

面向 Intel FPGA 的 OpenCL 运行平台搭建

本章介绍在 Ubuntu 环境下搭建 OpenCL 运行平台的方法,主要包括 Quartus prime、OpenCL SDK、EDS 等软件的安装,DE10_nano BSP 的安装及系统环境变量的设置,SD 卡 img 文件的烧写,minicom 驱动的安装与参数设置,开发板与 PC 通过以太网实现数据传输的方法等。通过本章的学习,读者可以掌握面向 Intel FPGA 的 OpenCL 运行平台的搭建方法。

5.1 搭建 OpenCL 平台的硬件要求

本书使用的 OpenCL 运行平台需要以下软硬件部分:

- (1) 友晶科技的 DE10_nano 开发板;
- (2) microSD 卡(至少 4GB,开发板自带);
- (3) microSD 读卡器;
- (4) USB 线(A to mini-B,开发板自带);
- (5) 以太网电缆及网络路由器;
- (6) 具备以下条件的 PC。
 - USB 接口。
 - 32GB 存储器(至少 16GB)。
 - 64 位操作系统(Ubuntu 16.04 LTS)。
 - win32 Disk Imager(运行在 Windows 环境下)。
 - minicom 软件。
 - Intel Quartus Prime 软件。
 - Intel OpenCL 软件。
 - Intel SoC EDS 软件。
 - DE10_nano BSP。

5.2 面向 OpenCL 应用的 DE10_nano 开发板简介

DE10_nano 开发板是一个基于 Intel FPGA 的片上系统(system on chip, SoC)硬件设计平台,该平台结合了嵌入式 Cortex-A9 双核处理器和可编程逻辑,具有很高的设计灵活性。设计平台的资源包括:具有 110k 个可编程逻辑单元的 FPGA,型号为 CycloneV 5CSEBA6U23I7;时钟频率可达 800MHz 的双核 ARM Cortex-A9 处理器;32 位 1GB DDR3 SDRAM;1 Gigabit Ethernet PHY 等。其中,以双核 ARM 处理器、外设和存储器等组成了一个硬处理器系统(hard processor system, HPS)。

针对基于 DE10_nano 开发板的 OpenCL 开发设计需要注意以下几个问题。

(1) FPGA 的配置方式由 HPS 系统完成, HPS 系统执行存储在 SD 卡上的镜像文件。

(2) FPGA 配置方式的开关设置如图 5-1 所示,应将 MSEL[4..0]设置为 01010。开关拨到 ON 端为 0,拨到另一端为 1。

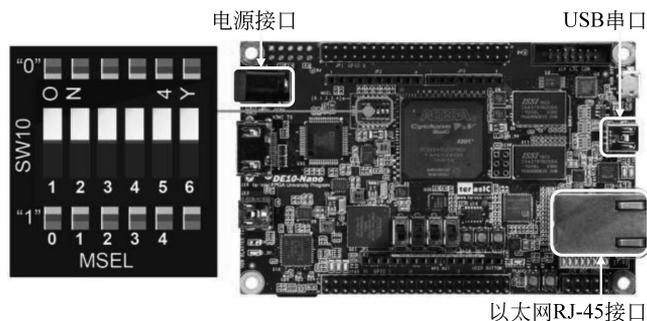


图 5-1 DE10_nano 开发板 MSEL 开关设置

(3) 开发板运行 OpenCL 程序需要连接三个接口:一是电源接口,二是 USB 串口,三是 RJ-45 网线接口。三个接口的位置在图 5-1 中进行了标识。电源接口为开发板供电,USB 串口用来实现 PC 与开发板之间的信息交互,RJ-45 网线实现 PC 与开发板之间的数据复制。

(4) 图 5-2 为 DE10_nano 开发板的 OpenCL 架构。整个 OpenCL 程序由 kernel 程序和 host 程序组成。kernel 程序由 PC 操作系统中安装的 DE10_nano 开发板的 BSP 进行编译以生成 aocx 文件,在 FPGA 可编程逻辑上运行。host 程序同样由 PC 操作系统中安装的 DE10_nano 开发板的 BSP 进行编译以生成可执行文件,由 ARM 处理器执行。

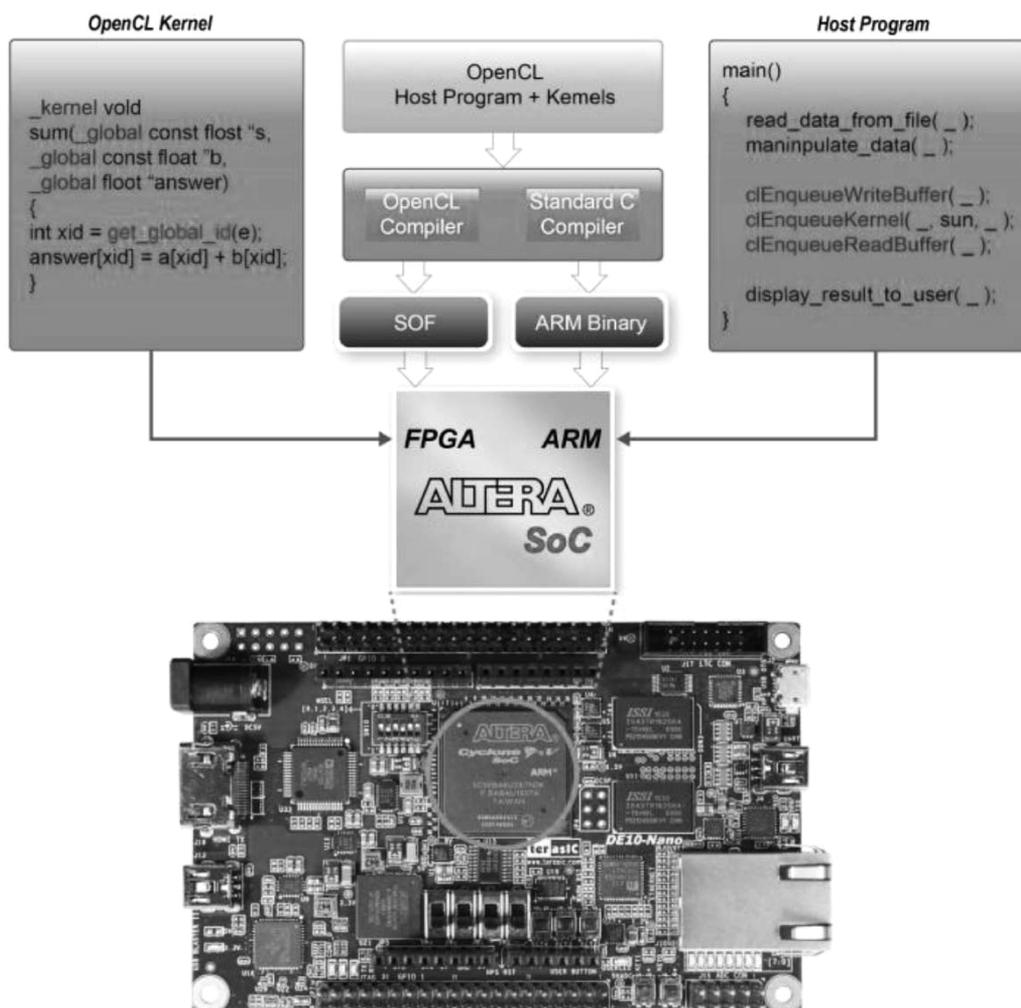


图 5-2 DE10_nano 开发板的 OpenCL 架构

5.3 平台所需软件下载

5.3.1 Quartus Prime Standard 下载

本书选用的软件版本为 18.1, 下载链接为: http://fpgasoftware.intel.com/18.1/?edition=standard&platform=linux&download_manager=d1m3。

选择版本类型: Standard。

选择版本: 18.1。

操作系统: Linux。

下载方法: 方法(1)和方法(2)任选其一。

(1) 在组合文件标签下的目录中选择下载 Complete Download 中的 Quartus-18.1.0。

625-linux-complete.tar,如图 5-3 所示。

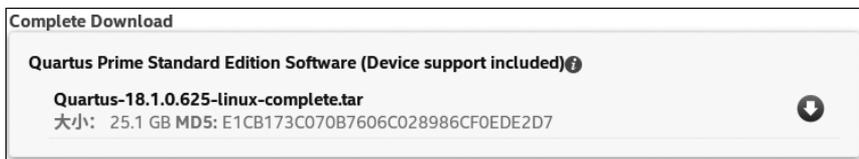


图 5-3 Quartus Prime Standard Complete 下载资源网站截图

(2) 在独立文件标签下的目录中选择下载 Quartus Prime Standard Edition 中的 Quartus Prime (includes Nios II EDS),以及 Devices 中的 Cyclone V device support,如图 5-4 所示。



(a) Quatus Prime Standard Edition



(b) Cyclone V device

图 5-4 独立下载资源网站截图

单击下载按钮后,若没有登录或没有注册过账号,则网址会提示登录或注册,按照网站提示登录或注册即可。

5.3.2 Intel FPGA SDK for OpenCL 下载

在独立文件标签中选择下载 Intel FPGA SDK for OpenCL,如图 5-5 所示。

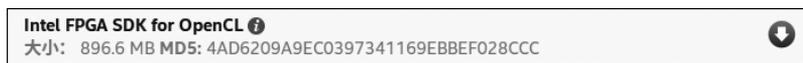


图 5-5 Intel FPGA SDK for OpenCL 下载资源网站截图

5.3.3 Intel SoC FPGA EDS 下载

在独立文件标签中选择下载 Intel SoC FPGA Embedded Development Suite Standard Edition,如图 5-6 所示。



图 5-6 Intel SoC FPGA EDS 下载资源网站截图

5.4 平台所需软件安装

5.4.1 安装 Quartus Prime Standard Edition+ Intel FPGA SDK for OpenCL

1. 安装步骤

在 Ubuntu 系统中,使用 firefox 网络浏览器的默认下载路径为“/home/用户名/下载”。注意:这里的用户名为 Ubuntu 系统当前用户的名字,作者的用户名为 ubuntu602,因此默认下载路径为“/home/ubuntu602/下载”。

按以下步骤进行操作,以 ubuntu602 作为用户名为例进行说明,读者在具体操作时,需要将 ubuntu602 替换为自己 Ubuntu 系统的当前用户名。获取当前用户名的命令为 who。

- (1) 使用组合键 Ctrl+Alt+T 打开一个终端。
- (2) 在打开的终端输入命令 sudo su。
- (3) 输入管理员密码,获得管理员权限。
- (4) 获取当前用户名,输入终端命令 who。
- (5) 根据获取到的用户名跳转到“/home/用户名”目录下。输入命令 cd /home/用户名。

注意: 用户名要用(4)中获得的真实用户名替换,作者的用户名为 ubuntu602,因此输入的命令为: cd /home/ubuntu602。

- (6) 跳转到“下载”目录下,输入终端命令 cd 下载。
- (7) 确认安装文件存在于“下载”目录下,输入终端命令 ls。
- (8) 赋予安装文件可执行权限,输入终端命令 chmod +x QuartusSetup-18.1.0.625-linux.run AOCLSetup-18.1.0.625-linux.run。
- (9) 执行安装,输入终端命令 ./QuartusSetup-18.1.0.625-linux.run。

图 5-7 为作者 PC 端安装过程中输入命令的截图。

```
ubuntu602@ubuntu602:~$ sudo su
[sudo] ubuntu602 的密码:
root@ubuntu602:/home/ubuntu602# who
ubuntu602 tty7          2019-01-29 09:40 (:0)
root@ubuntu602:/home/ubuntu602# cd /home/ubuntu602
root@ubuntu602:/home/ubuntu602# cd 下载
root@ubuntu602:/home/ubuntu602/下载# ls
AOCLSetup-18.1.0.625-linux.run  t10k-images-idx3-ubyte.gz
cyclonev-18.1.0.625.qdz        t10k-labels-idx1-ubyte.gz
NVIDIA-Linux-x86_64-410.93.run  train-images-idx3-ubyte.gz
QuartusSetup-18.1.0.625-linux.run  train-labels-idx1-ubyte.gz
SoCEDSSetup-18.1.0.625-linux.run
root@ubuntu602:/home/ubuntu602/下载# chmod +x QuartusSetup-18.1.0.625-linux.run
AOCLSetup-18.1.0.625-linux.run
root@ubuntu602:/home/ubuntu602/下载# ./QuartusSetup-18.1.0.625-linux.run
```

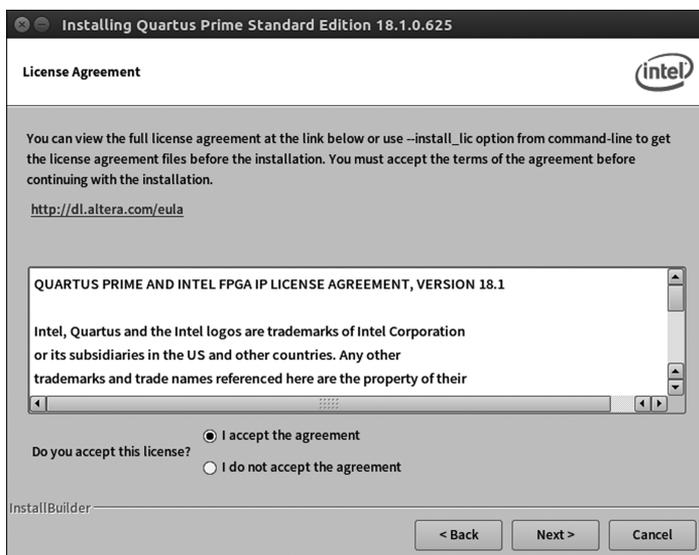
图 5-7 输入命令截图

安装过程中出现如图 5-8(a)~图 5-8(h)所示的 8 个对话框。图 5-8(b)中需要选择“I accept the agreement”选项。

注意：图 5-8(c)中的安装路径默认为“/root/intelFPGA/18.1”，因为“/root”目录采用图形界面访问不方便，因此需要将安装路径修改为“/home/intelFPGA/18.1”，如图 5-8(d)所示。如果图 5-8(e)中的信息不全，则说明相关软件没有下载到“下载”目录下，这时单击图中的 Cancel 按钮即可取消安装，完成相应软件的下载后，重新开始安装。在图 5-8(h)中只保留 Create shortcuts on Desktop 选项，然后单击 Finish 按钮完成安装。其余对话框保持默认设置即可。

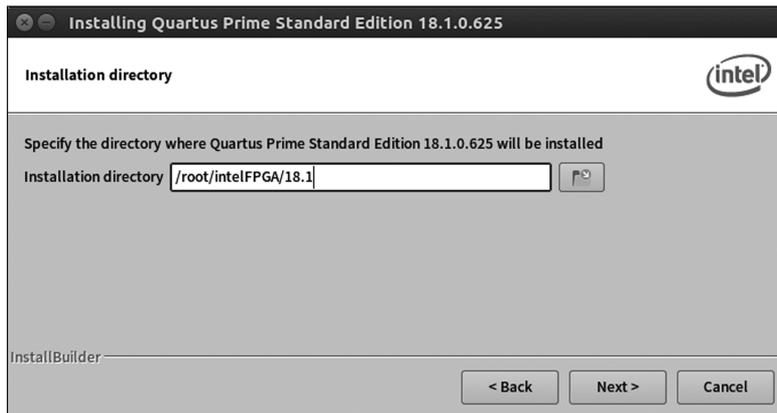


(a) 对话框1

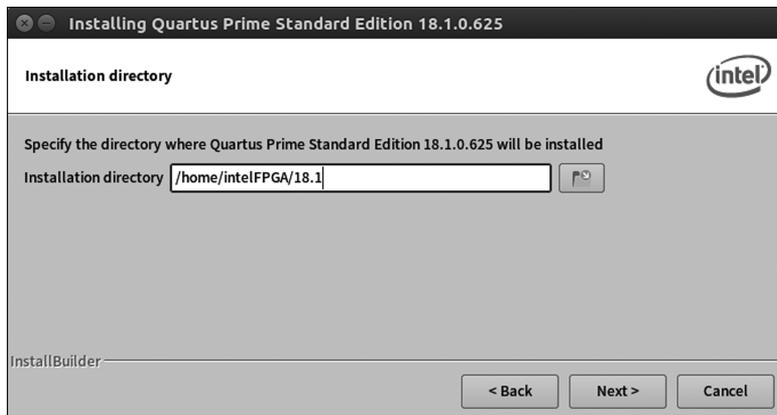


(b) 对话框2

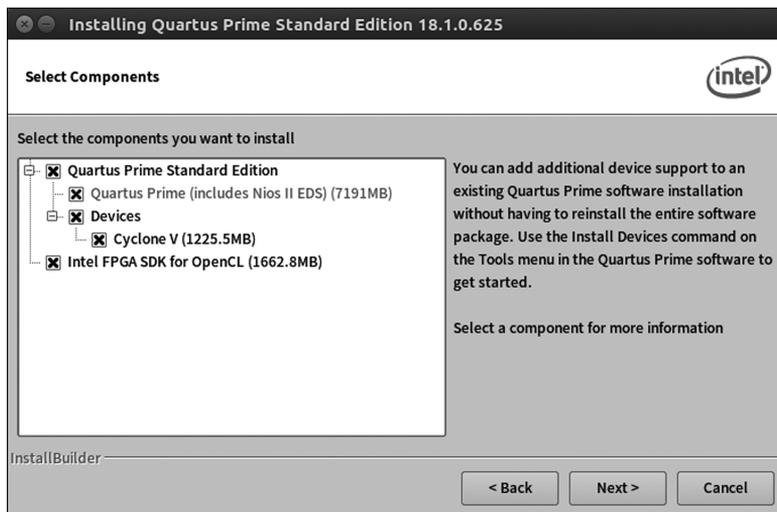
图 5-8 安装过程中出现的对话框



(c) 对话框3

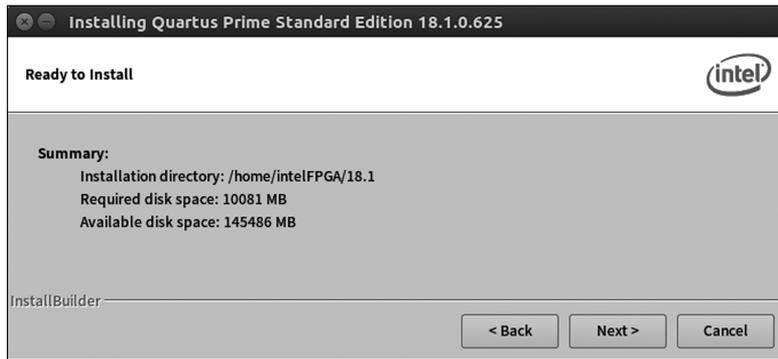


(d) 对话框4

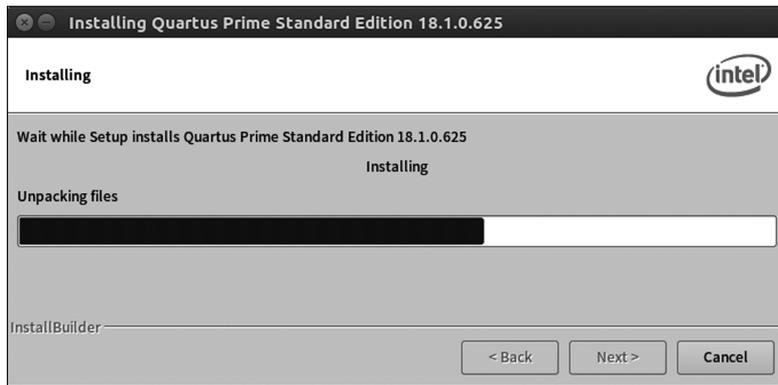


(e) 对话框5

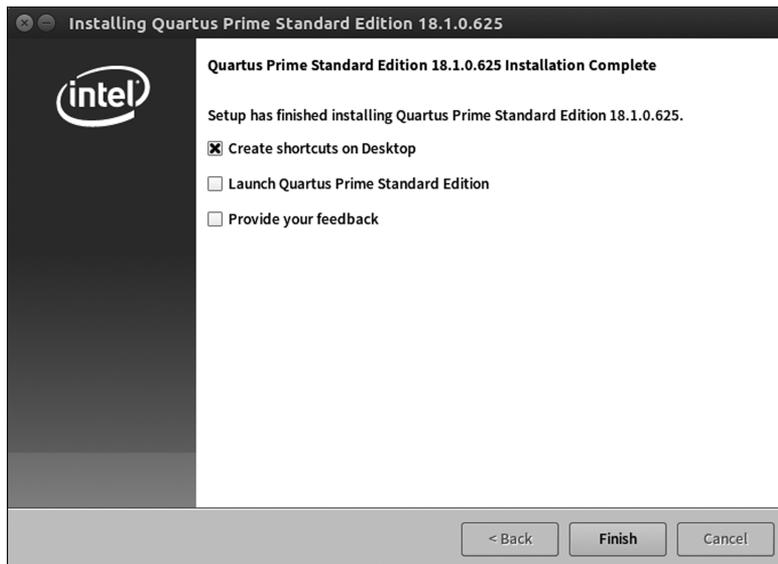
图 5-8 (续)



(f) 对话框6



(g) 对话框7



(h) 对话框8

图 5-8 (续)

若桌面快捷方式无法创建,则需要在“/home/intelFPGA/18.1/quartus/bin”目录下运行终端命令 `sudo ./quartus`。

2. License 配置

切换到“/home/intelFPGA/18.1/quartus/bin”目录下,运行命令 `sudo ./quartus`。Quartus Prime 软件第一次运行时需要配置 License,弹出如图 5-9 所示的配置请求对话框。选择最后一个选项“*If you have a valid license file, specify the location of your license file*”,单击 OK 按钮,弹出如图 5-10 所示的对话框,在 License file 信息栏中选择 License.dat 文件所在的目录,作者计算机中的 License.dat 文件在“/home/intelFPGA/”目录下,因此该信息栏显示的信息为“/home/intelFPGA/License.dat”。设置好后,单击 OK 按钮,完成 License 配置。

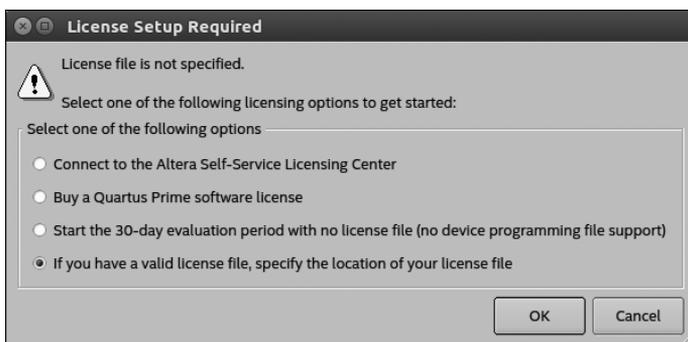


图 5-9 License 配置请求对话框

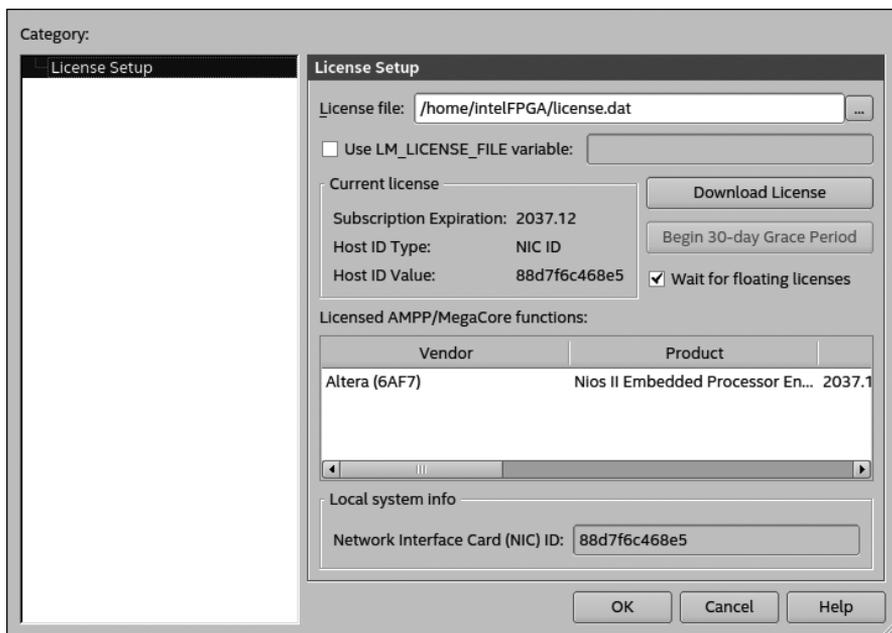


图 5-10 License.dat 文件配置

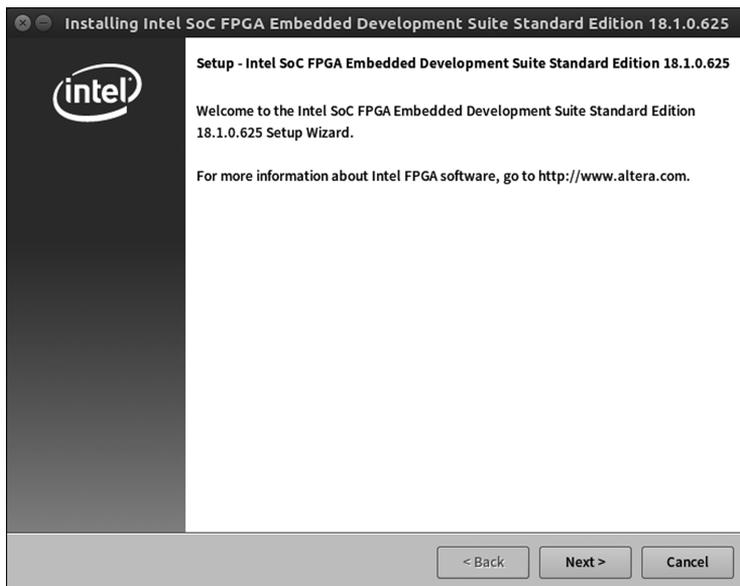
5.4.2 安装 SoCEDs

(1)~(7)重复 5.3.1 节安装步骤中的(1)~(7)。

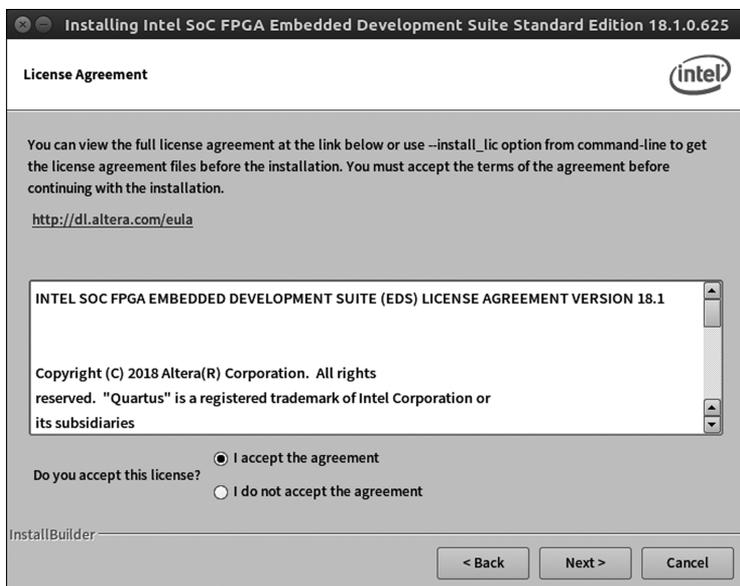
(8) 赋予安装文件可执行权限,输入命令 `chmod +x SoCEDSSetup-18.1.0.625-linux.run`。

(9) 执行安装,输入命令 `/SoCEDSSetup-18.1.0.625-linux.run`。

在安装过程中会出现图 5-11(a)~图 5-11(h)的 8 个对话框,图 5-11(b)中需要选择“I accept the agreement”选项。



(a) 对话框1



(b) 对话框2

图 5-11 SoCEDs 软件安装过程中出现的对话框