

Архитектура и программирование массивно-параллельных вычислительных систем

■ Лекторы:

- Боресков А.В. (ВМиК МГУ)**
- Харламов А. А. (NVidia)**

Существующие многоядерные системы



Посмотрим на частоты CPU:

- 2004 г. - Pentium 4, 3.46 GHz
- 2005 г. - Pentium 4, 3.8 GHz
- 2006 г. - Core Duo T2700, 2333 MHz
- 2007 г. - Core 2 Duo E6700, 2.66 GHz
- 2007 г. - Core 2 Duo E6800, 3 GHz
- 2008 г. - Core 2 Duo E8600, 3.33 Ghz
- 2009 г. - Core i7 950, 3.06 GHz

Существующие многоядерные системы



Легко видно, что роста частоты
практически нет

- Энерговыделение \sim четвертой степени частоты
- Ограничения техпроцесса

Существующие многоядерные системы



- Таким образом, повышение быстродействия следует ждать именно от параллельности.
- Уже давно CPU используют параллельную обработку для повышения производительности
 - Конвейер
 - Multithreading
 - SSE

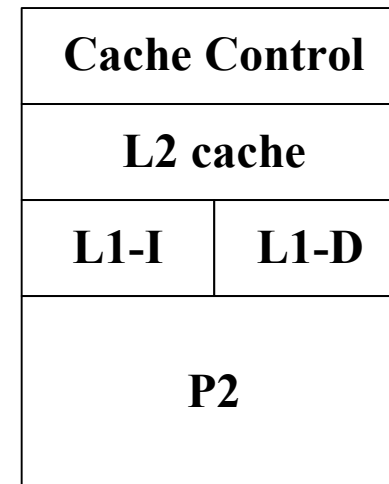
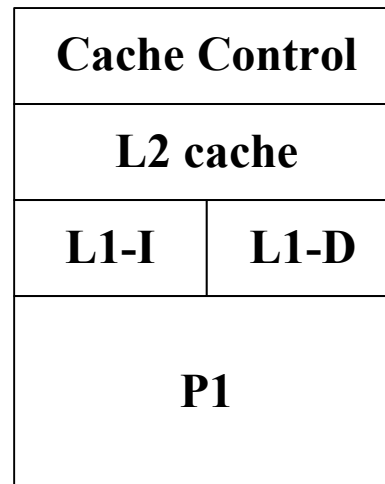
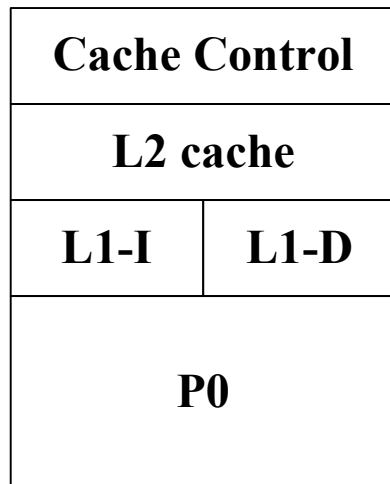
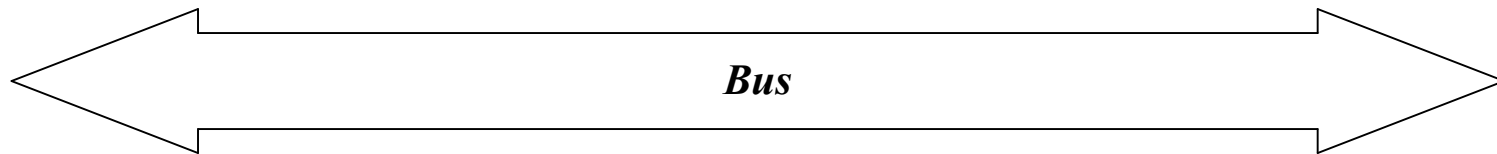
Intel Core 2 Duo



Memory Bus Controller			
L2 cache			
L1-I	L1-D	L1-I	L1-D
P0		P1	

- 32 Кб L1 кэш для каждого ядра
- 2/4 Мб общий L2 кэш
- Единый образ памяти для каждого ядра - необходимость синхронизации кэшей

Symmetric Multiprocessor Architecture (SMP)



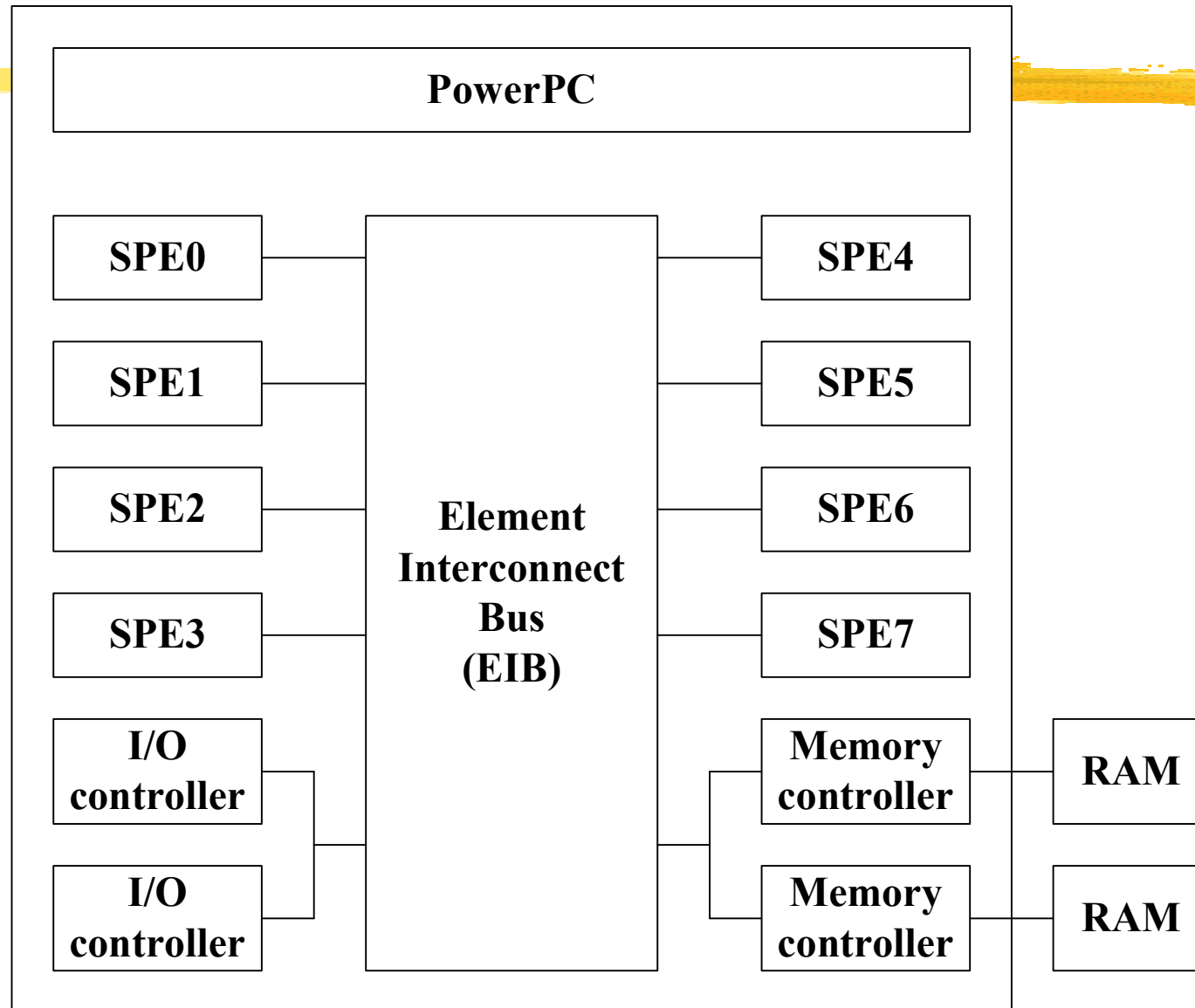
Symmetric Multiprocessor Architecture (SMP)



Каждый процессор

- имеет свои L1 и L2 кэши
- подсоединен к общей шине
- отслеживает доступ других процессоров к памяти для обеспечения единого образа памяти (например, один процессор хочет изменить данные, кэшированные другим процессором)

Cell

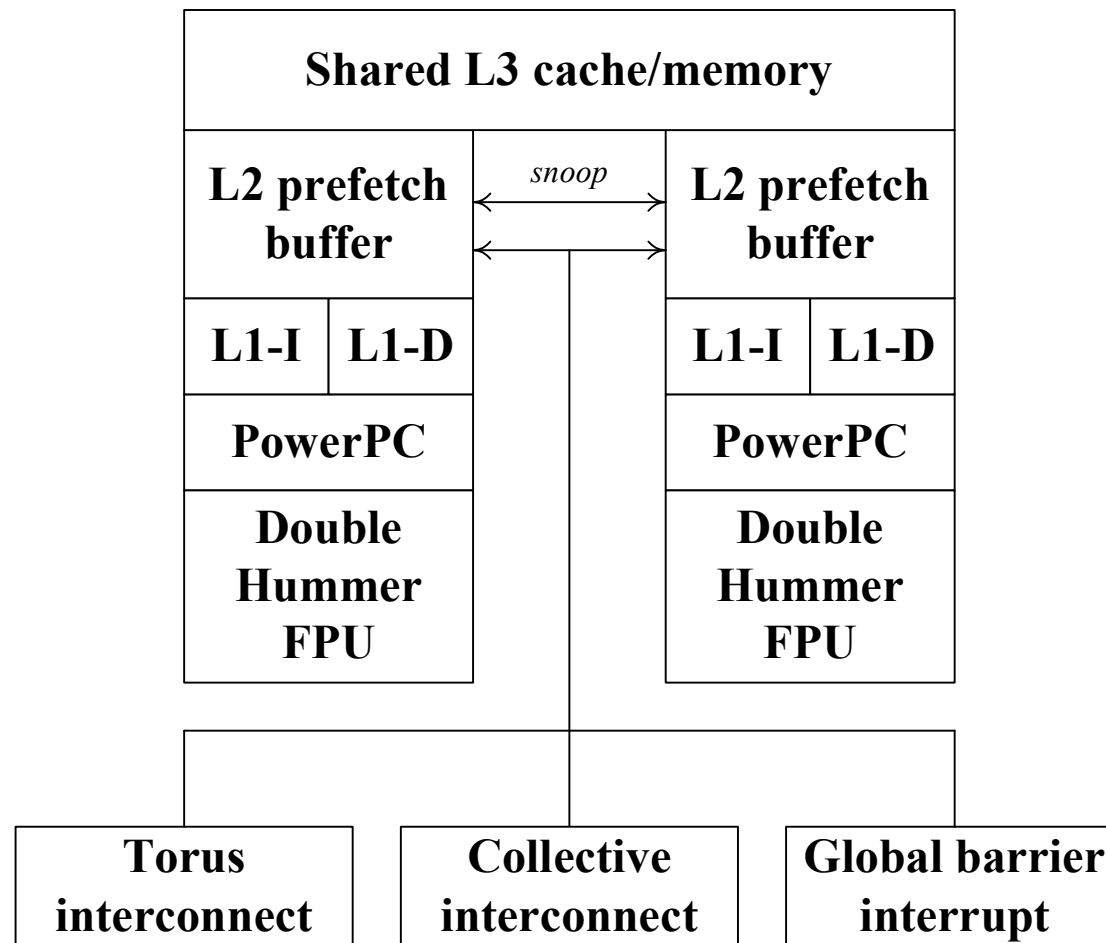


Cell



- Dual-threaded 64-bit PowerPC
- 8 Synergistic Processing Elements (SPE)
- 256 Kb on-chip на каждый SPE

BlueGene/L



BlueGene/L

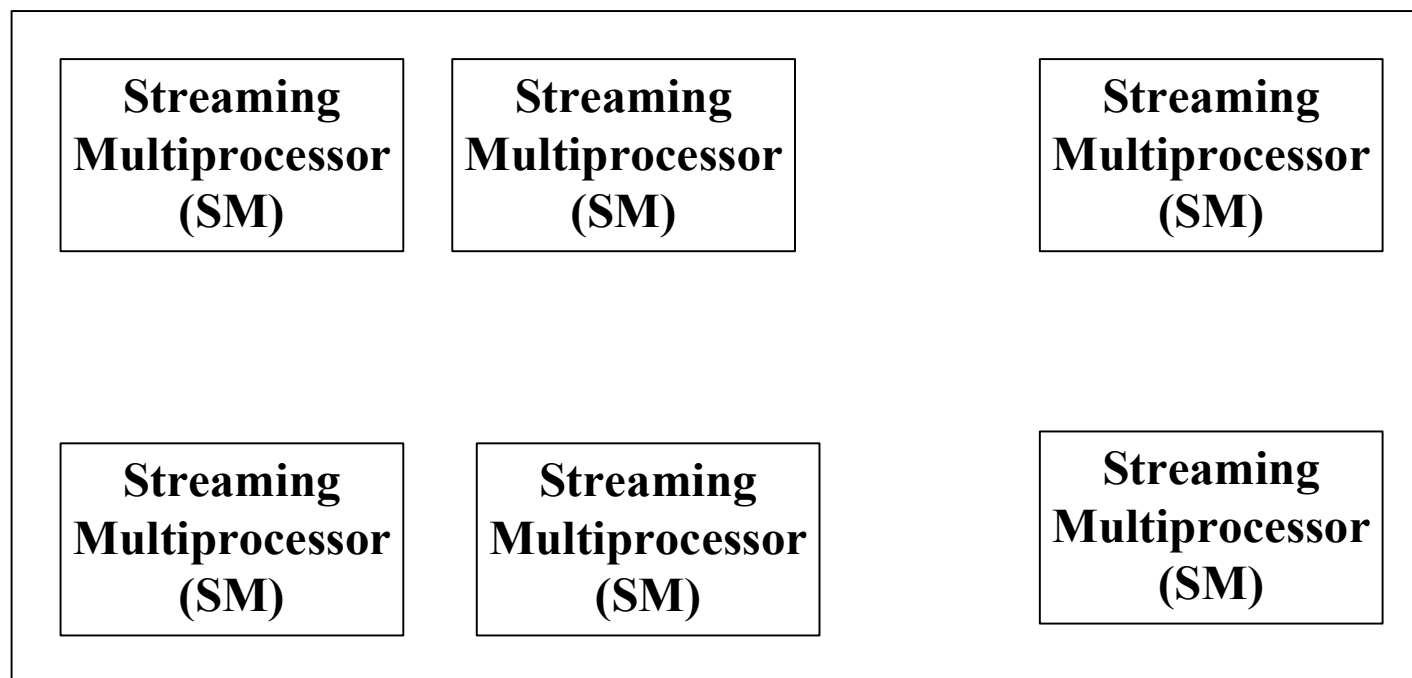


- 656536 dual-core nodes
- node
 - 770 Mhz PowerPC
 - Double Hammer FPU (4 Flop/cycle)
 - 4 Mb on-chip L3 кэш
 - 512 Mb off-chip RAM
 - 6 двухсторонних портов для 3D-тора
 - 3 двухсторонних порта для collective network
 - 4 двухсторонних порта для barrier/interrupt

Архитектура G80

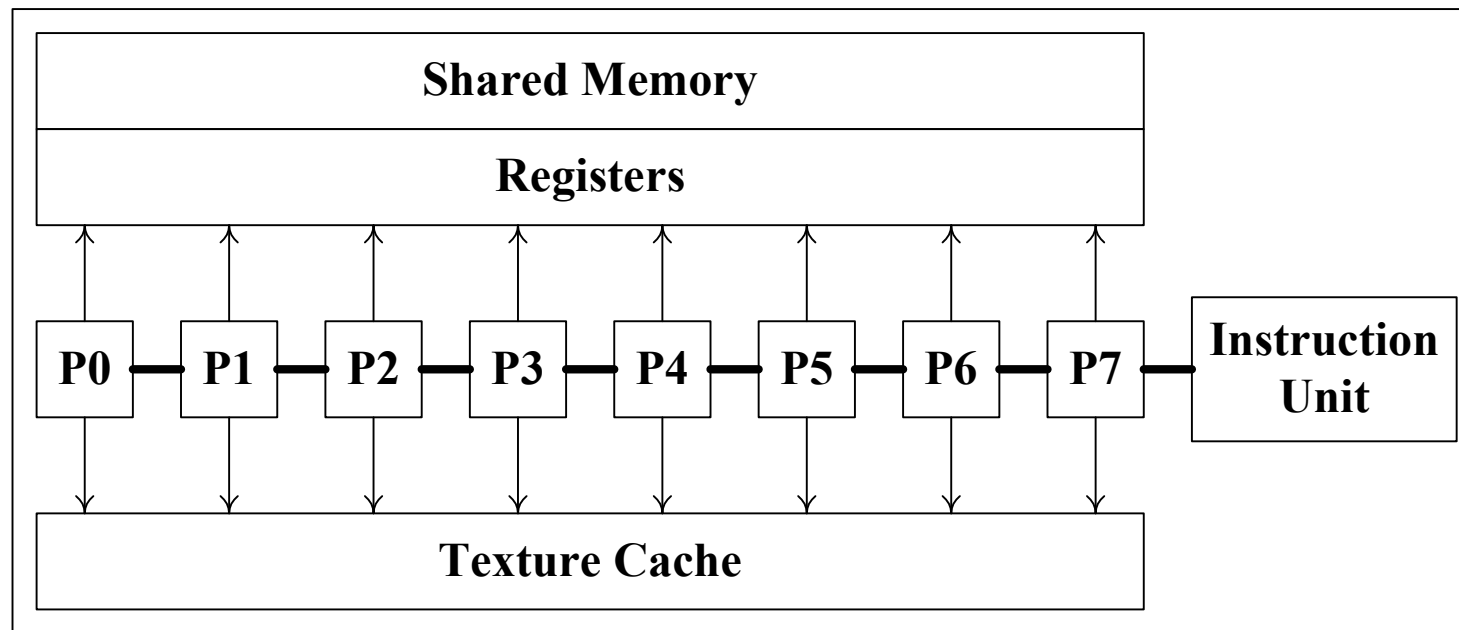


Массив из потоковых мультипроцессоров



Архитектура G80

Streaming Multiprocessor



Классификация



	Single Instruction	Multiple Instruction
Single Data	SISD	MISD
Multiple Data	SIMD	MIMD

Классификация



■ CPU – SISD

- Multithreading: позволяет запускать множество потоков – параллелизм на уровне задач (MIMD) или данных (SIMD)
- SSE: набор 128 битных регистров ЦПУ
 - можно запаковать 4 32битных скаляра и проводить над ними операции одновременно (SIMD)

■ GPU – SIMD*

MultiThreading “Hello World”

```
#include <stdio.h>
#include <windows.h>
#include <process.h>    // для beginthread()

void mtPrintf( void * pArg);

int main()
{
    int t0 = 0; int t1 = 1;
    _beginthread(mtPrintf, 0, (void*)&t0 );

    mtPrintf( (void*)&t1);

    Sleep( 100 );

    return 0;
}

void mtPrintf( void * pArg )
{
    int * pIntArg = (int *) pArg;
    printf( "The function was passed %d\n", (*pIntArg) );
}
```


MultiThreading “Hello World”



```
        // создание нового потока
        // необходимо указать:
        // entry point функцию,
        // размер стека, при 0 – OS выберет сама
        // (void *) – указатель на аргументы функции
    _beginthread(mtPrintf, 0, (void*)&t1 );

        // напечатать из основного потока
    mtPrintf( (void*)&t0);

        // подождать 100 мс
        // создание потока windows требует времени
        // если основной поток закончит выполнение
        // то и все дочерние потоки будут прерваны
    Sleep( 100 );
```

SSE “Hello World”

```
#include <xmmintrin.h>
#include <stdio.h>

struct vec4
{
    union
    {
        float    v[4];
        __m128    v4;
    };
};


int main()
{
    vec4 a = {5.0f, 2.0f, 1.0f, 3.0f};
    vec4 b = {5.0f, 3.0f, 9.0f, 7.0f};
    vec4 c;

    c.v4 = _mm_add_ps(a.v4, b.v4);

    printf("c = {%.3f, %.3f, %.3f, %.3f}\n", c.v[0], c.v[1], c.v[2], c.v[3]);

    return 0;
}
```

CUDA (Compute Unified Device Architecture)



- Программирование массивно-параллельных систем требует специальных систем/языков.
- Программирование ресурсов CPU ограничено
 - Multithreading
 - SSE
 - Часто bottleneck – в пропускной способности памяти
- CUDA - система (библиотеки и расширенный C) для программирования GPU

CUDA “Hello World”

```
#define N (1024*1024)

__global__ void kernel ( float * data )
{
    int idx = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
    float x = 2.0f * 3.1415926f * (float) idx / (float) N;

    data [idx] = sinf ( sqrtf ( x ) );
}

int main ( int argc, char * argv [] )
{
    float a [N];
    float * dev = NULL;

    cudaMalloc ( (void**)&dev, N * sizeof ( float ) );

    kernel<<<dim3((N/512),1), dim3(512,1)>>> ( dev );

    cudaMemcpy ( a, dev, N * sizeof ( float ), cudaMemcpyDeviceToHost );
    cudaFree ( dev );

    for (int idx = 0; idx < N; idx++) printf("a[%d] = %.5f\n", idx, a[idx]);

    return 0;
}
```

CUDA “Hello World”



```
__global__ void kernel ( float * data )
{
    int    idx = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;           // номер текущей нити
    float x    = 2.0f * 3.1415926f * (float) idx / (float) N;      // значение аргумента

    data [idx] = sinf ( sqrtf ( x ) );                             // найти значение и
                                                                    // записать его в массив
}
```

- Для каждого элемента массива (всего N) запускается отдельная нить, вычисляющая требуемое значение.
- Каждая нить обладает уникальным id

CUDA “Hello World”



```
float    a [N];
float * dev = NULL;

        // выделить память на GPU под N элементов
cudaMalloc ( (void**)&dev, N * sizeof ( float ) );

        // запустить N нитей блоками по 512 нитей
        // выполняемая на нити функция - kernel
        // массив данных - dev
kernel<<<dim3((N/512),1), dim3(512,1)>>> ( dev );

        // скопировать результаты из памяти GPU (DRAM) в
        // память CPU (N элементов)
cudaMemcpy ( a, dev, N * sizeof ( float ), cudaMemcpyDeviceToHost );

        // освободить память GPU
cudaFree   ( dev );
```

Ресурсы нашего курса



■ [CUDA.CS.MSU.SU](https://cuda.cs.msu.su)

- Место для вопросов и дискуссий
- Место для материалов нашего курса
- Место для ваших статей!
 - Если вы нашли какой-то интересный подход!
 - Или исследовали производительность разных подходов и знаете, какой из них самый быстрый!
 - Или знаете способы сделать работу с CUDA проще!

■ [Steps3d](https://steps3d.com)

■ www.nvidia.ru

Ресурсы нашего курса



- К той лекции:

- CUDA / MT / SSE "hello world" проекты
- CUDA / MT / SSE "Hello World" проекты
 - Чуть более насыщенные чем маленькие "hello world" ы 😊
- SVN ?

Несколько слов о курсе



- Математический спецкурс
- 11 лекций
- 5 семинарских занятий
 - Раз в две недели
 - Цель занятий:
 - Начать быстро программировать на CUDA
 - Написать и сдать практические задания
- 5 практических заданий

Несколько слов о курсе



■ Отчетность по курсу

■ 5 практических заданий

- | Задания сдаются на семинаре

- | Либо по почте

- В течении недели со дня семинара, на котором задание выдано
- Если у вас не получается – дайте нам знать

■ Альтернатива

- | Дайте нам знать

