

# Практикум АСВК 2016

## Векторная обработка данных

Никитин Михаил  
`mnikitin@graphics.cs.msu.ru`

МГУ имени М.В. Ломоносова  
Факультет ВМК  
Кафедра АСВК

17 октября 2016 г.

# Задание по практикуму

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Литература

- 1 Векторная обработка данных (3 балла).
- 2 Построение документации (1 балла).
- 3 Модульное тестирование (1 балла).

# Векторная обработка данных

## Мотивация. SIMD

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

**Мотивация.  
SIMD**

Использование

SIMD

SIMD

intrinsics

Типы

данных

Чтение. Из

массива

Чтение.

Общее

значение

Чтение.

Инициализа-

ция

нулем

Запись

Стандартные

операции.

Сложение

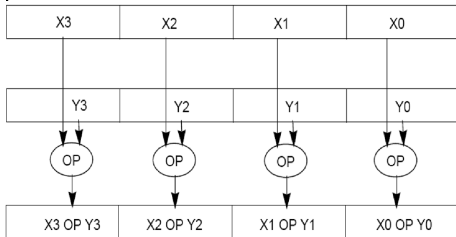
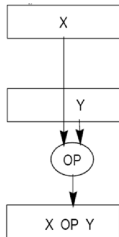
Стандартные

операции.

Вычитание

Стандартные

## Basic operation: SISD vs SIMD



# Векторная обработка данных

## Использование SIMD

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

### Как использовать SIMD ?

- ассемблерные вставки с SIMD инструкциями процессоров;
- модули на ассемблере;
- оптимизирующие компиляторы; (gcc -O3)
- SIMD intrinsics.

# Векторная обработка данных

## SIMD intrinsics

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

**SIMD  
intrinsics**

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

- Intrinsic – встроенная (известная компилятору) функция, которая преобразуется в одну или несколько инструкций процессора.
- Не нужно работать с выделением регистров и вычислением адресов данных, как в ассемблерных вставках.
- Цель SIMD intrinsic – обеспечить работу с SIMD на языке высокого уровня.

# Векторная обработка данных

## Типы данных

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

128-битная переменная:

- `__m128i` — целочисленный
- `__m128` —  $4 \times \text{float}$
- `__m128d` —  $2 \times \text{double}$

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

a7	a6	a5	a4	a3	a2	a1	a0
----	----	----	----	----	----	----	----

a3	a2	a1	a0
----	----	----	----

a3	a2	a1	a0
----	----	----	----

a1	a0
----	----

# Векторная обработка данных

## Чтение. Из массива

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

**Чтение. Из  
массива**

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_loadu_si128 (__m128i const* mem_addr)
__m128  _mm_loadu_ps(float const* mem_addr)
__m128d _mm_loadu_pd(double const* mem_addr)
```

# Векторная обработка данных

## Чтение. Общее значение

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_set1_epi8 (char a)
__m128i _mm_set1_epi16 (short a)
__m128i _mm_set1_epi32 (int a)
__m128i _mm_set1_epi64 (__m64 a)
__m128 _mm_set1_ps (float a)
__m128d _mm_set1_pd (double a)
```

a	a	a	a
---	---	---	---



# Векторная обработка данных

## Чтение. Инициализация нулем

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_setzero_si128 (void)  
__m128  _mm_setzero_ps  (void)  
__m128d _mm_setzero_pd  (void)
```

0	0	0	0
---	---	---	---

# Векторная обработка данных

## Запись

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

**Запись**

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

```
void _mm_storeu_si128 (__m128i* mem_addr, __m128i a)
void _mm_storeu_ps (float* mem_addr, __m128 a)
void _mm_storeu_pd (double* mem_addr, __m128d a)
```

# Векторная обработка данных

## Стандартные операции. Сложение

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция

нулем

Запись

Стандартные  
операции.  
Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_add_epi64 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_add_epi32 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_add_epi16 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_add_epi8 (__m128i a, __m128i b)
```

```
__m128 _mm_add_ps (__m128 a, __m128 b)
__m128d _mm_add_pd (__m128d a, __m128d b)
```

a3	a2	a1	a0
+	+	+	+
b3	b2	b1	b0
=	=	=	=
a3 + b3	a2 + b2	a1 + b1	a0 + b0

# Векторная обработка данных

## Стандартные операции. Вычитание

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.  
Сложение

Стандартные  
операции.  
Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_sub_epi64 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_sub_epi32 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_sub_epi16 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_sub_epi8 (__m128i a, __m128i b)
```

```
__m128 _mm_sub_ps (__m128 a, __m128 b)
__m128d _mm_sub_pd (__m128d a, __m128d b)
```

a3	a2	a1	a0
-	-	-	-
b3	b2	b1	b0
=	=	=	=
a3 - b3	a2 - b2	a1 - b1	a0 - b0

# Векторная обработка данных

## Стандартные операции. Умножение

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_mul_epu32 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_mulhi_epi16 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_mulhi_epu16 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_mullo_epi16 (__m128i a, __m128i b)
```

```
__m128 _mm_mul_ps (__m128 a, __m128 b)
__m128d _mm_mul_pd (__m128d a, __m128d b)
```

a3	a2	a1	a0
×	×	×	×
b3	b2	b1	b0
=	=	=	=
a3 × b3	a2 × b2	a1 × b1	a0 × b0

# Векторная обработка данных

## Стандартные операции. Деление

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

```
__m128 _mm_div_ps (__m128 a, __m128 b)  
__m128d _mm_div_pd (__m128d a, __m128d b)
```

a3	a2	a1	a0
/	/	/	/
b3	b2	b1	b0
=	=	=	=
a3 / b3	a2 / b2	a1 / b1	a0 / b0

# Векторная обработка данных

## Преобразование типов

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_cvtps_epi32 (__m128 a)
__m128  _mm_cvtepi32_ps (__m128i a)
```

```
__m128i _mm_cvtpd_epi32 (__m128d a)
__m128d _mm_cvtepi32_pd (__m128i a)
```

```
__m128  _mm_cvtpd_ps (__m128d a)
__m128d _mm_cvtps_pd (__m128  a)
```

# Векторная обработка данных

## Упаковка

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.

Сложение

Стандартные  
операции.

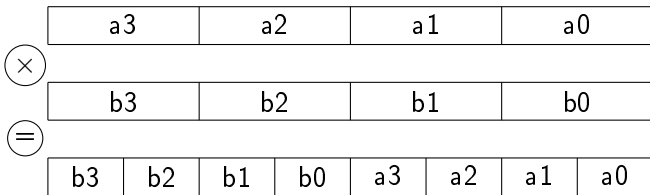
Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_packus_epi32 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_packus_epi16 (__m128i a, __m128i b)
```

```
__m128i _mm_packs_epi32 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_packs_epi16 (__m128i a, __m128i b)
```

`_mm_packus_epi32(a, b)`





# Векторная обработка данных

## Распаковка

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Мотивация.  
SIMD

Использование  
SIMD

SIMD  
intrinsics

Типы  
данных

Чтение. Из  
массива

Чтение.  
Общее  
значение

Чтение.  
Инициализа-  
ция  
нулем

Запись

Стандартные  
операции.  
Сложение

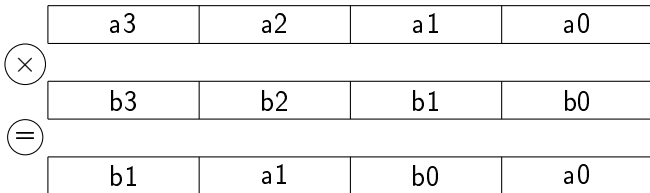
Стандартные  
операции.  
Вычитание

Стандартные

```
__m128i _mm_unpacklo_epi64 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_unpacklo_epi32 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_unpacklo_epi16 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_unpacklo_epi8 (__m128i a, __m128i b)
```

```
__m128i _mm_unpackhi_epi64 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_unpackhi_epi32 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_unpackhi_epi16 (__m128i a, __m128i b)
__m128i _mm_unpackhi_epi8 (__m128i a, __m128i b)
```

`_mm_unpacklo_epi32(a, b)`



# Литература

Практикум  
АСВК 2016

Задание по  
практикуму

Векторная  
обработка  
данных

Литература

- Intel Intrinsics Guide
- MSDN