。
- 2、校验和的计算需要注意和的数据类型应该为unsigned，因为校验和的计算可能溢出至三个字节，short类型变量无法存放，在解决数字溢出之后再转换为short，否则会丢失校验和的部分信息导致校验和出错。
- 3、发送数据时，在设置totalLen时，需要注意使用htonl函数转换得到的是4字节数据，即为unsigned类型，直接赋值给short类型会发生数据截取，导致设置totalLen时使用
`short totalLen = htonl(len+20);`
- 4、赋值时，得到的数据永远为0，因为截取时只能得到转换后的低16位，即原来的高16位，即0。因此需要移位或者自行设置每个字节。
 设置校验和时应该注意先将校验和处设置为0，计算得到的校验和取反就是需要填入相应位置的校验和。
- 5、map函数的insert插入方法不是替换式插入，在题目中需要直接使用索引的方式插入
`routeTable[ipAddr] = route;`
- 6、需要注意给出的路由信息的字节顺序。
- 7、需要为自己保存的路由信息单独新申请内存并复制否则给出的内存地址可能会被回收导致数据出错。

心得体会：

结合实验过程和结果给出实验的体会和收获。

本次实验让我学会了如何对IPv4数据包进行封装和解包，以及计算各项参数，然后，也让我学会了路由器是如何进行IPv4数据包的转发的。