

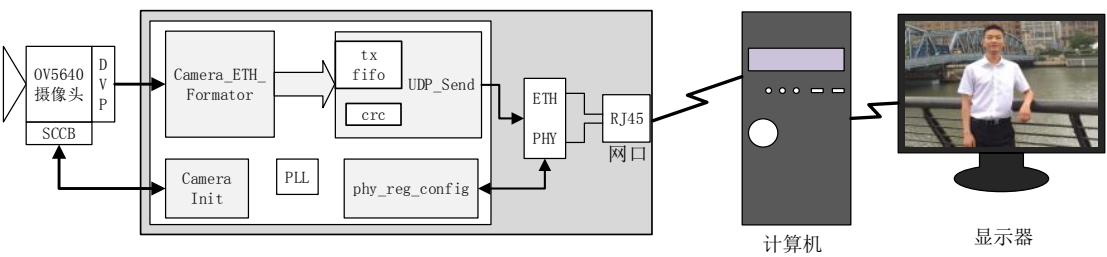
# 以太网图像发送 PC 接收显示实验测试

通过 FPGA 实现以太网的一个主要目的就是使用以太网将 FPGA 采集到的各种数据发送到 PC,如高速 ADC 实时采集数据,或者图像传感器采集的图像数据。此类应用传输过程中数据量大,实时性要求较高。使用基于 CPU 架构实现的软件以太网协议栈,受限于 CPU 计算性能和数据组包的规律,一般效率都无法做到很高。而使用 FPGA 实现以太网传输,则可以提供稳定且高效的传输能力。

无论是 ADC 实时采集的模拟数据,还是图像传感器或其他传感器采集的数据,其数据特点都是高速且高实时性。因此本节将以一个以太网图像传输实例为例,介绍使用以太网传输图像到 PC 并显示的方式。

## 以太网图像传输工程介绍

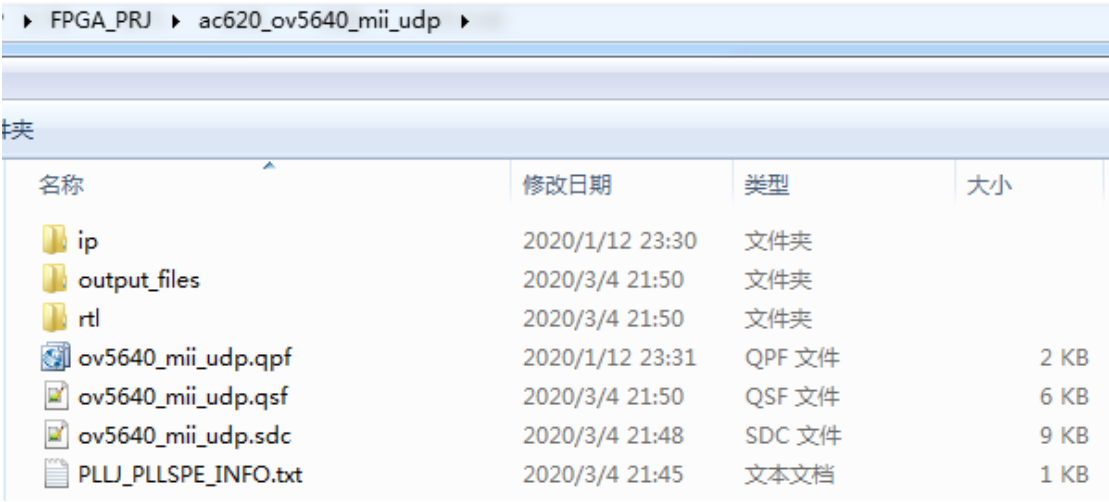
基于以太网的图像传输工程,使用 UDP 协议,将 OV5640 摄像头采集到的图像数据经由以太网传输到 PC 端,再由 PC 端的图像显示软件接收图像数据并绘制在屏幕上,以还原图像内容。整个系统框图如下图所示:



本例程在小梅哥团队出品的FPGA开发板上使用 verilog 实现以太网UDP 协议通信。FPGA 采集 OV5640 输出的 RGB565 格式的图像数据,并将采集到的图像数据使用一定的编号方式编号后以行为单位,使用 UDP 协议经由以太网发送到 PC 机。PC 机上使用我们专门开发的显示软件(小梅哥 UDP 摄像头 V3.exe)接收 FPGA 发送的编号后的图像数据,解析后还原为图像内容绘制在 PC 机显示屏上。

本例对应的例程工程压缩包名为 AC606\_OV5640\_UDP\_Camera.rar, 该文件可在我们提供的配套资料中找到。

解压 AC606\_OV5640\_UDP\_Camera.rar 到不含中文或者空格的目录中，如 D:\fpga。解压后工程目录下内容如下所示：



名称	修改日期	类型	大小
ip	2020/1/12 23:30	文件夹	
output_files	2020/3/4 21:50	文件夹	
rtl	2020/3/4 21:50	文件夹	
ov5640_mii_udp.qpf	2020/1/12 23:31	QPF 文件	2 KB
ov5640_mii_udp.qsf	2020/3/4 21:50	QSF 文件	6 KB
ov5640_mii_udp.sdc	2020/3/4 21:48	SDC 文件	9 KB
PLL_PLLSPE_INFO.txt	2020/3/4 21:45	文本文档	1 KB

其中 rtl 文件夹下存放的为程序源码，这里对其中几个重要文件（夹）简单说明下功能：

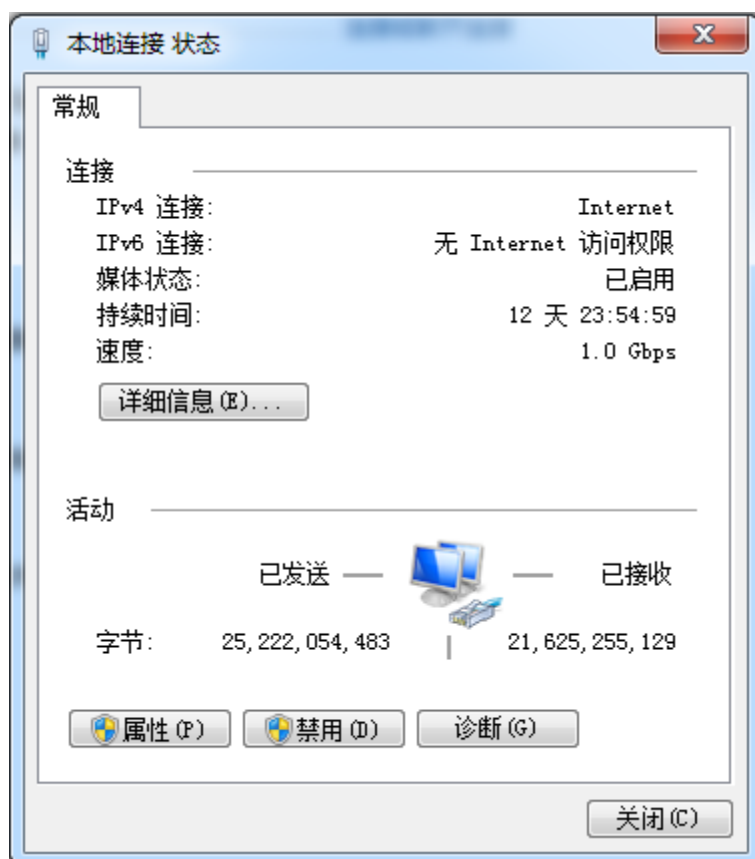
文件或文件夹名	文件或文件夹功能描述
OV5640_UDP_GETH.qpf	工程文件，使用 Quartus II 13.0 打开。
OV5640_UDP_GETH.qsf	工程配置文件，记录了工程相关的各个设置，包括引脚分配。
OV5640_UDP_GETH.sdc	工程的时序约束文件，约束了时钟和以太网的 IO 时序。
-rtl/eth UDP_Send.v	UDP 协议发送模块，该模块将用户输入的需要发送的数据内容经过 UDP、IP、MAC 层协议层层打包后，通过 MII 接口输出给以太网 PHY 芯片，以完成数据的发送。
-rtl/eth eth_dcfifo.v	UDP 发送数据缓存 FIFO，用户将需要发送的数据写入该 FIFO，然后由 UDP_Send 中的发送逻辑将数据读出并最终以 UDP 协议发送。
-rtl/eth crc32_d8.v	CRC32 校验逻辑，计算经由 MAC 层发送的数据的 CRC 值并附加在 MAC 结尾发送。
-rtl --- Camera_ETH_Formator.v	整个工程的设计顶层文件，例化了 UDP 接收和 UDP 发送以及回环数据搬运模块，实现完整的回环测试功能。
-rtl --- OV5640_UDP_GETH.v	整个工程的设计顶层文件，例化了 UDP 发送和摄像头 DVP 接口图像数据捕获编码模块，实现完整的图像采集传输功能。
-output_files ---UDP_MII_LoopBack.sof	预先编译好的 FPGA 配置文件，将该文件下载到开发板中即可进行测试。

## 以太网图像传输工程实操

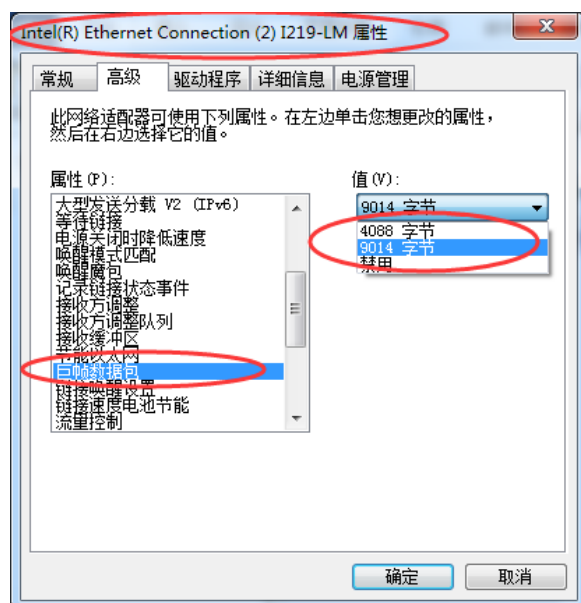
- 1、 使用网线将开发板上的以太网接口和您当前调试测试工程用的 PC 机的网口连接起来。连接好下载线缆并给开发板上电。
- 2、 将 OV5640 摄像头插入开发板的摄像头接口中。
- 3、 双击 OV5640\_UDP\_GETH.qpf 以打开工程（强烈建议使用工程创建时候对应的版本即 Quartus II 13.0 打开，使用其他版本打开或编译遇到问题，请自行解决）。
- 4、 下载 OV5640\_UDP\_GETH.sof 文件到开发板中，注意这一步一定要先于下面的步骤执行，否则以下操作无法正常进行。
- 5、 在电脑上进入【控制面板】->【网络和 Internet】->【查看网络状态和任务】，查看网络连接状态。需要看到在活动网络中有本地连接存在，才表明开发板和电脑的网络才已经连通。此时如果重新下载 sof 文件到开发板中，会发现此本地连接会先消失，然后再重新出现。至于显示的无法连接到网络选项，意思是指无法连接到互联网获取网络上的数据，这是正常的，无需在意。



- 6、 点击“本地连接”文字，以查看该网络状态，确认当前连接速度为千兆速率（1Gbps）



- 7、打开电脑网卡的巨型帧（MTU）选项，选择大于等于 4K 的帧选项。如下图所示：



- 8、在上述本地连接状态中，点击属性，并在弹出的属性对话框中双击【Internet 协议版本 4（TCP/IPv4）】选项，然后再弹出的属性对话框

中设置静态 IP 地址，如在前一个实验已经进行了设置，则此处可不用再重复设置。如下图所示。

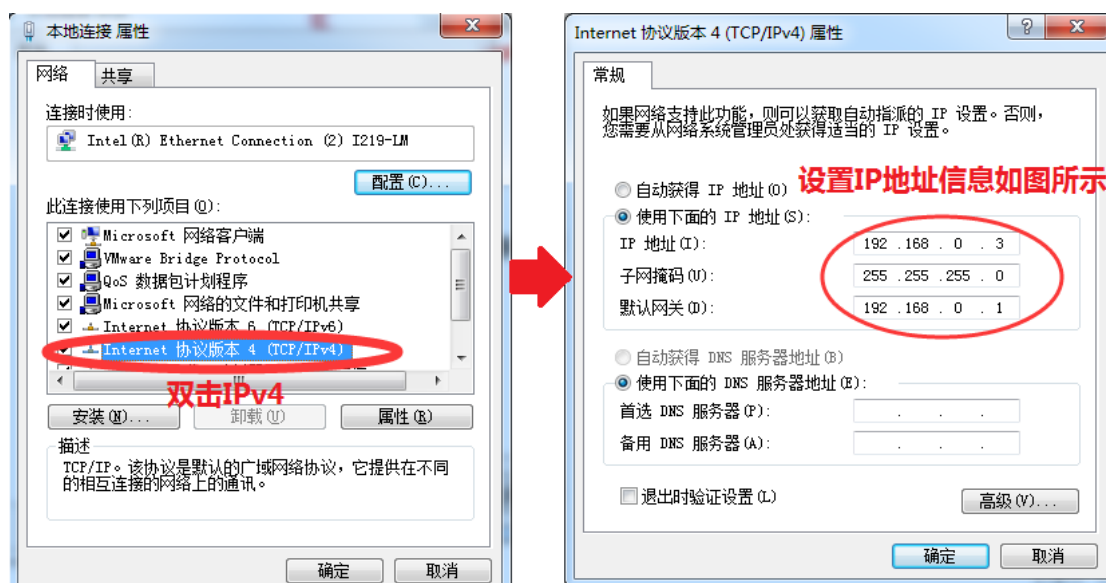


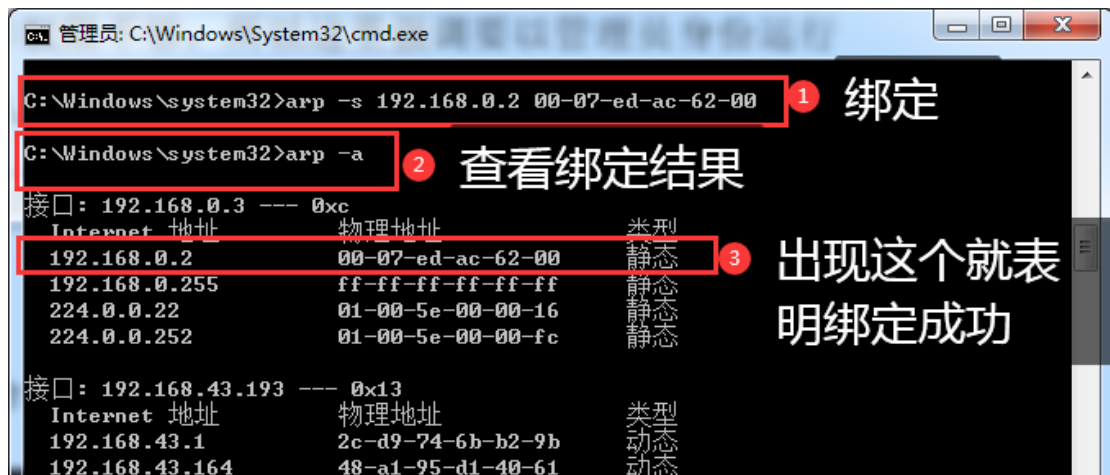
图 错误!文档中没有指定样式的文字。-1 修改 PC 的 IP 地址

- 9、 由于本测试工程不支持 ARP 协议，因此只能通过静态绑定的方式来强制将开发板的 IP 地址和 MAC 地址关联在一起。这样，当 PC 发送给 192.168.0.2 的数据包的时候，目标 MAC 地址自动为开发板的 MAC 地址。

操作时先以管理员身份运行 cmd.exe 程序(该文件在 C:\Windows\System32 路径下)，也就是我们常说的命令行窗口。由于有用户反应在使用时无法成功绑定 arp，经过分析就是操作权限不够，所以这里强调要以管理员身份运行 cmd.exe。然后在窗口中输入下述命令：

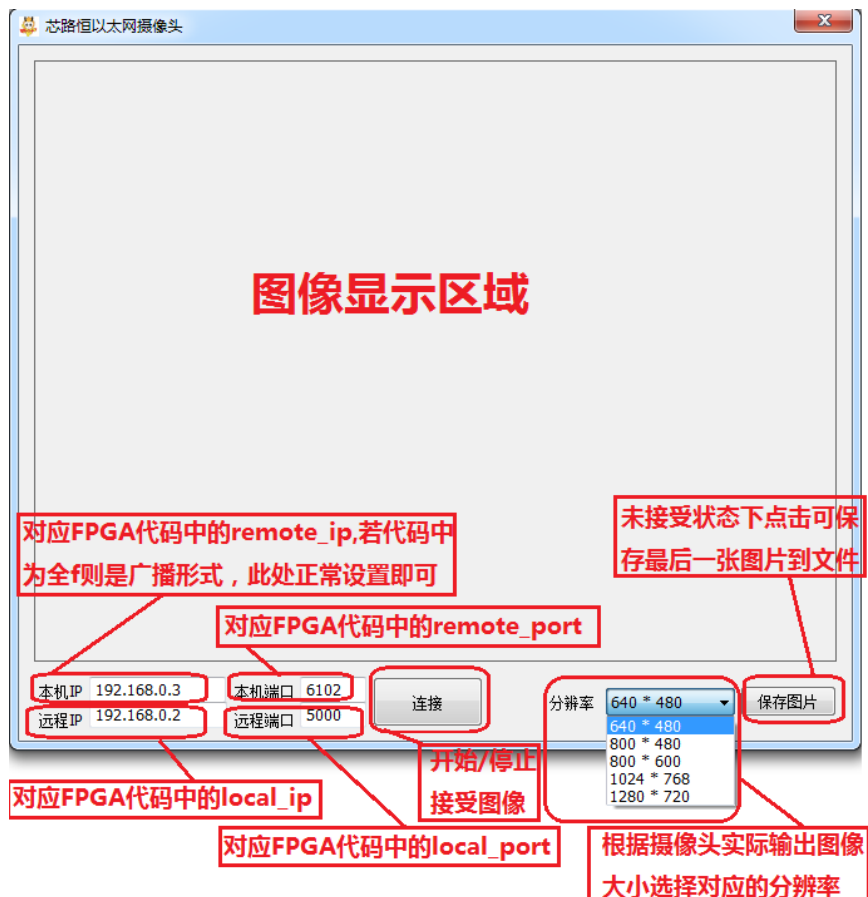
```
arp -s 192.168.0.2 00-0a-35-01-fe-c0
```

绑定后我们可以用 arp -a 命令来查看 PC 上绑定的结果，如下图所示：



部分板卡配套的程序使用的 MAC 地址还是 00-0a-35-01-fe-c0，如 AC606 配合 RTL8211 模块的例程。也就是本例程。所以绑定时候需要使用 00-0a-35-01-fe-c0，而不是 00-07-ed-ac-62-00。

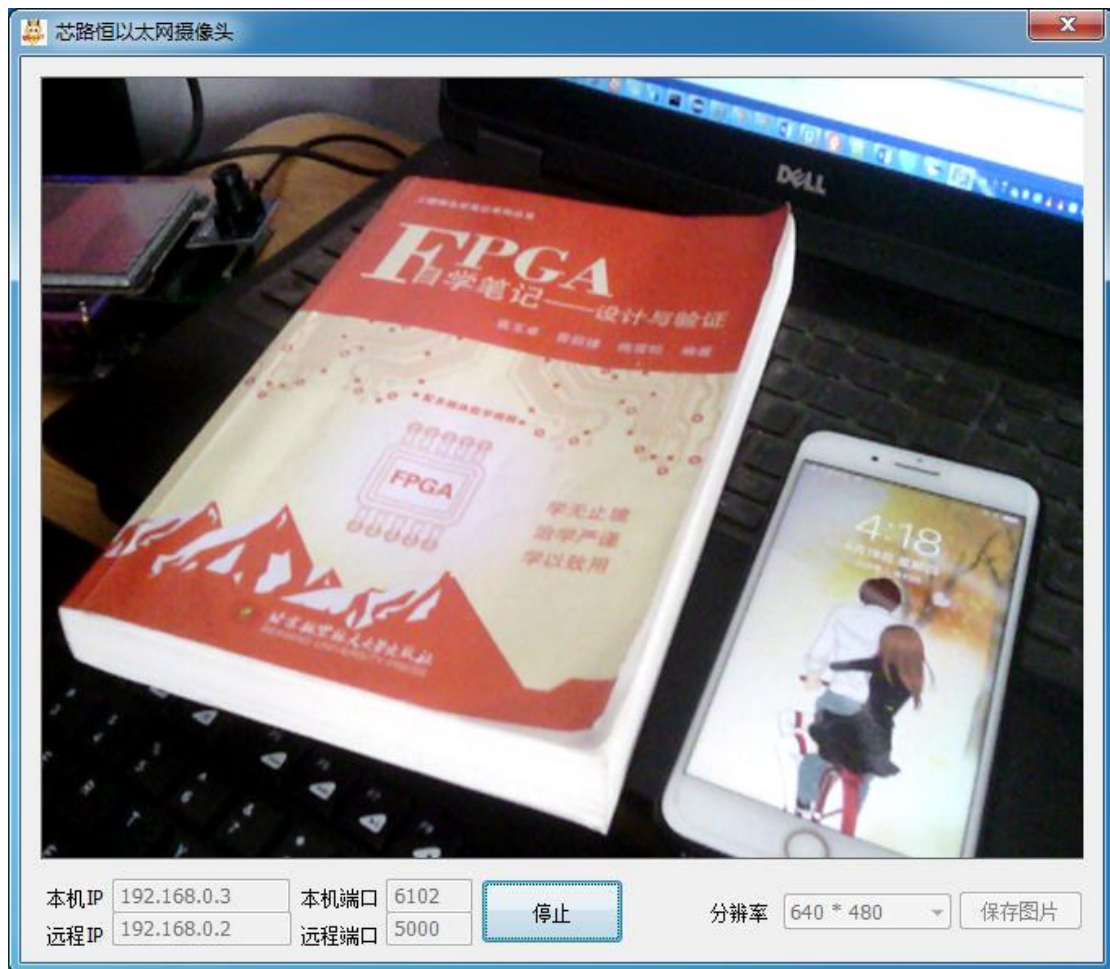
10、 打开网络调试助手（小梅哥 UDP 摄像头.exe）并按照如下所述设置各项参数。



- 本机 IP，对应当前实验所用电脑的 IP 地址，前面已经按照要求设置为了 192.168.0.3，所以这里直接填写该地址。
- 本机端口，对应当前实验所用电脑接收图像时使用的网络端口，该端口在 FPGA 程序中定义为了 6000，所以这里也要设置为 6000 才能正确显示图像。
- 远程 IP，对应 FPGA 开发板使用的 IP 地址，也就是代码中的 `src_ip` 值。例程使用的为 192.168.0.2。
- 远程端口，对应 FPGA 开发板使用的端口号，也就是代码中的 `src_port` 值，例程使用的为 5000。
- 分辨率，对应了摄像头输出的图像分辨率大小，本实验中，接口使用的分辨率为 1280\*720。
- 保存图片，该按钮在软件停止接受图像后，点击可以保存最后界面上显示的图像内容到文件。
- 连接/停止，该按钮可以开始和停止接受并显示图像，当所有参数设置好之后，点击该按钮即可开始接收并显示图像。

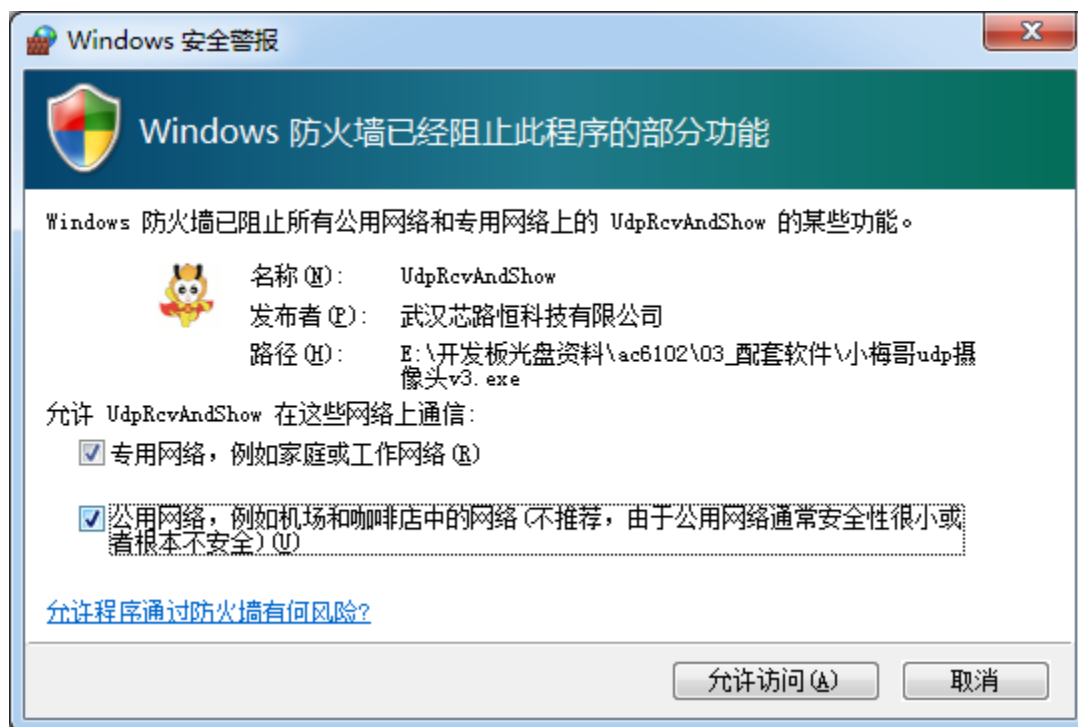
11、 设置好参数后，点击连接按钮即可开始接收并显示图像内容。





- 12、 该软件运行时需要关闭防火墙，软件自带关闭防火墙功能，点击连接时会提示是否关闭防火墙，勾选专用网络和公共网络两个选项，然后点击【允许访问按钮】即可。如果还是无法关闭，考虑软件权限不够，以管理员身份运行本软件即可。





至此，则完成了基于 FPGA 的千兆以太网接口的 UDP 协议图像发送到 PC 显示功能实验。本实验操作简单，趣味性和实用性都较强，适合大家用来学习练习。

## 实验常见问题和解答：

### 无法连接：

- 1、有可能是该 6102 端口号在你电脑上恰好被其他软件占用，可以更换任意一个端口号，再检查是否能连接上（不在乎能否出图，能连接上就行）来确定该问题，如果换了端口号能正常连接，则是端口号被占用，可在 FPGA 代码中修改 `des_port` 的值为能连接的端口号后重新编译再测试。
- 2、检查你的电脑有线网络本地连接是否连接上了。
- 3、检查你的电脑 IP 地址是否已经设置为了 192.168.0.3.

### 接收不到图像

- 1、接收不到图像的情况下，手动确认防火墙是否已经被关闭，软件自带的临时关闭防火墙功能需要软件是以管理员身份运行的，可重新使用管理员身份运行软件，如果还是无法关闭，则可在电脑设置中人工关闭防火墙。

2、 确保 OV5640 已经正确的接入了开发板。