第5章

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 平台的软硬件要求

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=dlm3。

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.

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。

Quartus Prime Standard Edition Quartus Prime (includes Nios II EDS) 大小: 2.7 GB MD5: 7D26DB3BB0ED8EAB62D30FDA4EE316B1

(a) Quatus Prime Standard Edition

Cyclone V device support 大小: 1.1 GB **MD5:** 75F5029A9058F64F969496B016EE19D4

(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。

Intel SoC FPGA Embedded Development Suite Standard Edition		
大小: 2.6 GB MD5: CAD961FE44FCB94639070A076B7ED937	\mathbf{v}	
** Require 32-bit libraries, see installation manual.		

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# w	10			
ubuntu602 ttv7 2019-01-29	09:40 (:0)			
root@ubuntu602:/home/ubuntu602# co	/home/ubuntu602			
root@ubuntu602:/home/ubuntu602# co	1 下载			
root@ubuntu602:/home/ubuntu602/	5 (4%) 载# 1c			
	till impress idv? ubute ar			
AUCLSetup-18.1.0.625-LLNUX.FUN	tiok-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# ./OuartusSetup-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

Installing Quartus Prime Standard Edition 18.1.0.625			
License Agreement		(intel)	
You can view the full license the license agreement files t continuing with the installati <u>http://dl.altera.com/eula</u>	agreement at the link below or use —install_lic option from comman efore the installation. You must accept the terms of the agreement t on.	d-line to get before	
QUARTUS PRIME AND INTEL FPGA IP LICENSE AGREEMENT, VERSION 18.1			
or its subsidiaries in the U	S and other countries. Any other		
trademarks and trade names referenced here are the property of their			
•			
Do you accept this license?	I accept the agreement I do not accept the agreement		
InstallBuilder	< Back Next >	Cancel	

(b)对话框2

图 5-8 安装过程中出现的对话框

🛞 😑 Installing Quartus Prime Standard Edition 18.1	.0.625
Installation directory	(intel
Specify the directory where Quartus Prime Standard Edition 18.1	
Installation directory /root/intelFPGA/18.1	
InstallBuilder	
	<pre>< Back Next > Cancel</pre>

(c)对话框3

🛇 🖨 Installing Quartus Prime Standard Edition 18.1.0.625	
Installation directory	(intel)
Specify the directory where Quartus Prime Standard Edition 18.1.0.625 will be installed Installation directory //home/intelFPGA/18.1	
InstallBuilder	Cancel

(d)对话框4

😒 🖨 Installing Quartus Prime Standard Edition 18.1.0.625			
Select Components	(intel)		
Select the components you want to install			
Control Contro Control Control Control Control Control Control Control Control Co	You can add additional device support to an existing Quartus Prime software installation without having to reinstall the entire software package. Use the Install Devices command on the Tools menu in the Quartus Prime software to get started. Select a component for more information		
InstallBuilder	< Back Next > Cancel		

(e)对话框5

图 5-8 (续)

🛛 🖨 Installing Quartus Prime Standard Edition 18	.1.0.625		
Ready to Install			(intel)
Summary: Installation directory: /home/intelFPGA/18.1 Required disk space: 10081 MB Available disk space: 145486 MB			
InstallBuilder	< Back	Next >	Cancel

(f)对话框6

🕲 😑 Installing Quartus Prime Standard Edition 18.1.0.625			
Installing	(intel)		
Wait while Setup installs Quartus Prime Standard Edition 18.1.0.625			
Installing			
Unpacking files			
InstallBuilder-			
< Back Next >	Cancel		

(g)对话框7



(h) 对话框8

图 5-8 (续)

OpenCL异构计算——入门FPGA和TensorFlow神经网络

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。

🕲 🗊 License Setup Required
▲ License file is not specified.
Select one of the following licensing options to get started:
Select one of the following options
Connect to the Altera Self-Service Licensing Center
O Buy a Quartus Prime software license
 Start the 30-day evaluation period with no license file (no device programming file support)
$\textcircled{\ensuremath{\bullet}}$ If you have a valid license file, specify the location of your license file
OK Cancel

图 5-9 License 配置请求对话框

Category:				
License Setup	License Setup			
	License file: /home/intelFPGA/license.dat			
	Current license	Download License		
	Host ID Type: NIC ID	Begin 30-day Grace Period		
	Host ID Value: 88d7f6c4	58e5 🖌 Wait for floating licenses		
	Licensed AMPP/MegaCore functions:			
	Vendor	Product		
	Altera (6AF7) Ni	os II Embedded Processor En 2037.1		
	Local system info			
	Network Interface Card (NIC) ID: 8	8d7f6c468e5		
		OK Cancel Help		

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。

Se Installing Intel SoC FPGA Embedded Development Suite Standard Edition 18.1.0.625			
(intal)	Setup - Intel SoC FPGA Embedded Development Suite Standard Edition 18.1.0.625 Welcome to the Intel SoC FPGA Embedded Development Suite Standard Edition 18.1.0.625 Setup Wizard.		
interv			
	For more information about Intel FPGA software, go to http://www.altera.com.		
	< Back Next > Cancel		

(a) 对话框1

🛞 🔵 Installing Intel SoC FPGA Embedded Development Suite Standard Edition 18.1.0.625			
License Agreement			(intel)
You can view the full license the license agreement files f continuing with the installati <u>http://dl.altera.com/eula</u>	agreement at the link below or use efore the installation. You must ac on.	install_lic option f	irom command-line to get e agreement before
INTEL SOC FPGA EMBEDD	ED DEVELOPMENT SUITE (EDS)	LICENSE AGREEME	NT VERSION 18.1
Copyright (C) 2018 Altera	R) Corporation. All rights		
reserved. "Quartus" is a registered trademark of Intel Corporation or			
Its subsidiaries			•
Do you accept this license?	I accept the agreement		
	O I do not accept the agreement		
InstallBuilder			
		< Back	Next > Cancel

(b) 对话框2

图 5-11 SoCEDS 软件安装过程中出现的对话框