第 5 章　实验 5：Hos-mips 操作系统的构建与运行

前面 4 个实验在 Nexys 4 DDR FPGA 开发板上搭建了一个基于 MIPSfpga 处理器的完整的嵌入式计算机硬件平台，该硬件平台包含一个标准 MIPS 处理器以及必要的接口设备。从本章开始，进入本书的第二部分，将在前面搭建的 MIPSfpga 硬件平台上运行一个小型的操作系统——Hos-mips。

5.1　实验目的

在本实验中，将学习在自己的个人计算机上安装并构建(build)Hos-mips 操作系统的环境，以及将生成的镜像下载到 MIPSfpga 硬件平台并使其运行起来的方法。假设实验使用的个人计算机上安装了 Windows 操作系统(Windows 7 或 Windows 10)。对于安装了 Mac OS 的用户，可以将以下介绍的安装过程中的软件替换为对应的 Mac OS 上的软件即可。

5.2　实验内容

Hos-mips 操作系统的构建涉及较多的软件工具，其中包括 Cygwin、Vivado、交叉编译器(MIPS MTI)、PuTTY、OpenOCD 等。Vivado、交叉编译器(MIPS MTI)以及 OpenOCD 的安装已经在前面做过介绍。在本实验中，只介绍 Cywin 的安装(见 5.2.1 节)，并在安装完成后构建并运行 Hos-mips 操作系统(见 5.2.2 节和 5.2.3 节)。

5.2.1　安装开发环境

1. Cygwin 的安装

Cygwin 是一个在 Windows 环境下运行的类 Linux 环境，它能够在 Windows 下提供 Linux 环境以及很多 Linux 工具。在本实验中，将用到 make、gcc、perl 这些基本工具。make 用于解析 Hos-mips 的 makefile 文件，gcc 用于编译 Hos-mips 的源代码，perl 用于解释执行 make 工具解析过程中 Hos-mips 自带的一些脚本程序。可以到 Cygwin 的官方网站下载安装程序并进行安装，网址为 https://www.cygwin.com。

需要指出的是，应根据自己的运行环境选择安装文件。例如，在图 5-1 中，如果 Cygwin 的运行环境是 32 位的，就应下载 setup-x86.exe；如果其运行环境是 64 位的，就需要下载 setup-x86_64.exe。查看自己的个人计算机的运行环境是 32 位还是 64 位的任务比较简单，而且能够在互联网上找到大量的介绍，所以就不再赘述了。

另外，Cygwin 的不同版本也可能会有细微的差别(这里以 Cygwin 的 2.6.0 版本为例)。但这些细微差别应该不会对后面的实验构成太大影响，因为只用到了它的几个基本软件包。

为了叙述方便，假设已经将 setup-x86_64.exe 文件放在 D:\Hos\tool-chains 目录中，并

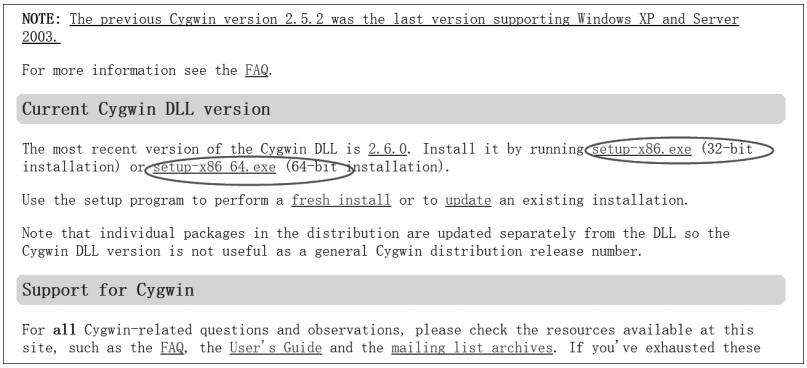

图 5-1　下载 Cygwin 的安装文件

希望将 Cygwin 安装在 D:\Hos\tool-chains\cygwin64 目录中。这里用到的环境是 64 位的 Windows 10 的专业版，其他开发环境（如 Windows 7 或者其他 32 位版本）的安装过程类似。现在开始安装过程，具体步骤如下：

（1）双击 setup-x86_64.exe 文件，启动 Cygwin 的安装程序进行安装，弹出图 5-2 所示的 Cygwin 安装向导，单击“下一步”按钮。

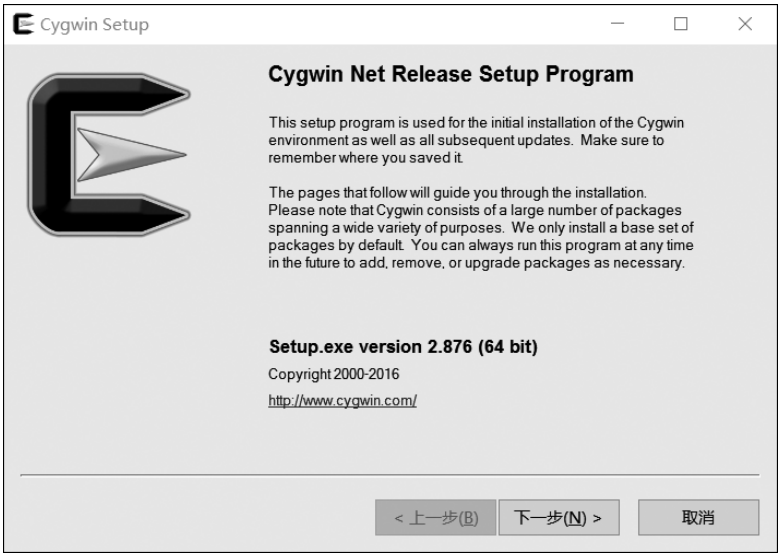

图 5-2　Cygwin 安装向导

（2）选择 Install from Internet 单选按钮，即从网络安装，如图 5-3 所示，单击“下一步”按钮。

（3）接下来选择安装目录以及安装包的缓存目录（注意，目录名中不要出现空格），如图 5-4 所示。

（4）单击“下一步”按钮，再选择安装源。需要注意的是，可以根据自己的网络连接状况选择是否使用代理，并找到最合适的安装源。这里选择的是位于教育网的镜像（http://mirrors.neusoft.edu.cn），如图 5-5 所示。

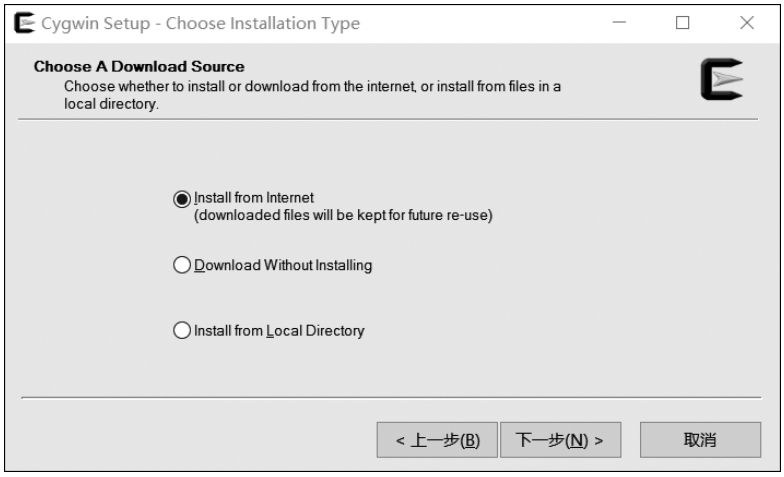

图 5-3　选择从网络安装 Cygwin

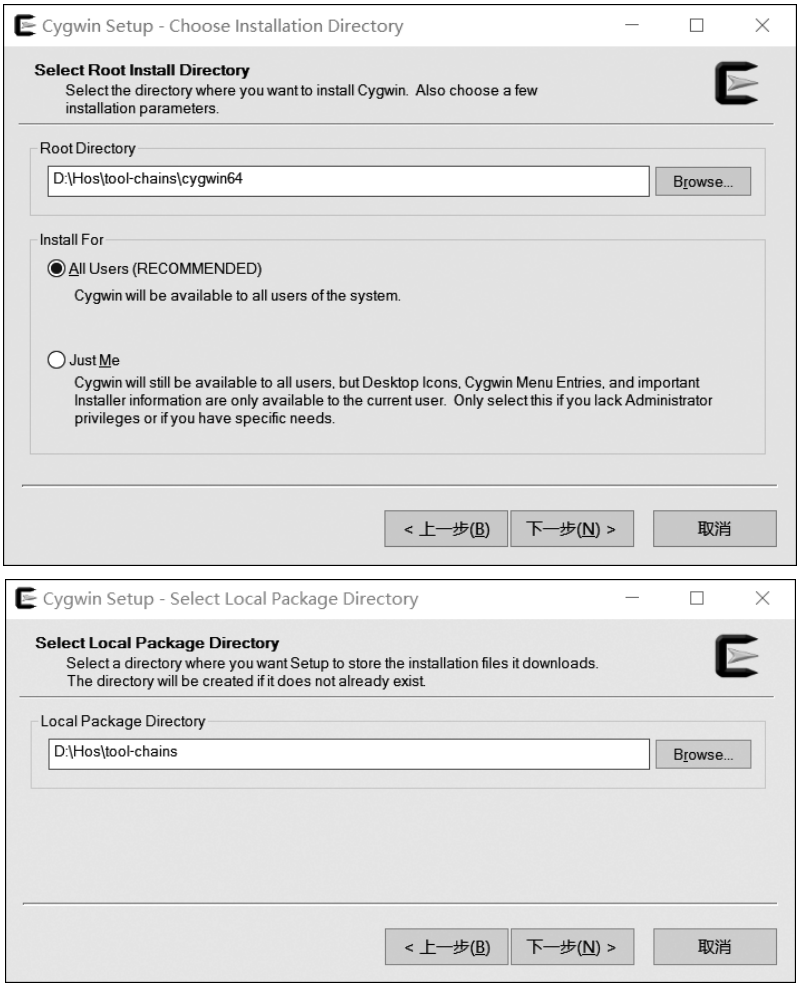

图 5-4　选择 Cygwin 的安装目录

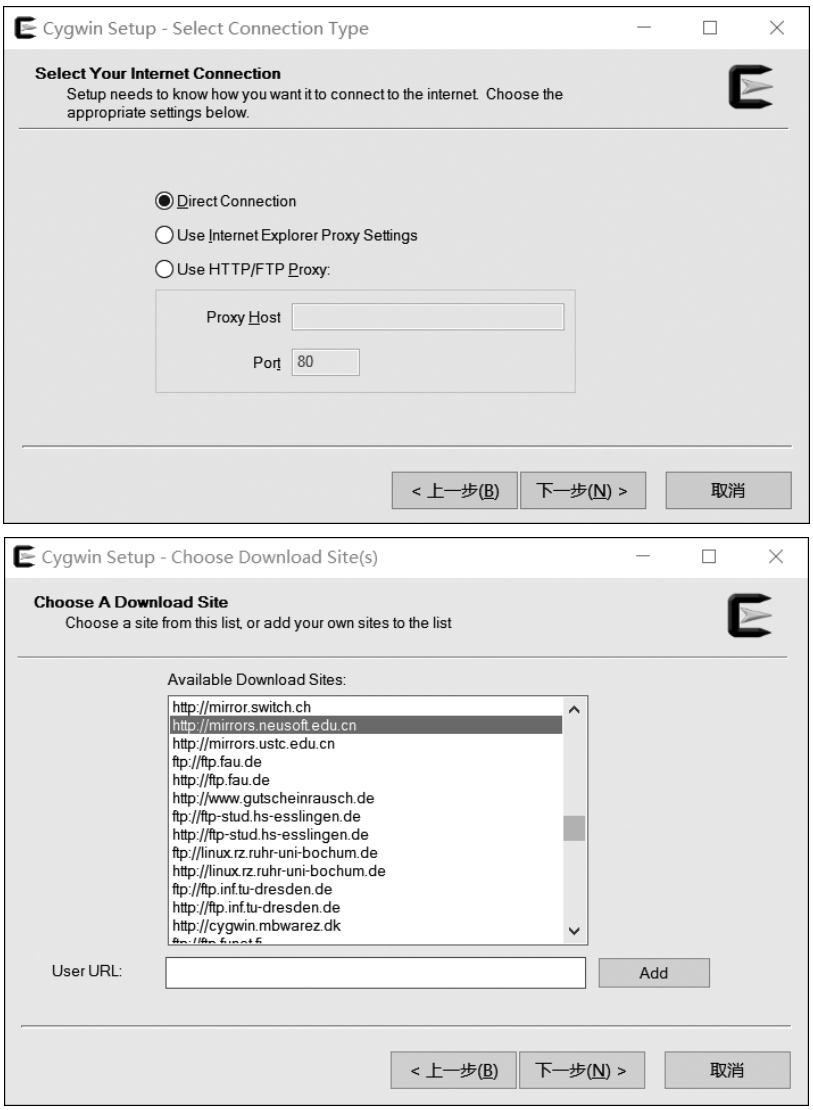

图 5-5　选择 Cygwin 的安装源

(5) 单击“下一步”按钮，Cygwin 的安装程序会从网络下载基本的安装文件，并弹出如图 5-6 所示的界面。实际上，这个界面给出的是即将安装到 D:\Hos\tool-chains\cygwin64 目录(注意，目录名中不要出现空格)的 Cygwin 的软件包，且只包含最基本的部分。该默认配置并不包括即将要用到的软件工具，所以，需要在这里安装额外的软件包。

(6) 首先安装 make 软件包，方法是在图 5-6 所示界面的 Search 文本框中输入 make，并在界面中间的安装列表刷新后，单击 Devel 前的⊞，并在展开的列表中单击 make：The GNU version of the 'make' utility 前的Skip，直到该处显示即将安装的 make 软件工具的版本为止，如图 5-7 所示。此时，千万不要单击“下一步”按钮，因为还有其他软件包需要安装。

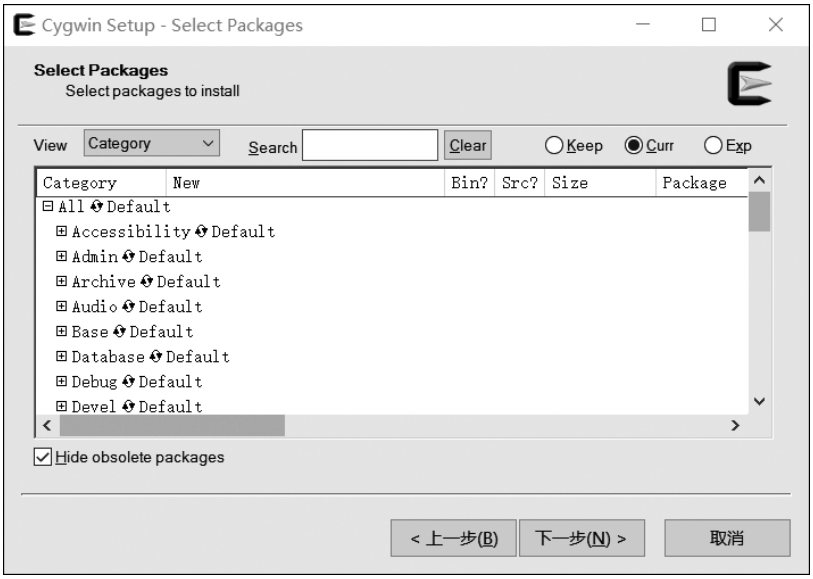

图 5-6　Cygwin 的默认配置

（7）在 Search 文本框中输入 gcc，并选择其 Devel 中的 gcc-core：GNU Compiler Collection（C，OpenMP）和 gcc-g++：GNU Compiler Collection（C++）两个选项，如图 5-8 所示。

（8）接下来选择安装 perl。同样在 Search 文本框中输入 perl，展开 Interpreters，并选择 perl：Perl programming language interpreter，如图 5-9 所示。

（9）完成以上步骤后，就可以单击“下一步”按钮，并开始真正的 Cygwin 下载和安装了。

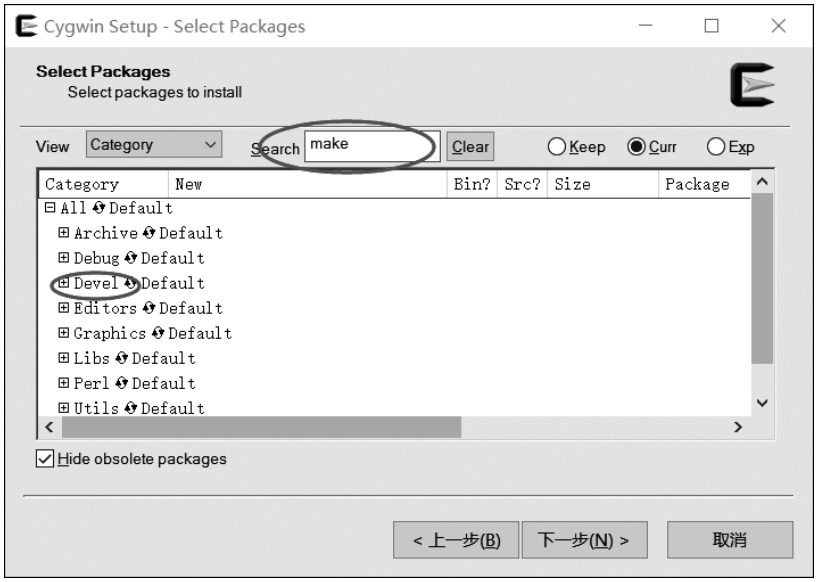

图 5-7　在 Cygwin 中选择安装 make

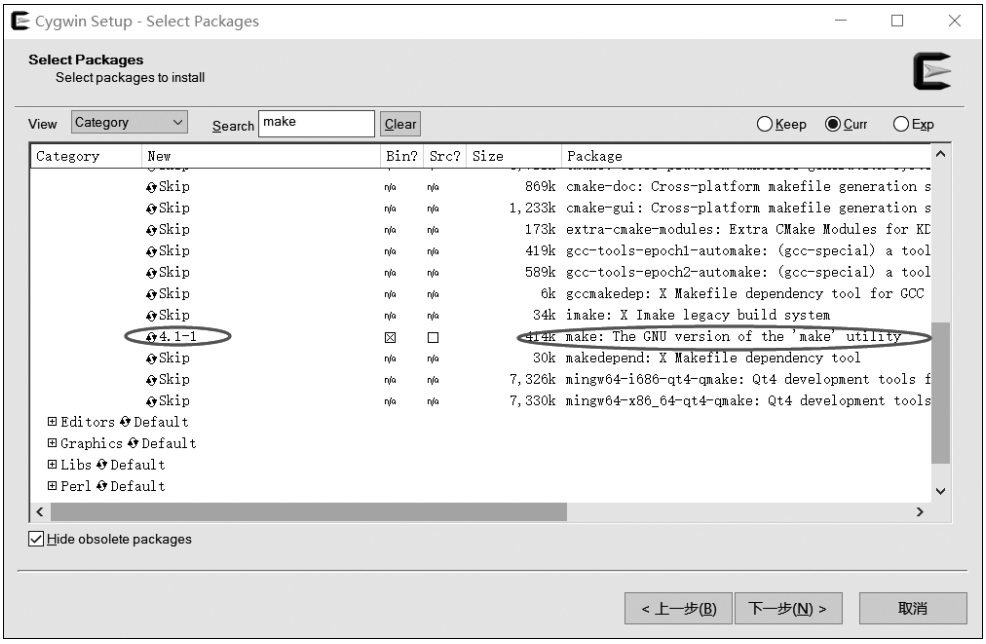

图 5-7　（续）

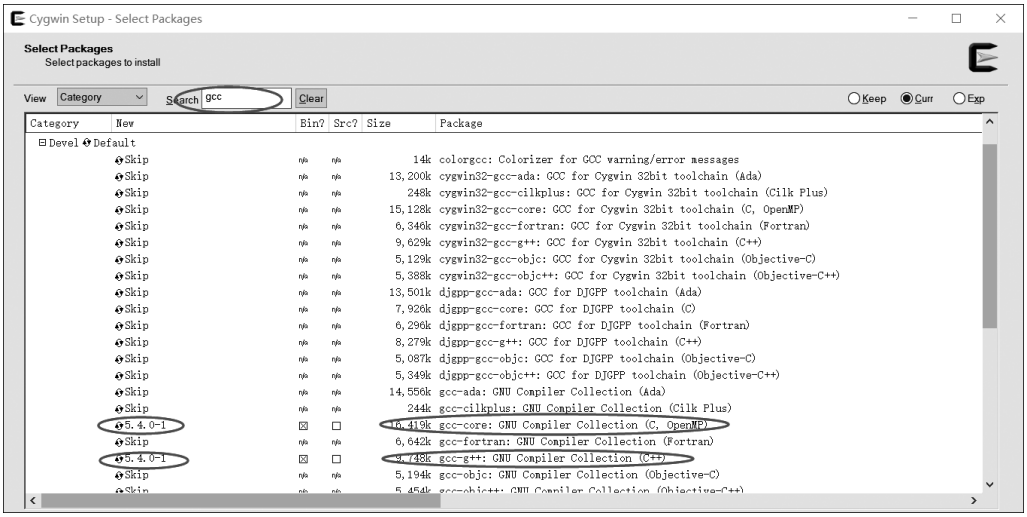

图 5-8　在 Cygwin 中选择安装 gcc

在安装的最后一个界面选择 Create icon on Desktop 复选框，如图 5-10 所示。

（10）接下来，测试 Cygwin。双击桌面上的 Cygwin64 Terminal 图标，弹出图 5-11 所示的终端界面。

（11）在图 5-11 所示的终端界面中，可以测试以前安装的软件包是否能够正常使用。分别输入 make 和 gcc 命令并按回车键，因为没有输入文件，这两个命令肯定会报错。但是，只要不出现“未找到命令”的错误，就不会影响以后的实验。

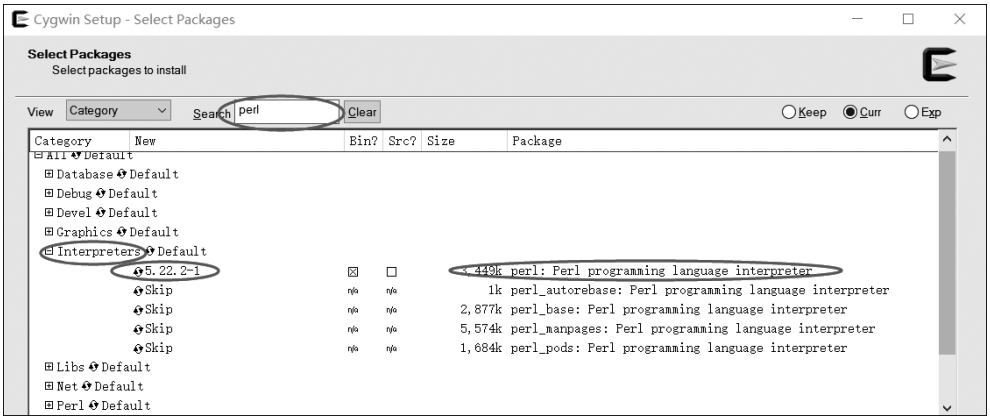

图 5-9　在 Cygwin 中选择安装 perl

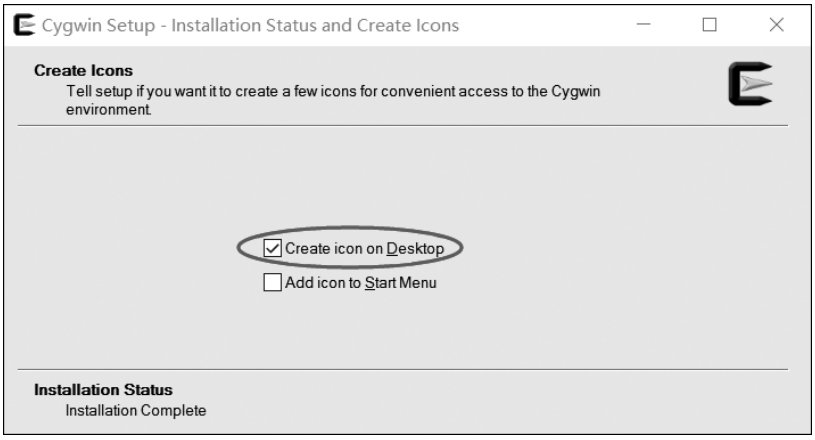

图 5-10　选择在桌面创建图标

图 5-11　Cygwin 终端界面

(12) 最后，将 Cygwin 安装目录下的 bin 子目录(这里是 D:\Hos\tool-chains\cygwin64\bin 目录)加入系统路径，方法是：在“开始”菜单中选择“控制面板”→“系统和安全”→

“系统”→“高级系统设置”命令，当显示“系统属性”对话框后，单击“环境变量”按钮，在弹出的“环境变量”对话框中，单击“新建”按钮，如图 5-12 所示。在接下来弹出的“新建用户变量”对话框中，设置“变量名”为 Path，“变量值”为 D:\Hos\tool-chains\cygwin64\bin，如图 5-13 所示。如果已经定义了 Path 环境变量，则可单击“编辑”按钮，然后添加 D:\Hos\tool-chains\cygwin64\bin 变量值。在设置完成后单击“确定”按钮，就将 Cygwin 加入了的开发环境。

图 5-12　添加环境变量

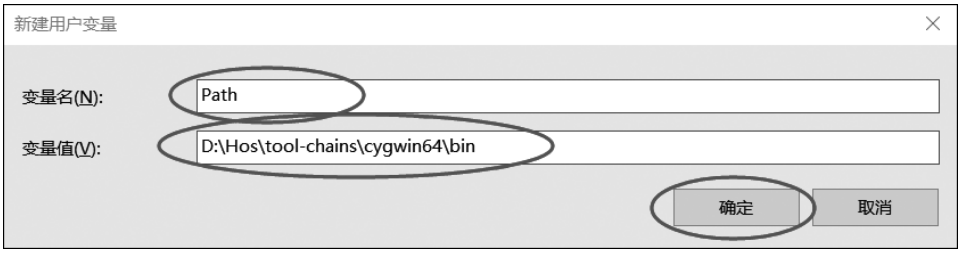

图 5-13　新建环境变量 Path

2. 下载 Hos-mips 源代码

接下来访问 https://github.com/mrshawcode/hos-mips，下载 Hos-mips 源代码。可以使用 git 工具对源代码进行复制（使用 clone 命令）。实际上，这也是较好的方法，因为这样可以跟踪自己对代码所做的所有改动。但是，如果不熟悉 git 工具，则可以单击 Download ZIP 按钮直接下载压缩包，并在本地进行解压操作，如图 5-14 所示。

现在，假设已经下载了 Hos-mips 源代码，并将其解压到 D:\Hos\hos-mips-master\目录下（注意，目录名中不要出现空格）。hos-mips-master 目录的内容如图 5-15 所示。该目录下的子目录及文件的说明见表 5-1。

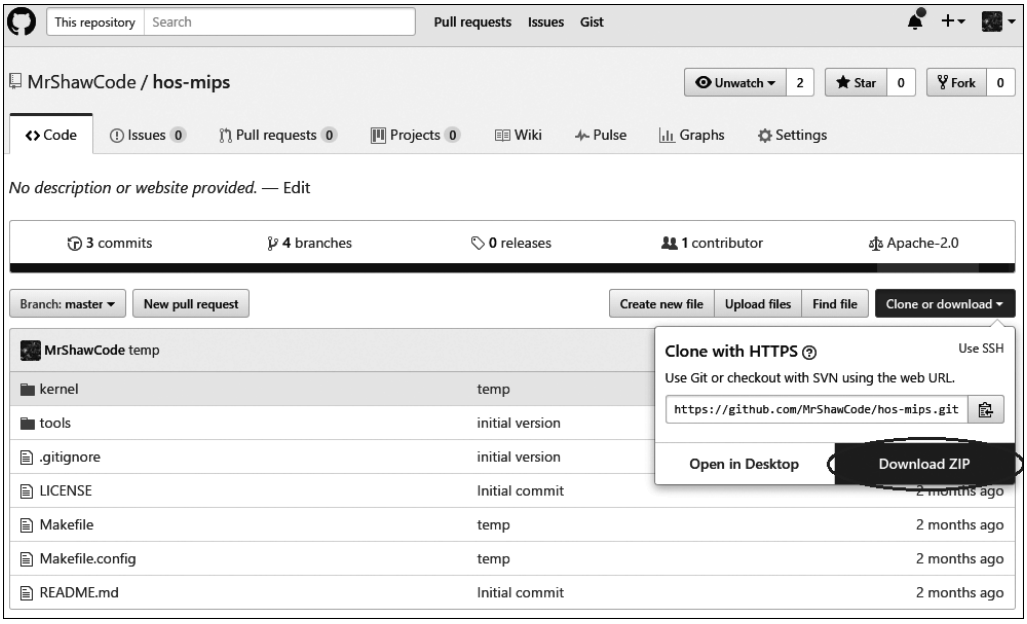

图 5-14　下载 Hos-mips 源代码

图 5-15　解压后的 hos-mips-master 目录的内容

表 5-1　hos-mips-master 的子目录及文件的说明

文件/文件夹名称	说　　明
.vscode 目录	存放 VSCode 的配置文件
debug 目录	存放用于 Hos-mips 运行的工具程序和配置文件，例如 JTAG 的启动配置文件、用于显示 Hos-mips 运行结果的 PuTTY 串口终端以及 mips-mti-elf-gdb 调试程序的配置文件(startup-ucore.txt)等
kern-ucore 目录	Hos-mips 操作系统内核的源代码
tool 目录	用于生成 sfs image 镜像的工具
user 目录	用户态代码

续表

文件/文件夹名称	说　　明
.gitignore	用于 git 的配置文件(与后面的实验无关)
Makefile	主 make 文件
Makefile.config	主 make 文件的配置文件,通过该文件可配置交叉编译器等
README.md	对于 Hos-mips 编译与使用的简单说明文件
run.bat	运行 Hos-mips 的批处理文件。在 make 命令执行后,如果成功生成了内核,则可以执行此批处理文件,在 Nexys 4 DDR FPGA 开发板上运行 Hos-mips

至此,Hos-mips 的环境配置就完成了。接下来,将构建 Hos-mips 内核,并在前面 4 个实验所构造的 MIPSfpga 硬件平台上运行该操作系统。

5.2.2　构建 Hos-mips 镜像

本节使用 Cygwin 构建 Hos-mips 系统镜像。

启动 Cygwin,并进入 Hos-mips 源代码目录,如图 5-16 所示。这里需要注意的是,Cygwin 中使用的路径是 cygpath,而 Hos-mips 源代码目录(即 D:\Hos\hos-mips-master\)对应的路径是/cygdrive/d/Hos/hos-mips-master,所以要转到该目录下,命令如下:

```
$cd /cygdrive/d/Hos/hos-mips-master
```

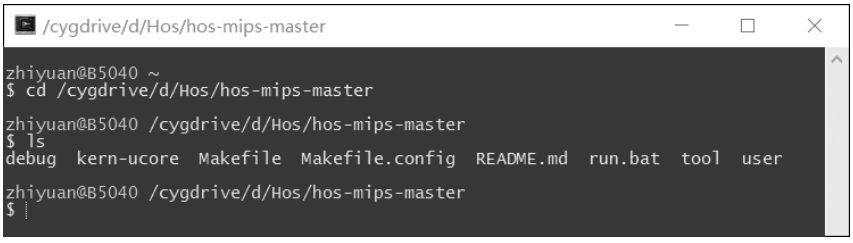

图 5-16　启动 Cygwin 并进入 Hos-mips 源代码目录

接下来,输入 make 命令开始构建系统镜像的过程。此时,应确定 Cygwin 以及交叉编译器所在的目录已经在系统路径中了。在构建过程中,如果出现找不到某命令的错误,一般是由于该命令对应的工具不在系统路径中。这时应检查是否已经正确设置了系统路径(例如,路径中是否出现了空格等)。构建时间需要一两分钟,取决于计算机的性能。构建成功后,会出现图 5-17 所示的界面。

为了进一步确保构建过程的正确性,可检查是否正确地生成了 Hos-mips 系统的镜像,输入如下命令:

```
$ls ./obj/kernel/ucore-kernel-initrd -alh
```

执行该命令后,如果获得图 5-18 所示的结果,说明 Hos-mips 系统镜像已经构建成功,且 Hos-mips 系统镜像文件(ucore-kernel-initrd)的大小为 3.1MB。