

1 以太网回环收发测试

在测试以太网通信速率和通信质量的应用中，最常用的测试方式就是进行回环测试。所谓回环测试，就是由网络连接中的一个节点作为主机，运行测试程序，该测试程序会向被测试的设备发送以太网数据包，被测试设备收到数据后，原封不动的将接收到的数据内容通过以太网发送给主机，主机收到被测设备发回的数据后，与自己发送的数据进行比对，或者以文本的形式显示，供测试者人工对比分析。

1.1 UDP RGMII 回环测试工程介绍

为了完成基本的以太网回环测试，我们提供了一个基于 FPGA 的以太网回环测试 DEMO。该 DEMO 使用 UDP 协议，接收 PC 发送的 UDP 数据包，提取出其中的数据部分并使用 UDP 协议发回给 PC。整个系统框图如下图所示：

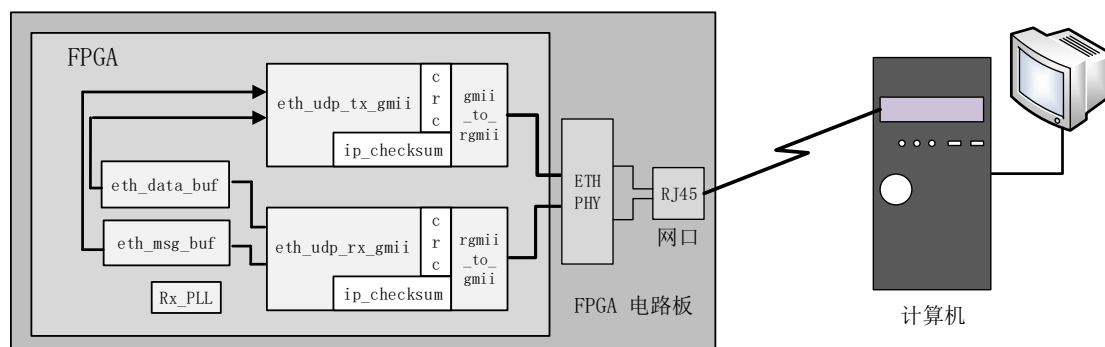


图 1-1 UDP RGMII 回环系统框图

本例程在小梅哥团队出品的 ACZ702 开发板上使用 verilog 实现以太网 UDP 协议通信。FPGA 程序接收到上位机发来的 UDP 数据包，通过解析目标 MAC address 来确定是否是发给 FPGA 的数据包。如果是的话，把数据包中的数据部分保存到 fifo 中。然后 FPGA 的发送程序再把 fifo 的数据包发送回上位机。

本例对应的例程工程压缩包名为 eth_udp_loopback_rgmii.rar，该文件可在我们提供的配套资料中找到。解压工程到不含中文或者空格的目录中，打开工程后工程结构如图 1-2 所示：

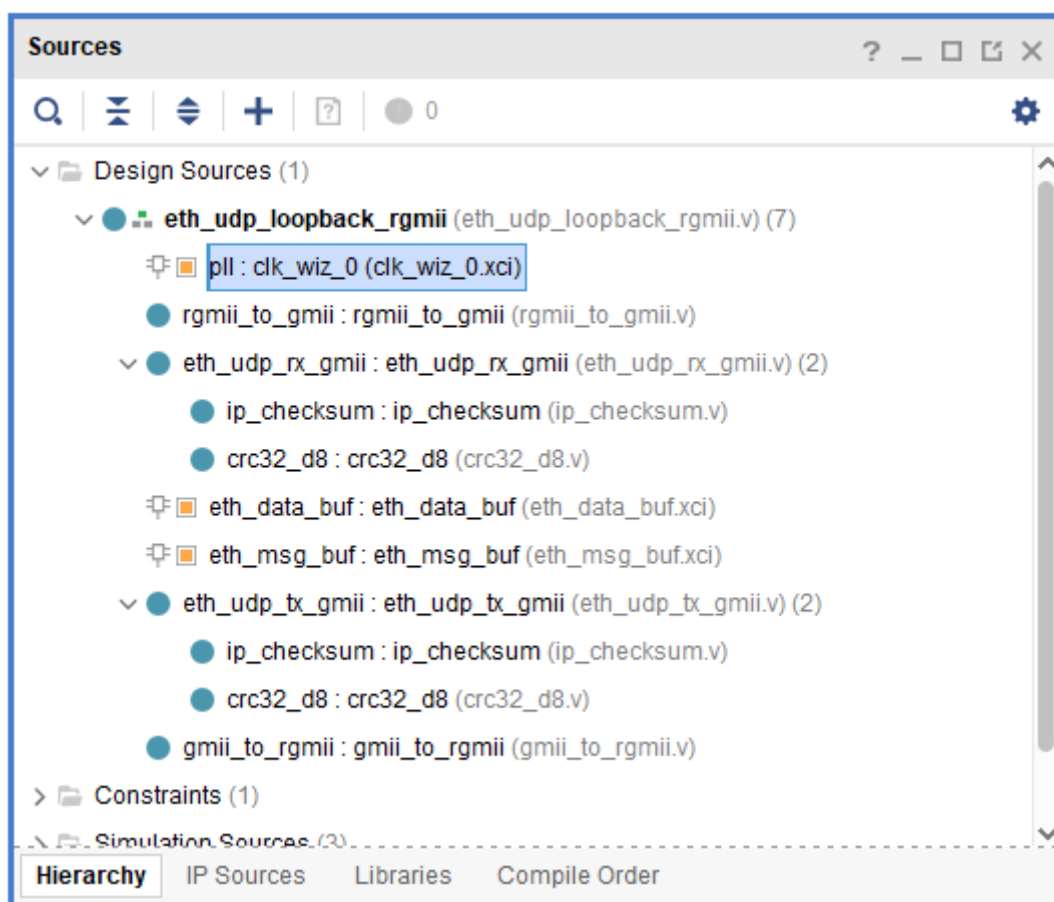


图 1-2 工程代码结构

这里简单为大家介绍下各个模块的功能：

表 1-1 模块功能介绍

模块名	功能描述
pll_clk_wiz_0 (Rx_PLL)	接收 pll 核，用于产生与 PHY 提供给 FPGA 的 rgmii_rx_clk 时钟有 90 度相移的时钟，保证 FPGA 在接收数据时，数据与时钟中心对齐。
eth_data_buf	数据缓存 fifo，用于缓存接收模块解析出的数据包中的数据
eth_msg_buf	信息缓存 fifo，用于缓存目的 MAC 地址、目的 IP 等信息
udp_rgmii_rx	UDP RGMII 接收顶层模块，例化了 rgmii_to_gmii 模块和 udp_gmii_rx 模块
udp_gmii_rx	UDP 协议接收模块，该模块能够完整的解析从以太网 PHY 的 GMII 接口收到的数据并解析得到发送方的 MAC 地址、IP 地址、UDP 报文的数据部分等。
rgmii_to_gmii	rgmii 接口到 gmii 接口转换模块，实现 rgmii 到 gmii 的转换
crc32_d8	CRC32 校验逻辑，实现对 MAC 层数据的 CRC32 校验功能
ip_checksum	IP 报头校验和计算模块，该模块通过 IP 首部校验和算法对 IP 的头部进行计算，并得出一个数值，该值用来检测数据是否出错，如果计算的结果与 IP 数据报本身包含的报头校验和不相等，则数据在传输过程中发生了错误，当被舍弃。

udp_rgmii_tx	UDP RGMII 发送顶层模块，例化了 gmii_to_rgmii 模块和 udp_gmii_tx 模块
udp_gmii_tx	UDP 协议发送模块，该模块将从 FIFO 中读取到的内容经过 UDP、IP、MAC 层协议层层打包后，通过 GMII 接口输出给以太网 PHY 芯片，以完成数据的发送。
gmii_to_rgmii	gmii 接口到 rgmii 接口转换模块，实现 gmii 到 rgmii 的转换
eth_udp_loopback_gmii	整个工程的设计顶层文件，例化了 UDP 接收和 UDP 发送模块，实现完整的回环测试功能。

1.2 UDP RGMII 回环测试工程实操

1. 使用网线将 ACZ702 开发板上 PL 侧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。使用下载线连接开发板调试接口与电脑主机的 USB 接口，如图 1-3 所示。连接完成后为开发板供电。

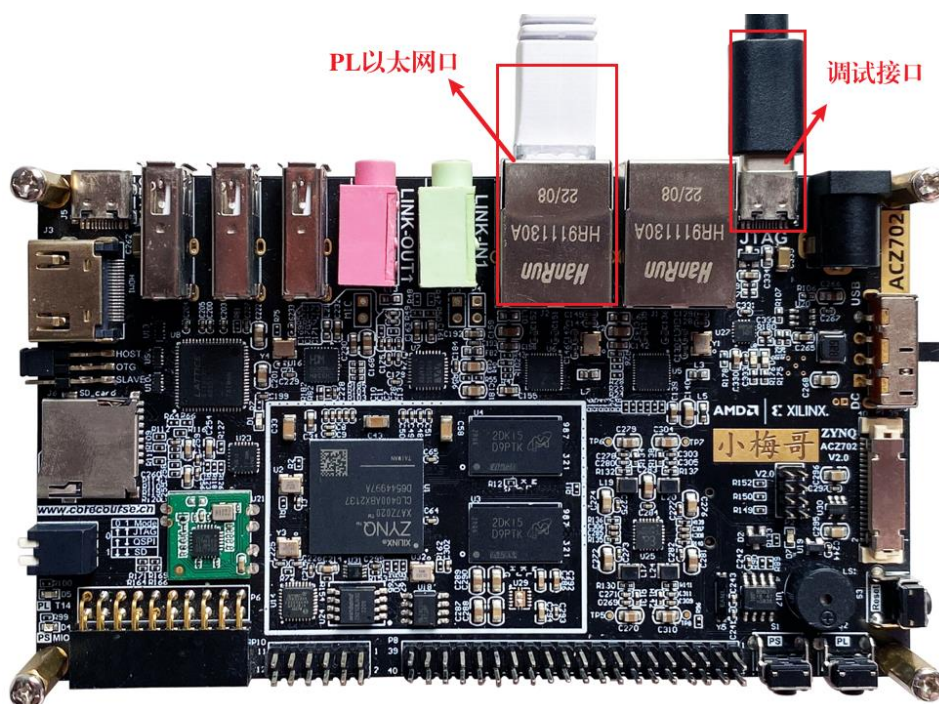


图 1-3 硬件连接

2. 双击 eth_udp_loopback_rgmii.xpr 以打开工程（强烈建议使用工程创建时候对应的版本即 Vivado 2018.3 打开，使用其他版本打开或编译遇到问题，请自行解决）。
3. 下载 bit 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。
4. 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以太网连接存在，

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 bit 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，如图 1-4 所示：



图 1-4 查看网络连接状态

5. 点击“以太网”文字，以查看该网络状态，确认当前连接速度为千兆速率（1000.0 Mbps），如图 1-5 所示：



图 1-5 查看网络速度

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，然后在弹出的属性对话框中设置静态 IP 地址（默认网关可以不设置）。如图 1-6 所示：

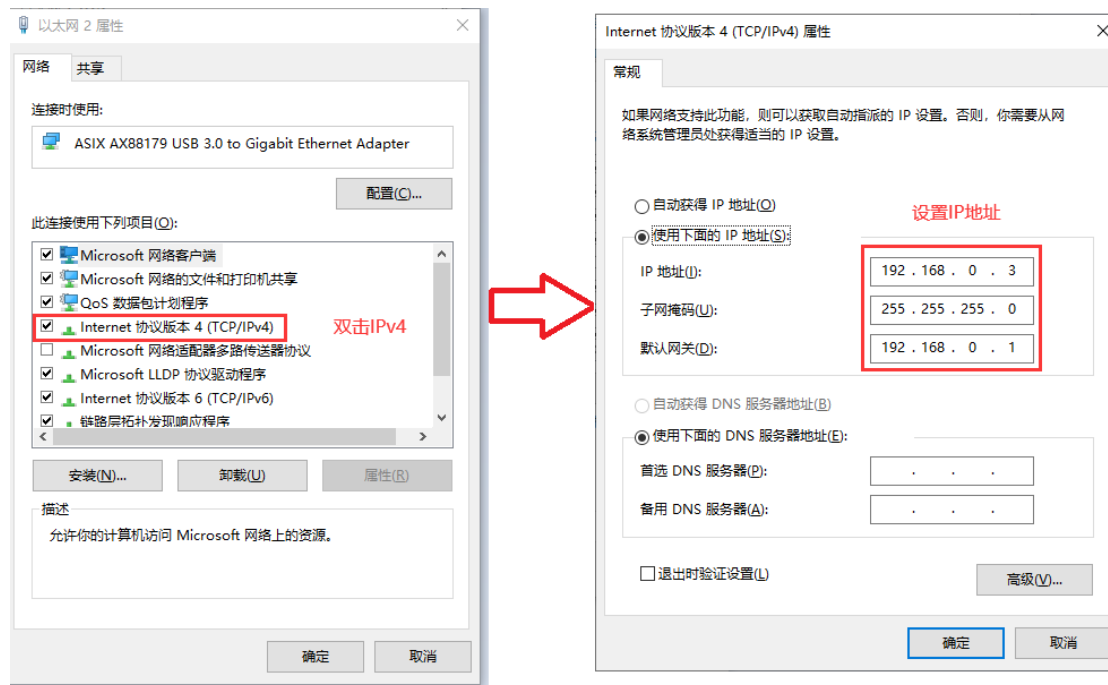


图 1-6 修改 PC 的 IP 地址

如果用户电脑中相关驱动缺失文件，会出现弹窗报错“出现了一个意外的情况，不能完成所有你在设置中所要求的更改。”导致修改失败，对于该情况用户可以参考下帖：

[设置静态 IP 时提示“出现了一个意外的情况，不能完成所有你在设置中所要求的更改”](#)

<http://www.corecourse.cn/forum.php?mod=viewthread&tid=29229>

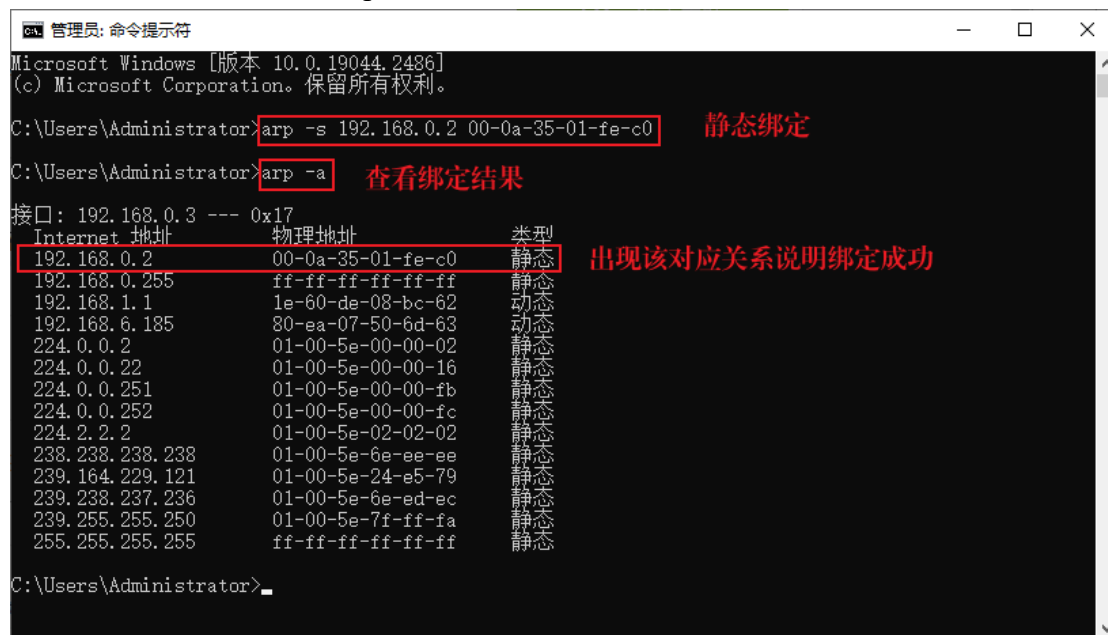
[\(出处: 芯路恒电子技术论坛\)](#)

6. 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，如图 1-7 所示：



```
管理员: 命令提示符
Microsoft Windows [版本 10.0.19044.2486]
(c) Microsoft Corporation. 保留所有权利。

C:\Users\Administrator>arp -s 192.168.0.2 00-0a-35-01-fe-c0
C:\Users\Administrator>arp -a

接口: 192.168.0.3 --- 0x17
Internet 地址      物理地址      类型
192.168.0.2        00-0a-35-01-fe-c0 静态
192.168.0.255      ff-ff-ff-ff-ff-ff 静态
192.168.1.1        1e-60-de-08-bc-62 动态
192.168.6.185      80-ea-07-50-6d-63 动态
224.0.0.2          01-00-5e-00-00-02 静态
224.0.0.22         01-00-5e-00-00-16 静态
224.0.0.251        01-00-5e-00-00-fb 静态
224.0.0.252        01-00-5e-00-00-fc 静态
224.2.2.2          01-00-5e-02-02-02 静态
238.238.238.238    01-00-5e-6e-ee-ee 静态
239.164.229.121    01-00-5e-24-e5-79 静态
239.238.237.236    01-00-5e-6e-ed-ec 静态
239.255.255.250    01-00-5e-7f-ff-fa 静态
255.255.255.255    ff-ff-ff-ff-ff-ff 静态

C:\Users\Administrator>
```

图 1-7 使用 cmd（管理员）进行静态绑定

7. 打开网络调试助手（NetAssist.exe）并按照如下所述设置各项参数，参考图 1-8。
 - 选择协议类型为 UDP。
 - 设置本地 IP 地址为 192.168.0.3。
 - 设置本地端口号为 6102（这里可以设置任意值，推荐使用 6102）。
 - 点击【连接】按钮以创建连接，连接上后该按钮为红色“断开”字样。
 - 连接上后，设置目标主机为 192.168.0.2，目标端口为 5000。
 - 在文本框中输入希望发送的文本内容。
 - 点击发送按钮，即可在上方的接收窗口中显示 FPGA 发回的数据，与发送的内容一致。
 - 在下方的计数器中，检查发送的数据个数与接收的数据个数是否一致。

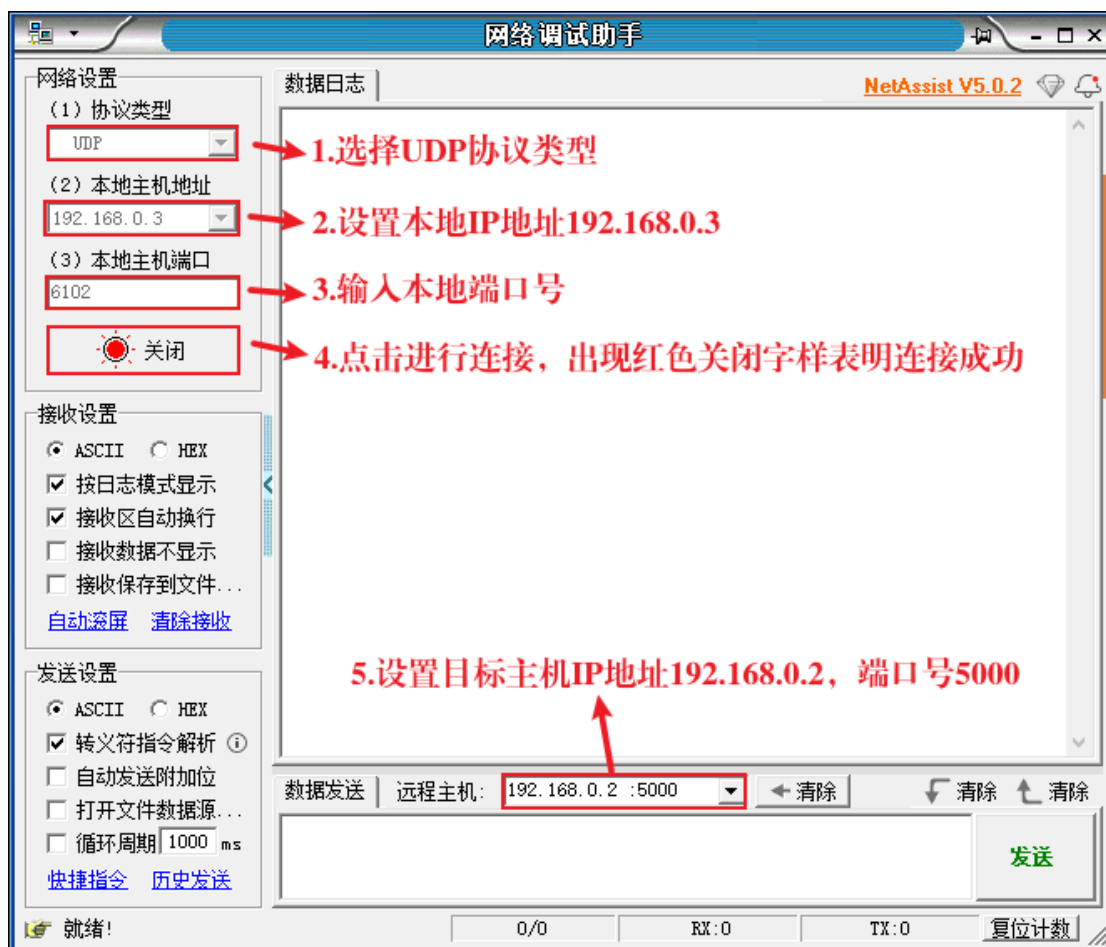


图 1-8 设置相关参数

8. 在发送窗口中输入你希望发送的数据，然后点击发送，则上方的接收窗口会接收到与发送框完全一样的内容，每点击一次发送，就会收到一次数据。在下方的计数器中可以查看发送与接收数据个数是否一致，如图 1-9 所示：



图 1-9 以太网回环测试

9. 安装网络抓包工具 Wireshark, 我们在实验的时候可以用这工具来查看 PC 网口发送的数据和接收到的数据。
10. 打开安装好的 wireshark 抓包工具。在软件界面选择您 PC 的有线网卡, 按开始按钮开始抓包, 如图 1-10。(不同的版本界面有所差异, 我们提供的是 Wireshark_win64_V1.12.4_setup.1427187922.exe)。

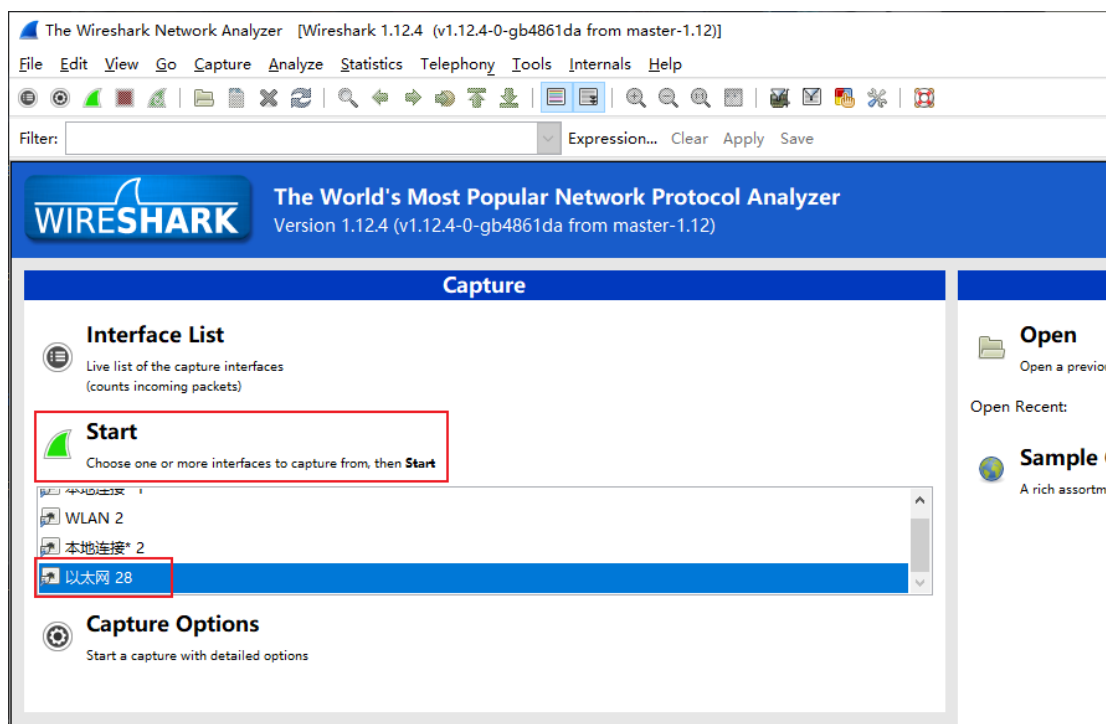


图 1-10 wireshark 主界面

在 wireshark 抓包窗口我们可以看到开发板(192.168.0.2)与 PC 网口(192.168.0.3)间传输的数据包，如图 1-11 所示：

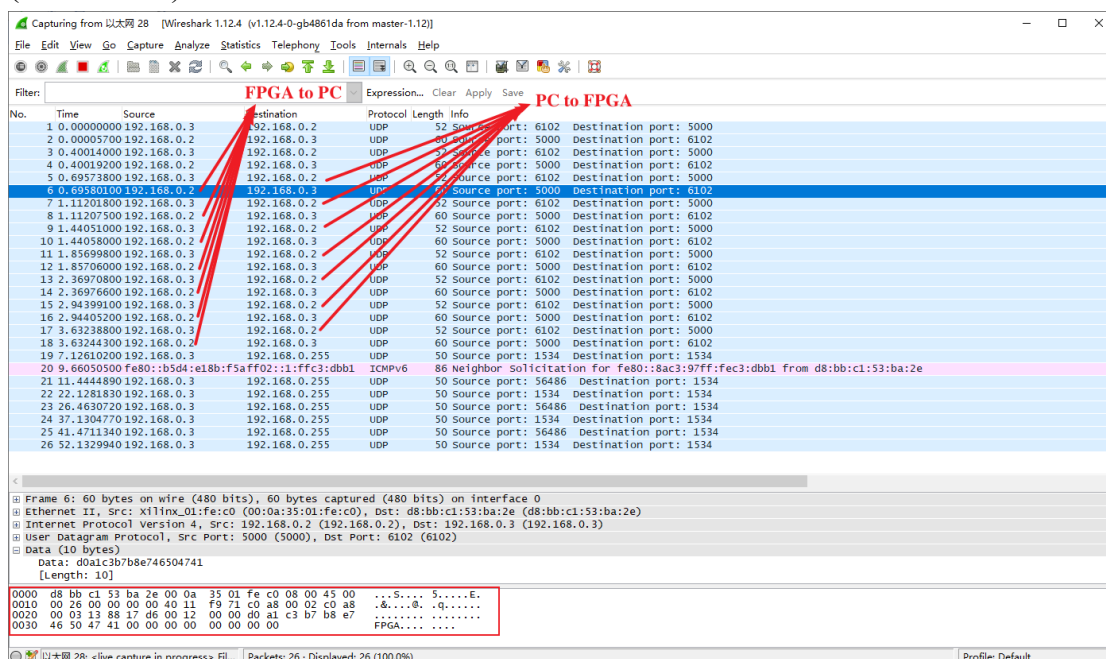


图 1-11 wireshark 抓包

可以看到每次开发板在接收到来自电脑的 UDP 协议数据后，马上会通过 UDP 协议将数据回传给 UDP，对应到网络调试助手中就是每次电脑发送“小梅

哥 FPGA”后，立马就能接收到来自 FPGA 的回传。至此，本次设计完成。在本例中介绍的设置 IP 地址、绑定 ARP 地址、wireshark 抓包、以太网调试软件的使用等内容，在后续的实验中都有可能需要，请大家留意。