

Criação de uma Amazon FPGA Image (AFI) do exemplo CL hello_world

Descrição

Nesta prática vamos conectar e configurar a instância t2.2xlarge do EC2 para a implementação e síntese de um exemplo disponível no AWS EC2 FPGA Hardware and Software Development Kits. Além disso, vamos conectar e configurar a instância f1.2xlarge para carregar o projeto sintetizado e testá-lo.

O exemplo utilizado será o `cl_hello_world`, um exemplo simples que demonstra a conectividade básica Shell-para-CL, instâncias de registradores com mapeamento de memória e o uso dos switches Virtual LED e DIP. Nesse exemplo são implementados dois registradores no Espaço de memória FPGA AppPF BAR0 ([FPGA PCIe memory space overview](#)) conectado à interface OCL AXI-L. Os registradores são os seguintes:

- Hello World (offset 0x500)
- Virtual LED (offset 0x504)

O Hello World é um registrador de leitura/escrita de 32 bits. Para demonstrar o acesso correto a esse registrador, os dados escritos no registrador serão reorganizados (byte swapp), tornando os bits mais significativos como menos significativos e vice-versa. No exemplo, o valor escrito no registrador será 0xefbeadde e o valor lido após o swapp será 0xdeadbeef.

O Virtual LED é um registrador de somente leitura de 16 bits, que "sombreia" os 16 bits menos significativos do registrador Hello World, de modo que ele mantenha o mesmo valor dos bits 15: 0 que foram escritos no registrador Hello World.

O design do exemplo `hello_world` utiliza o Virtual LED e um DIP switch que consistem em dois sinais descritos no arquivo (`../../common/shell_stable/design/interfaces/cl_ports.vh`).

```
input[15:0] sh_cl_status_vdip,          //Virtual DIP.  
  
output logic[15:0] cl_sh_status_vled,    //Virtual LEDs
```

Neste exemplo, o registrador Virtual LED é usado para direcionar o sinal do LED virtual, `cl_sh_status_vled`, e o Virtual DIP switch, `sh_cl_status_vdip`, é usado para "gatilhar" o valor do registrador Virtual LED enviado ao LED virtual. Por exemplo, se o `sh_cl_status_vdip` é setado para 16'h00FF, então apenas os 8 bits do registrador Virtual LED serão sinalizados no sinal do LED virtual `cl_sh_status_vled`. Porém, se o `sh_cl_status_vdip` é setado para 16'hFFFF, então os 16 bits do registrador Virtual LED serão sinalizados no sinal do LED virtual `cl_sh_status_vled`.

Objetivos de Aprendizagem

- Conexão e configuração das instâncias t2.2xlarge e f1.2xlarge.
- Síntese do projeto `hello_world` (geração do arquivo `.tar`).
- Download da AFI, gerada a partir do projeto `hello_world`, na FPGA da instância f1.2xlarge.
- Execução do teste do projeto `hello_world`.

Parte 1 - Configurar a AWS CLI e o Amazon EC2

1- Faremos uso da AWS CLI, que é uma ferramenta de código aberto criada com base no AWS SDK for Python (Boto) que fornece comandos para interagir com os serviços da AWS.

2- A AWS CLI já foi instalada previamente nos PCs do laboratório, mas para começar a usá-la é necessário fazer a configuração. Para uso geral, o comando `aws configure` é a maneira mais rápida de configurar a AWS CLI.

A AWS CLI solicitará algumas informações de segurança, dentre elas o ID da chave de acesso da AWS e a chave de acesso secreta da AWS, que são credenciais da sua conta. Para criá-las acesse a página <https://console.aws.amazon.com/iam/home#/home>, clique em Users e crie um novo usuário com permissões de

Admin. Obtenha as informações de Access Key ID e secret Access Key. Guarde-as para usá-las posteriormente.

```
No terminal digite `` aws configure `` e insira as informações obtidas (O ID da chave de acesso da AWS e a chave de acesso secreta). Para a região insira `` us-east-1 `` e para o formato de saída defina `` json ``.
```

3- A próxima etapa é configurar os pré-requisitos para a execução de uma instância do EC2 que podem ser acessados usando o SSH. Será necessário criar um security group e uma key-pair. O procedimento será descrito nos itens a seguir.

4- Primeiro, crie um novo security group e em seguida, adicione uma regra que permite o tráfego de entrada na porta 22 para o SSH. Guarde o ID do security group para uso posterior.

```
$ aws ec2 create-security-group --group-name <SecurityGroup-name>-sg --description "Descricao do security group"

$ aws ec2 authorize-security-group-ingress --group-name <SecurityGroup-name>-sg --protocol tcp --port 22 --cidr 0.0.0.0/0
```

5- Em seguida, crie uma key pair, atribuindo um nome da sua escolha. Essa key pair permite que você se conecte à instância.

Use o comando abaixo:

```
$ aws ec2 create-key-pair --key-name <KeyPair-name> --query 'KeyMaterial' --output text > <KeyPair-name>.pem
```

Após isso, use o comando `ls` e verifique se o arquivo .pem está contido no diretório atual.

6- No Linux, é necessário alterar o modo de arquivo, de forma que somente você tenha acesso ao arquivo de chave.

```
$ chmod 400 <KeyPair-name>.pem
```

Parte 2 - Iniciar e conectar à instância

1- Criar e conectar uma instância t2.2xlarge com o Ambiente de desenvolvimento **FPGA Developer AMI**.

a) **Execute** o comando a seguir, substituindo o ID do security group e o nome da key pair, pelos obtidos na parte 1.

```
$ aws ec2 run-instances --image-id ami-702a8b0f --security-group-ids <sg-6fc17419> --count 1 --instance-type t2.2xlarge --key-name <KeyPair-name> --query 'Instances[0].InstanceId'
```

Esse comando retornará o ID da instância, que deverá ser guardado para uso posterior.

2- A inicialização da instância pode levar alguns instantes. Assim que a instância estiver em execução, o endereço de IP público que será usado para se conectar à instância será recuperado com o comando a seguir. Substitua o ID da instância pelo obtido na etapa anterior.

```
$ aws ec2 describe-instances --instance-ids <"i-0787e4282810ef9cf"> --query 'Reservations[0].Instances[0].PublicIpAddress'
```

3- Para se conectar à instância, use o endereço de IP público e a chave privada. Para isso, entre no diretório em que a key pair foi guardada e utilize o seguinte comando, substituindo o IP público pelo obtido na etapa anterior:

```
ssh -i <KeyPair-name>.pem centos@<54.183.22.255>
```

Parte 3 - Criar e Registrar uma Amazon FPGA Image (AFI)

1- Configure o HDK e configure o CLI AWS

```
$ git clone https://github.com/aws/aws-fpga.git $AWS_FPGA_REPO_DIR
$ cd $AWS_FPGA_REPO_DIR
$ source hdk_setup.sh
```

Obs: Ao usar a FPGA developer AMI a variável AWS_FPGA_REPO_DIR corresponde ao diretório /home/centos/src/project_data/aws-fpga.

Configure o AWS CLI (`aws configure`) inserindo as mesmas informações usadas na parte 1 item 2.

OBS: suas credenciais podem ser encontradas na página https://console.aws.amazon.com/iam/home?#/security_credential

2- Mudando para o diretório do exemplo `cl_hello_world`

```
$ cd $HDK_DIR/cl/examples/cl_hello_world
$ export CL_DIR=$(pwd)
```

3- Construindo a Custom Logic (CL)

Nesta etapa será gerado um DCP, que é um arquivo .tar, para criar a Custom Logic. A geração do DCP pode demorar até 3 horas para completar, porém é possível ser notificado via-email quando a compilação for concluída. Para isso, é necessário configurar notificação via SN:

```
$ export EMAIL=your.email@example.com
$ $HDK_COMMON_DIR/scripts/notify_via_sns.py
```

Após isso, é necessário verificar o e-mail e confirmar a assinatura. Uma vez que a compilação esteja completa, um e-mail será enviado notificando que a compilação foi concluída, ou seja, o DCP foi gerado.

O formato do arquivo gerado será YY_MM_DD-hhmm.Developer_CL.tar e após ser gerado estará disponível no diretório \$CL_DIR/build/checkpoints/to_aws/. Caso a configuração notificação via SN não tenha sido realizada, é necessário ficar verificando neste diretório se o arquivo já está disponível.

Para gerar o DCP use os seguintes comandos:

```
$ vivado -mode batch # Verificar se o vivado está instalado
$ cd $CL_DIR/build/scripts
$ ./aws_build_dcp_from_cl.sh -notify #Executar o script para converter o CL design para DCP.
```

4- Submetendo o Design Checkpoint para a AWS criar a AFI

Após o arquivo .tar ser gerado, é necessário que seja criado um bucket no S3 e seja feito o upload do arquivo tarball no bucket.

Para fazer o upload do arquivo tarball para S3, podem ser usadas qualquer uma das [ferramentas suportadas pelo S3](#). Por exemplo, você pode usar a CLI AWS da seguinte maneira:

```
$ aws s3 mb s3://<bucket-name> --region <region> # Criar um bucket no S3 (Escolha um nome único para o bucket)

$ aws s3 mb s3://<bucket-name>/<dcp-folder-name>/ # Criar uma pasta para seu arquivo tarball

$ aws s3 cp $CL_DIR/build/checkpoints/to_aws/*.Developer_CL.tar s3://<bucket-name>/<dcp-folder-name>/ # Fazer o upload do arquivo para o S3

$ aws s3 mb s3://<bucket-name>/<logs-folder-name>/ # Criar uma pasta para guardar seu arquivo de log
$ touch LOGS_FILES_GO_HERE.txt # Criar um arquivo temporário (temp file)
$ aws s3 cp LOGS_FILES_GO_HERE.txt s3://<bucket-name>/<logs-folder-name>/ #Copiar o arquivo de log para a pasta criada
```

Para criar a AFI use o seguinte comando:

Obs: O valor do parâmetro token, no comando, deve ser atribuído por você.

```
$ aws ec2 create-fpga-image \
  --region <region> \
  --name <afi-name> \
  --description <afi-description> \
  --input-storage-location Bucket=<dcv-bucket-name>,Key=<path-to-tarball> \
  --logs-storage-location Bucket=<logs-bucket-name>,Key=<path-to-logs> \
  [ --client-token <value> ]
```

Caso tenha dúvida na descrição do comando, verifique o exemplo abaixo:

```
aws ec2 create-fpga-image --region us-east-1 --name afi-teste-pratica1 --description afi-para-testar-pratica1 --
input-storage-location Bucket=teste-pratica1,Key=teste-pratica1-folder/18_04_19-175625.Developer_CL.tar --logs-s
storage-location Bucket=teste-pratica1,Key=teste-pratica1-log-folder/LOGS_FILES_GO_HERE.txt --client-token teste
```

A saída desse comando é composta dois identificadores referentes a AFI criada:

- **FPGA Image Identifier ou AFI ID:** este é o ID principal, usado para gerenciar a AFI através dos comandos AWS EC2 CLI e AWS SDK APIs. Este ID é regional, ou seja, se um AFI é copiado em várias regiões, ele terá uma AFI ID única diferente em cada região. Um exemplo de AFI ID é afi-06d0ffc989feeea2a.
- **Global FPGA Image Identifier ou AGFI ID:** esta é uma identificação global que é usada para se referir a um AFI dentro de uma instância F1. Por exemplo, para carregar ou limpar um AFI de um slot FPGA, você usa o AGFI ID. Uma vez que as AGFI IDs são globais (por design), permite copiar uma combinação de AFI / AMI para várias regiões, e elas funcionarão sem requerer nenhuma configuração adicional. Um exemplo AGFI ID é agfi-0f0e045f919413242.

O comando de descrição-fpga-images permite verificar o estado da AFI durante o processo de geração. É preciso fornecer o FPGA Image Identifier retornado, substitua no comando abaixo:

```
$ aws ec2 describe-fpga-images --fpga-image-ids afi-016fd6ccf3c73bf28
```

A AFI só pode ser carregada em uma instância F1 após a conclusão da sua geração e o estado AFI está configurado para disponível, como no seguinte exemplo:

```
{
  "FpgaImages": {
    {
      "State": {
        "Code": "available"
      },
      ...
      "FpgaImageId": "afi-06d0ffc989feeea2a",
      ...
    }
  ]
}
```

Após a conclusão da geração da AFI, a AWS colocará os logs na localização do bucket (s3: // /) fornecido pelo desenvolvedor. A presença desses logs é uma indicação de que o processo de criação está completo.

Parte 4 - Carregar e testar uma AFI registrada em uma instância F1

Para realizar os próximos passos, será necessário iniciar uma instância F1. Para isso, siga os procedimentos da Parte 2 e substitua o parâmetro do tipo de instância para `--instance-type f1.2xlarge`.

1- Configuração de ferramentas de gerenciamento AWS FPGA

Faça o download das ferramentas de gerenciamento FPGA, que são necessárias para carregar uma AFI em um FPGA, e configure o ambiente. Utilize os comandos abaixo:

```
$ git clone https://github.com/aws/aws-fpga.git $AWS_FPGA_REPO_DIR
$ cd $AWS_FPGA_REPO_DIR
$ source sdk_setup.sh
```

Configure as credenciais do AWS Cli como no item 1 da parte 2.

```
$ aws configure          # Setar suas credenciais
```

OBS: suas credenciais podem ser encontradas na página https://console.aws.amazon.com/iam/home?#/security_credential.

2- Carregar a AFI

Para certificar que qualquer AFI que tenha sido carregada anteriormente no slot esteja limpa, é necessário usar o seguinte comando:

```
$ sudo fpga-clear-local-image -S 0
```

Para verificar se o espaço está limpo, é necessário usar o comando:

```
bash $ sudo fpga-describe-local-image -S 0 -H
```

Se o espaço estiver limpo, a saída do comando será a seguinte:

```
$ sudo fpga-describe-local-image -S 0 -H
```

Type	FpgaImageSlot	FpgaImageId	StatusName	StatusCode	ErrorName	ErrorCode	ShVersion
AFI	0	none	cleared	1	ok	0	<shell_versi
Type	FpgaImageSlot	VendorId	DeviceId	DBDF			
AFIDevice	0	0x1d0f	0x1042	0000:00:0f.0			

Se a descrição retorna um status 'Ocupado', a FPGA ainda está executando a operação anterior em segundo plano. É necessário aguardar até que o status seja 'cleared' como acima.

Para carregar a AFI na FPGA é necessário usar o comando abaixo, substituindo o AGFI ID da AFI criada.

```
$ sudo fpga-load-local-image -S 0 -I agfi-09ed851c9ba0e59f0
```

Após isso é necessário verificar se a AFI foi carregado corretamente. A saída mostra o FPGA no estado "loaded" após a operação "load" da imagem FPGA, como abaixo:

```
$ sudo fpga-describe-local-image -S 0 -R -H
```

Type	FpgaImageSlot	FpgaImageId	StatusName	StatusCode	ErrorName	ErrorCode	ShVersion
AFI	0	agfi-0f0e045f919413242	loaded	0	ok	0	<shell versi
Type	FpgaImageSlot	VendorId	DeviceId	DBDF			
AFIDevice	0	0x6789	0x1d50	0000:00:0f.0			

3- Validando usando o Software de Exemplo CL

Cada CL exemplo vem com um software de tempo de execução sob \$ CL_DIR / software / runtime / subdiretório. é necessário "construir" o aplicativo de tempo de execução que corresponda ao AFI carregado, da seguinte forma:

```
$ cd $HDK_DIR/cl/examples/cl_hello_world
$ export CL_DIR=$(pwd)
$ cd $CL_DIR/software/runtime/
$ make all
$ sudo ./test_hello_world
```

A saída será a seguinte:

```
[centos@ip-172-31-43-99 ~]$ cd $SCL_DIR/software/runtime/
[centos@ip-172-31-43-99 runtime]$ make all
gcc -DCONFIG_LOGLEVEL=4 -g -Wall -I/home/centos/src/project_data/aws-fpga/sdk/userspace/include -I /home/centos/src/project_data/aws-fpga/hdk/common/software/include -I ./include -c -o /home/centos/src/project_data/aws-fpga/sdk/userspace/utils/sh_dpi_tasks.o /home/centos/src/project_data/aws-fpga/sdk/userspace/utils/sh_dpi_tasks.c
gcc -DCONFIG_LOGLEVEL=4 -g -Wall -I/home/centos/src/project_data/aws-fpga/sdk/userspace/include -I /home/centos/src/project_data/aws-fpga/hdk/common/software/include -I ./include -c -o test_hello_world.o test_hello_world.c
gcc -DCONFIG_LOGLEVEL=4 -g -Wall -I/home/centos/src/project_data/aws-fpga/sdk/userspace/include -I /home/centos/src/project_data/aws-fpga/hdk/common/software/include -I ./include -o test_hello_world /home/centos/src/project_data/aws-fpga/sdk/userspace/utils/sh_dpi_tasks.o test_hello_world.o -lfpga_mgmt -lrt -lpthread
[centos@ip-172-31-43-99 runtime]$ clear

[centos@ip-172-31-43-99 runtime]$ sudo ./test_hello_world
AFI PCI Vendor ID: 0xid0f, Device ID 0xf000
===== Starting with peek_poke_example =====
Writing 0xfbeadde to HELLO_WORLD register (0x00000000000000500)
===== Entering peek_poke_example =====
register: 0xdeadbeef
TEST PASSEDDResulting value matched expected value 0xdeadbeef. It worked!
Developers are encouraged to modify the Virtual DIP Switch by calling the linux shell command to demonstrate how AWS FPGA Virtual DIP switches can be used to change a CustomLogic functionality:
$ fpga-set-virtual-dip-switch -S (slot-id) -D (16 digit setting)

In this example, setting a virtual DIP switch to zero clears the corresponding LED, even if the peek-poke example would set it to 1.
For instance:
# sudo fpga-set-virtual-dip-switch -S 0 -D 1111111111111111
# sudo fpga-get-virtual-led -S 0
FPGA slot id 0 have the following Virtual LED:
1010-1101-1101-1110
# sudo fpga-set-virtual-dip-switch -S 0 -D 0000000000000000
# sudo fpga-get-virtual-led -S 0
FPGA slot id 0 have the following Virtual LED:
0000-0000-0000-0000
[centos@ip-172-31-43-99 runtime]$
```

Parte 5: Fechando a Sessão

Depois de terminar sua sessão, você pode "Parar" ou "Terminar" sua instância. Se você 'Terminar' a instância, seu volume raiz será excluído. Você precisará criar e configurar uma nova instância na próxima vez que precisar trabalhar na F1. Se você parar a instância, o volume do root é preservado e a instância interrompida pode ser reiniciada mais tarde, não precisando mais passar por etapas de configuração. A AWS não cobra por instâncias interrompidas, mas pode cobrar por qualquer volume EBS anexado à instância.

- Feche a sessão remota

```
$ exit
```

- Retorne para o EC2 Dashboard: <https://console.aws.amazon.com/ec2>
- Selecione **Instances** no menu lateral esquerdo.
- Selecione a Instância que está sendo executada, clique **Actions**, escolha **Instance State** e em seguida, clique em **Terminate**.
- Selecione **Elastic Block Store** no menu lateral esquerdo e clique em **Volumes**.
- Selecione os volumes listados na tela, clique em **Actions**, e em seguida, clique em **Delete Volumes**.

Referências

- Amazon Web Services. Hardware Development Kit (HDK) e Software Development Kit (SDK) [internet]. [Acesso em: 26 dez. 2017]. Disponível em: <https://github.com/aws/aws-fpga/tree/master/hdk/cl/examples>
- Amazon Web Services. Instâncias F1 do Amazon EC2 [internet]. [Acesso em: 26 dez. 2017]. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/ec2/instance-types/f1/>
- Amazon Web Services. Documentação do Amazon Elastic Compute Cloud [internet]. [Acesso em: 26 dez. 2017]. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/documentation/ec2/>