OpenCL

Лекторы:

Боресков А.В. (ВМиК МГУ)

Харламов А.А. (NVidia)

Основы OpenCL

OpenCL – открытый кроссплатформенный стандарт для параллельных вычислений на гетерогенных устройствах

Изначально разработан Apple, сейчас поддерживается Khronos Group,

Первая версия (1.0) – конец 2008 года

Поддерживает GPU, CPU, Cell, DSP и многие другие устройства

Основы OpenCL

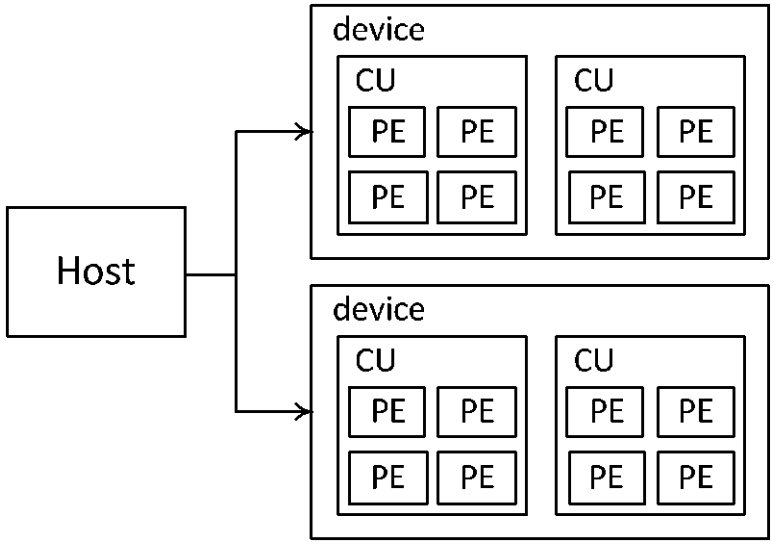
Основан на следующих обобщенных моделях

- Platform model
- Memory model
- Execution model
- Programming model

OpenCL platform model

Платформа состоит из хоста (CPU) и одного или нескольких вычислительных устройств

Каждое устройство состоит из вычислительных блоков (Compute Unit), которые состоят из Processing Elements (PE)



OpenCL platform model

Получение списка доступных платформ

```
cl_int clGetPlatformIDs (
        cl_uint numEntries,
        cl_platform_id * platforms,
        cl_uint * numPlatforms );
```

Получение списка доступных платформ

```
cl_platform_id    platform;
cl_device_id      device;
cl_ uint          err ;
err = clGetPlatformIDs ( 1 , &platform , NULL ) ;
if ( err != CL_SUCCESS )
{
    p r i n t f ( ”Error obtaining OpenCL platform. \n” ) ;
    return −1;
}
e r r = clGetDeviceIDs ( platform , CL_DEVICE_TYPE_GPU, 1 , &device , NULL ) ;
if ( err != CL_SUCCESS )
{
    p r i n t f ( ”Error obtaining OpenCL device. \n” ) ;
    return −1;
}
```

Получение информации о платформе

```
cl_int clGetPlatformInfo ( cl_platform_id platform ,
        cl_platform_info pname ,
        size_t valueBufSize,
        void * valueBuf,
        size_t * valueSize );
```

Получение устройств и информации об устройстве

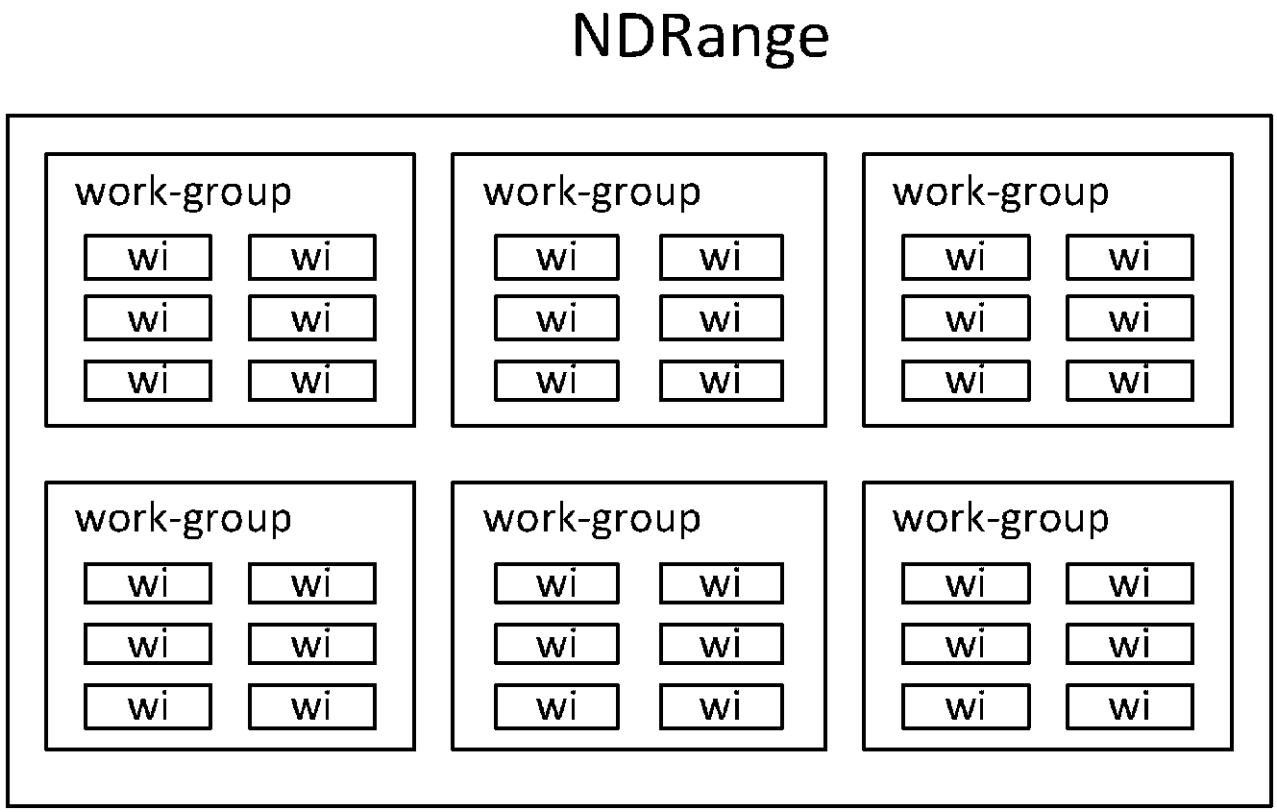
```
cl_ int clGetDeviceIDs (
     cl_platform_id platform,
     cl_device_type deviceType,
     cl_uint numEntries,
     cl_device_id * devices,
     cl_uint * numDevices );

cl_int clGetDeviceInfo (
     cl_device_id device,
     cl_deviceInfo pname,
     size_t valueBufSize,
     void * valueBuf,
     size_t * valueSize );
```

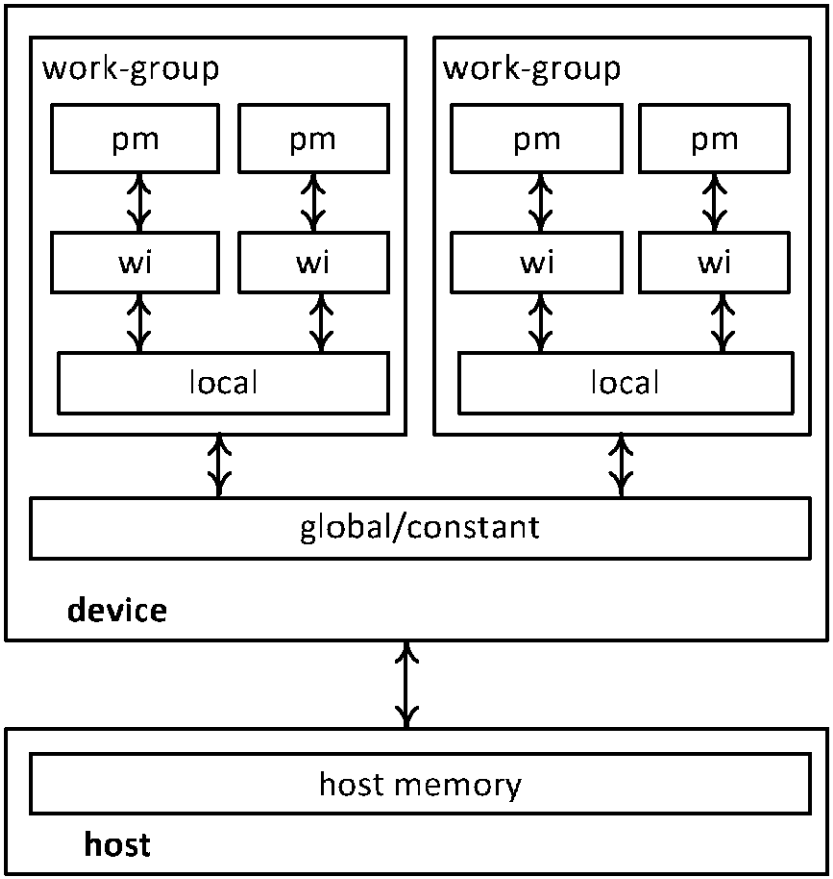
Вычислительная модель OpenCL

- Stream processing models
- Ядра (написанные на специальном основанном на C языке) запускаются на устройстве
- Ядро запускается для каждого элемента N-мерной вычислительной области (N=1,2,3) (ND-range) как work-item
- Work-item’ы группируются в work-group’ы

Вычислительная модель OpenCL



OpenCL memory model



Типы памяти – global, constant, local, private

Типы памяти в OpenCL

__global - как в CUDA

__constant - как в CUDA

__local - shared в CUDA

__private - как в CUDA

Контекст OpenCL

Контекст OpenCL содержит в себе

- Устройства
- Ядра
- Объекты программ
- Memory objects
- Command queue

Контекст OpenCL

```
cl_context clCreateContext (
  const cl_context_properties * props,
  cl_uint numDevices,
  const cl_device_id * devices,
  void (CL CALLBACK * notify) ( const char * errInfo, const void *
    privateInfo,  size_t cb, void * userData ),
  void * userData,
  cl_int * errCode );
```

Command queue

Каждый девайс должен иметь свою очередь.

В очередь помещаются запросы на

- Выполнение ядра
- Операции с памятью
- Команды синхронизации

Помещаемые команды выполняются асинхронно. Могут выполняться in-order и out-of-order

Command queue

```
cl_command_queue clCreateCommandQueue (
  cl_context_context,
  cl_device_id device,
  cl_command_queue_properties props,
  cl_ int * errCode );
```

Props

- CL_QUEUE_OUT_OF_ORDER_EXEC_MODE_ENABLE
- CL_QUEUE_PROFILING_ENABLED

Ядра

Пишутся на основанном на C99 языке из которого убраны

- Указатели на функции
- Битовые поля
- Массивы переменной длины
- Рекурсия
- Стандартные заголовки

Ядро помечается спецификатором __kernel

Ядра

Добавлены новые типы (n=2,3,4,8,16)

charN, ucharN (на хосте cl_charN, cl_ucharN)

shortN, ushortN (cl_shortN, cl_ushortN)

intN, uintN (cl_intN, cl_uintN)

longN, ulongN (cl_longN, cl_ulongN)

floatN (cl_floatN)

Пример работы с типами

```
float4 f = (float4)(1.0f, 2.0f, 3.0f, 4.0f);
float2 f1 = f.zx;
uint4  u = (uint4) (0);
float2 lo = f.lo;      // f.xy
float2 ev = f.even;    // f.xz
float  ff = f.s3;      // f.z
```

Получение информации в ядре

Функция	Что возвращает
get_num_groups(idx)	Размер ND-range в work-group'ax
get_local_size(idx)	Размер work-group в work-item'ax
get_group_id(idx)	Глобальный индекс work-group'ы
get_local_id(idx)	Локальный индекс work-item'a в текущей work-group'e
get_global_id(idx)	Глобальный индекс work-item'a в ND-range
get_global_size(idx)	Размер ND-range в work-item'ax

Функции синхронизации

```
void barrier ( cl_mem_fence_flags flags );
void mem_fence ( cl_mem_fence_flags flags );
void read_mem_fence ( cl_mem_fence_flags flags );
void write_mem_fence ( cl_mem_fence_flags flags );
```

Пример ядра

```
__kernel void test ( __global float * a, int n )
{
  int idx = get_global_id ( 0 );
  if ( idx < n )
    a [idx] = sin ( idx * 3.1415926f / 1024.0f );
}
```

Создание и компиляция программы

```
cl_program clCreateProgramWithSource (
  cl_context context,
  cl_uint count,
  const char ** strings,
  const size_t * lengths,
  cl_int * errCode );

cl_int clBuildProgram (
  cl_program program,
  cl_uint numDevices,
  const cl_device_id * devices,
  const char * options,
  void (*notify)(cl_program, void *),
  void * userData );
```

Создание ядра

```
cl_kernel clCreateKernel (
  cl_program program,
  const char * kernelName,
  cl_int * errCode );
```

Буфера

```
cl_mem clCreateBuffer (
  cl_context context,  cl_mem_flags flags,
  size_t size , void * hostPtr,
  cl_int * errCode );
cl_int clEnqueueWriteBuffer (
  cl_command_queue queue, cl_mem buffer,
  cl_bool blockingWrite,
  size_t offset, size_t numBytes,
  const void * hostPtr,
  cl_uint numEvents, const cl_event * waitList,
  cl_event * event );
```

Запуска ядра

```
cl_int clSetKernelArg ( cl_kernel kernel,
  cl_int argIndex, size_t argSize,
  const void * argPtr );

cl_int clEnqueueNDRangeKernel (
  cl_command_queue queue,
  cl_kernel kernel,
  cl_uint workDim,
  const size_t * globalWorkOffset,
  const size_t * globalSize,
  const size_t * localSize,
  cl_uint numEvents, const cl_event * waitList,
  cl_event * event );
```

Ресурсы нашего курса

- Steps3d.Narod.Ru
- Google Site CUDA.CS.MSU.SU
- Google Group CUDA.CS.MSU.SU
- Google Mail CS.MSU.SU
- Google SVN
- Tesla.Parallel.Ru
- Twirpx.Com
- Nvidia.Ru