



Intel  
**Developer**  
Forum  
Fall 2002

**Intel® Integrated Performance Primitives -  
основа производительности  
мультимедийных приложений  
следующего поколения**

**Александр Чипижко,  
Менеджер проекта, Intel,  
Нижний Новгород**

**2 Октября 2002г.**



# План презентации

- Место Intel® IPR в линейке ПО Intel
- Обзор

Intel®, Pentium®, Xeon™, NetBurst™, Itanium®, XScale™, VTune™ являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками корпорации Интел или ее филиалов в США или других странах



# Intel Performance Libraries



- Math Kernel Library (MKL)
  - Версии для Windows & Linux
- **Integrated Performance Primitives (IPP)**
  - Версии для Windows & Linux
- IPP для StrongArm\* Processor
  - Версия для WinCE\*
- IPP для Intel XScale™ Microarchitecture
- Domain Specific Libraries (IPL, SPL, IJL)

# Для чего Intel предлагает Performance Libraries

- **Условия:**
  - Многообразие платформ
  - Увеличившиеся требования рынка к срокам разработки продукта
- **Решение: Intel Performance Libraries**
- **Intel Performance Libraries:**
  - Поддерживают всё многообразие микропроцессоров компании Intel (оптимизированный код для каждого семейства процессоров)
  - Уменьшают или совсем устраняют необходимость в написании специального кода, сокращая тем самым время разработки продукта
  - Недорогой продукт с унифицированным высокопроизводительным API на различных платформах

**Сделайте ваши продукты конкурентноспособными!**  
*Оцените выигрыш в производительности!*

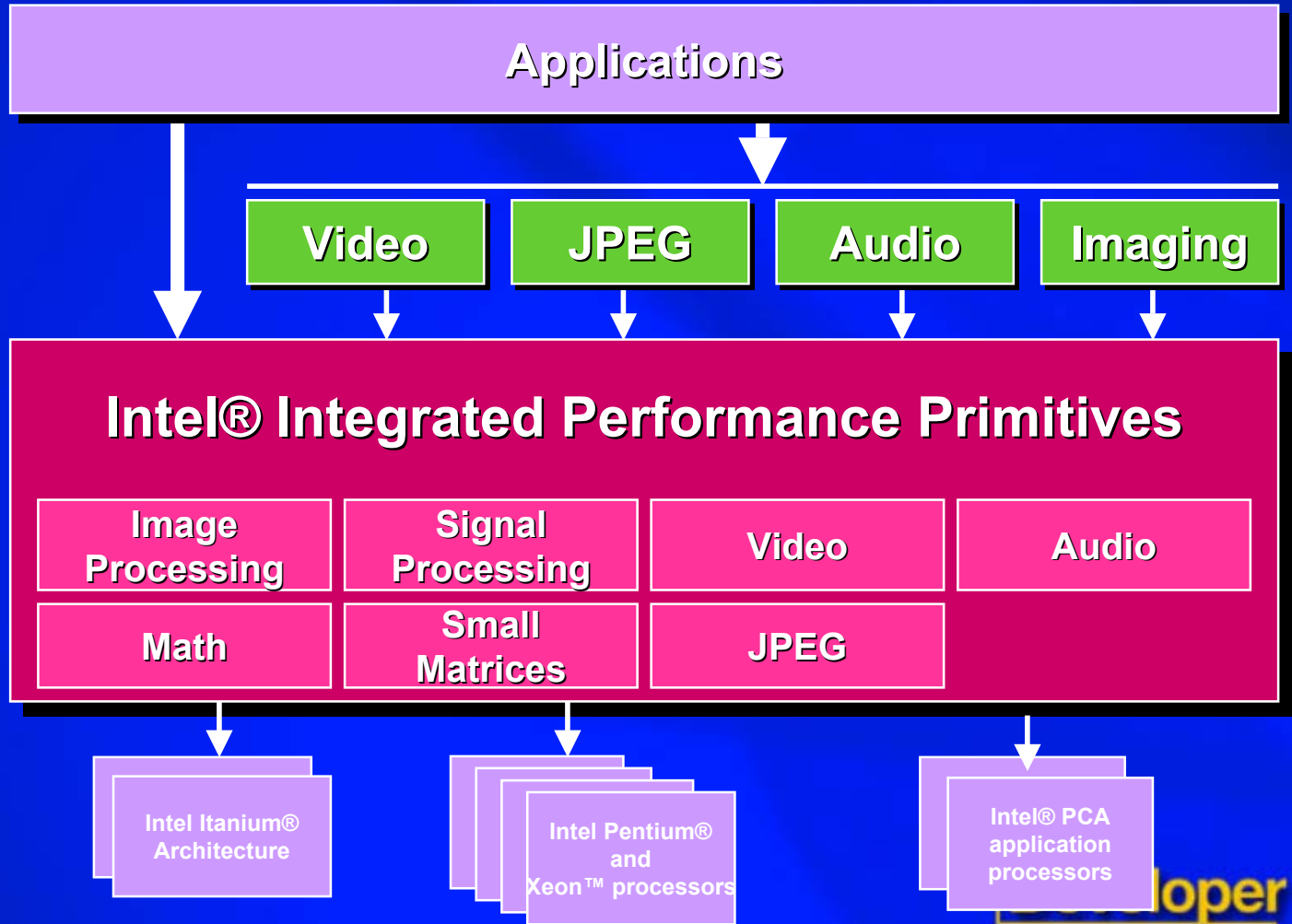


# Что такое Intel® Integrated Performance Primitives?

- **Библиотека...**
  - Низкоуровневые блоки для построения кода
- **...полезных multimedia-функций...**
  - Multimedia в широком смысле: математика, обработка сигналов, обработка изображений, видео, аудио, графика
- **...оптимизированных под разные процессоры и операционные системы**
  - PC, server, и wireless-архитектуры
  - Windows\* and Linux\*
  - Позволяет использовать потенциальные возможности процессора, которые могут быть труднодоступны в обычных условиях



# Integrated...



Primitives Interface

Processor-specific Functions



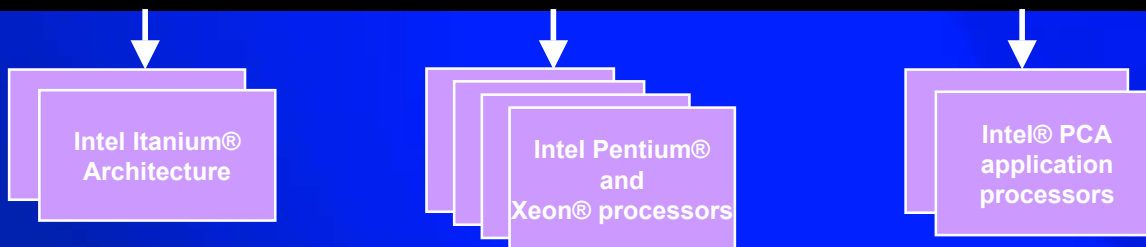


# ...Performance...

- Быстрое ядро, оптимизированное вручную
  - Ядра оптимизируются для новых систем
  - Использование наборов команд, специфичных для данной архитектуры, существенно для получения наилучшей производительности
- Например: ядра, написанные для процессора Pentium® III (с использованием SSE) и процессора Pentium® 4 (с использованием SSE-2), запущенные на соответствующих машинах:
  - Сложение массивов чисел – ускорение до 1.4x\*\*
  - Преобразование Integer-to-float – быстрее в 1.5-2x\*\*
  - Линейные фильтры – быстрее в 1.2-1.5x\*\*

\*\* System configuration data in backup

## Intel® Integrated Performance Primitives

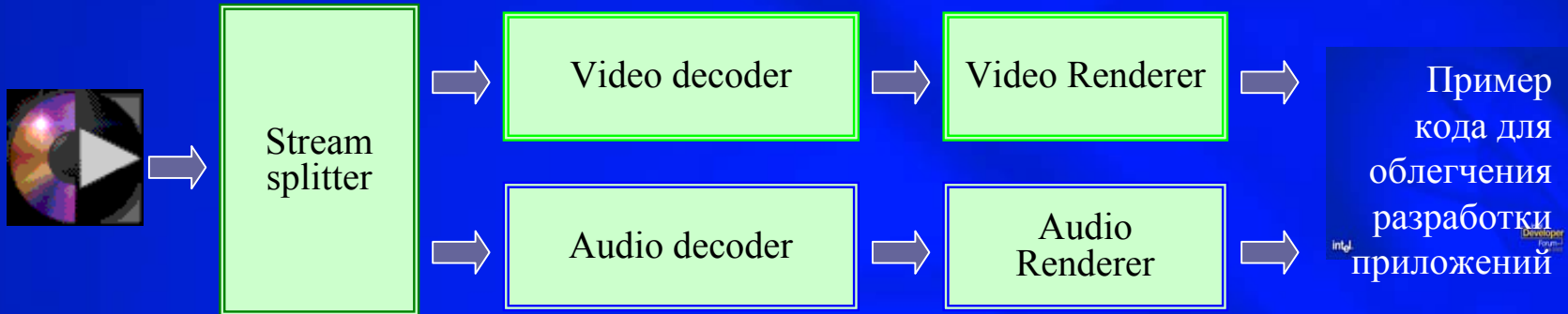




# *...Primitives*

- **“Примитивы” – быстро и удобно могут быть использованы в существующих приложениях, потому что...**
  - *Это общие/базовые операции, необходимые во многих областях*
  - *Дизайн интерфейса функций IPR уменьшает накладные расходы по вызову функции и по размеру используемой памяти*
  - *Строгое соглашение об именах – позволяет быстро отыскать нужную функцию*
  - *Не нужно поддерживать новые структуры данных*
  - *Никаких системных зависимостей*

# Пример: MPEG-2 player



## Intel® Integrated Performance Primitives

Кросс-платформенный API реализующий вычислительные компоненты

Pentium® II processor

Pentium® III processor

Pentium® 4 processor

Ассемблерный код для использования всех возможностей процессора



# Функциональные группы IPP

Группа функций	Операции	Применение	Впервые доступны
Signal Processing	290	Filter, detect, analyze	1.0
Image Processing	229	Filter, enhance, analyze	1.0
Computer Vision	44	Recognize, track, identify	1.0
Speech Recog.	119	Dictate, C&C, index, serve	1.0, 2.0
JPEG (2k)	61	Compress, decompress	1.1 (3.0)
Matrix	22	3D, T&L, phys modeling	2.0
Vector Math	25	Numerical algos	2.0
Video Coding	69	H.263 (MPEG1, 2, 4, H.26L)	2.0 (3.0)
Audio Coding	33	MP3, (AAC, AC3)	2.0 (3.0)
Speech Coding	71	G729, G.723	3.0

# Диапазон функциональности IPP

- Векторная арифметика
- Обработка сигналов
- Обработка изображений
- Small Matrix Operations
- "Advanced" векторная математика

- Video decode
- Audio decode
- Computer vision
- Распознавание речи

Более  
общие

Более  
специальные

Векторная арифметика  
Small matrix  
Обработка сигналов  
Векторная математика  
Обработка изображений  
Computer Vision  
General Audio & Video Coding  
Speech Recognition & Audio Coding  
MPEG-4, MP3, H.263



# Примеры функций IPR

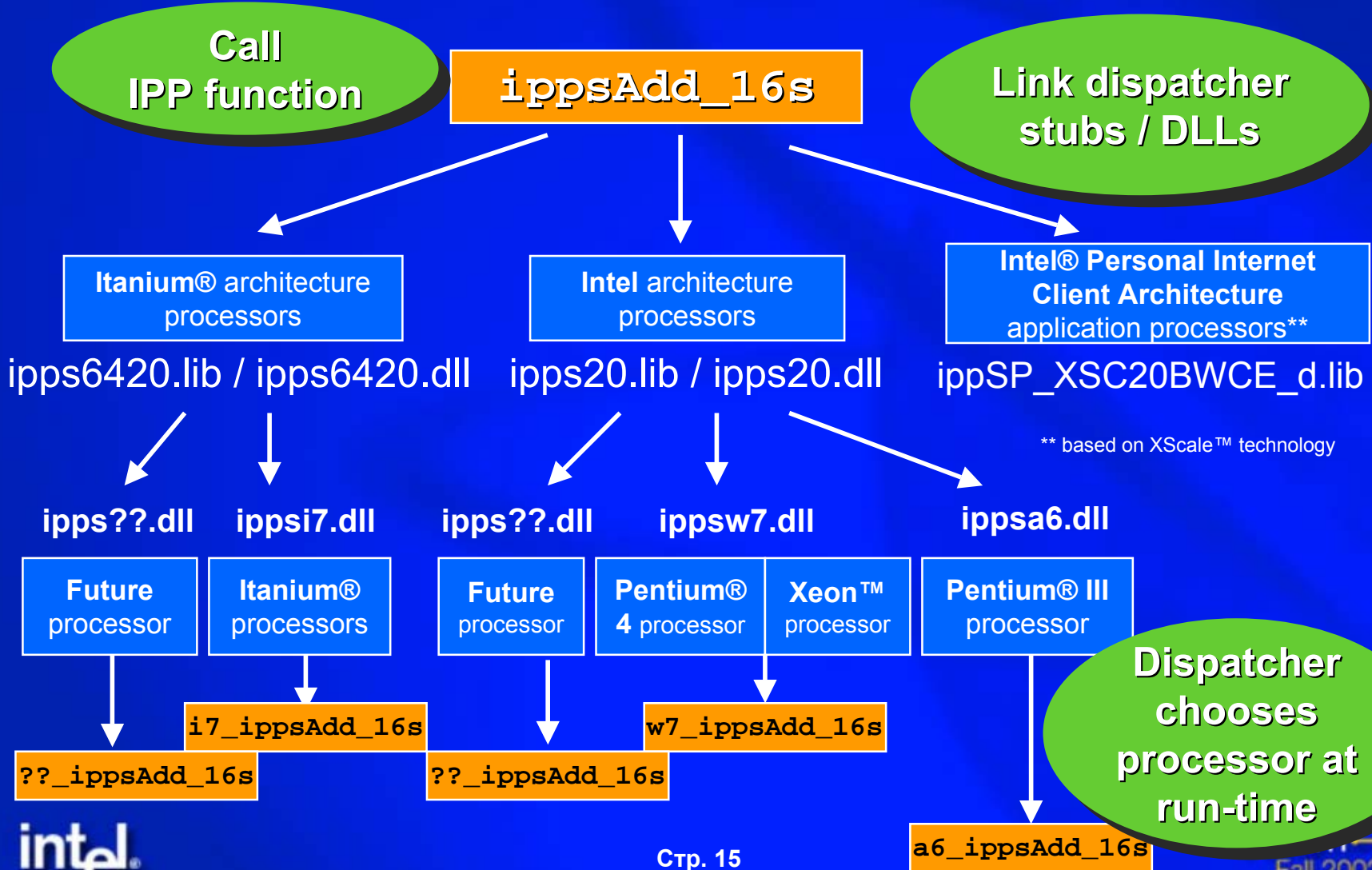
- **Арифметика & поддержка**
  - Set, Copy, Add, Mul, Sin, Ln, ...
- **Преобразования**
  - complex/real, integer/float, char/short/int
- **Обработка сигналов**
  - Фильтры и преобразования
- **Обработка изображений**
  - Фильтры, преобразования и манипуляции
- **Video & Audio Coding**
  - DCT/MDCT/WT, Huffman coding, quantization, color conversions
- **Матричные операции**
  - Умножение, инвертирование, векторное произведение матриц 3x3, 4x4, 5x5 и 6x6

# Модели использования

- **Для удобства и расширяемости: DLL**
  - Сборка со “stub libraries”
  - Диспетчер определяет тип процессора во время исполнения
  - Автоматически загружается DLL для данного процессора
  - Для удобства предлагается run-time инсталлятор
- **Для оптимизации накладных расходов по памяти: static libraries**
  - Сборка с "merged static" library
  - "Fat binary" создаётся автоматически
  - В программе нужно вызвать `ippStaticInit()`

# Processor Detection and Dispatching

## DLL Version





# Разделы IPP

- IPP подразделяется на 3 раздела
  - «Сигналы» или IPPS
    - Функции работают с 1D массивами
  - «Изображения» или IPPI
    - Функции работают с изображениями (или видео кадрами)
    - 2D arrays, with layouts appropriate to images
  - «Матрицы» или IPPM
    - Функции имеют дело с векторами и матрицами
    - В основном ориентированы на работу с «маленькими» векторами и матрицами

# «Сигналы»

- В этой группе собраны все функции работающие с 1D объектами
  - также известны как iRRPS функции
  - к этой группе относятся почти все: функции работы с памятью, утилиты, арифметические функции и функции конверсии
- **Мы изучим...**
  - Производительность 1D функций
  - Функциональность и API

# Производительность («Сигнал»)

- Измеряется в clocks на элемент, 2.2 ГГц процессор Pentium® 4
  - Векторная арифметика: dot product, normalize,...
  - Конволюции и корреляции
  - Фильтры: FIR, IIR, median, ...
  - Часто используемые трансформации: FFT, DFT,...

Intel® IPP Function	Data size	C code	Intel® IPP	Speed-up
ippsDotProd_32f	512	5.4	1.1	4.9x
ippsConv_16s_Sfs	256	755	289	2.6x
ippsFindMedian_32f	128	17	5.5	3.1x
ippsFFTFwd_RTtoCCS_32f	1024	38	15	2.5x



† Performance is measured by clocks per input data element. Random input data is used. See backup slides for performance system setting. Performance numbers may vary for different settings

# API функций раздела «Сигнал»

```
ippsAddC_16s_I();
```

ipps префикс

Добавить  
константу к  
вектору

Тип массива данных  
16s (short)  
32f (float)  
64f (double)  
16sc, 32fc, 64fc - complex

Модификаторы  
I – inplace (src=dst)  
Sfs – scale on output

**Функция: Умножить массив shorts на константу**



# Векторная арифметика

- **Простые функции**
  - Add, mul, div, exp, ln
- **Векторизованные math.h функции**
  - Basic real elementary functions
    - sin, cos, tan, asin, acos, atan, atan2, exp, log, log10, pow, sqrt, cbrt
  - Hyperbolic real functions
    - sinh, cosh, tanh, asinh, acosh, atanh
  - Secondary real real functions
    - expm1, log1p, exp2, exp10, log2, frexp, ilogb, ldexp, logb, hypot, modf
- **Быстрее чем аналогичные функции для скаляра, быстрее чем HW реализация**
- **Подходит для научных алгоритмов – 5 различных вариантов точности**

# API Векторной Математики

- `ipps<Function>_32f_A[11|21|24]`
- `ipps<Function>_64f_A[50|53]`
  
- **Function** это `sin`, `cos`, `logb`, и т.д.
- **32f** или **64f** – типы данных
  - 32f это 32-bit floating point (float)
  - 64f это 64-bit floating point (double)
- **A\*** - точность (в битах)
- **Аргументы:**
  - (`Ipp32f*` input, `Ipp32f*` output, `int len`), либо
  - (`Ipp64f*` input, `Ipp64f*` output, `int len`)

# Функции обработки 1D сигнала

- **Support**
  - Conj, copy, imag, real, zero, set
  - interleave/deinterleave
- **Convert**
  - polar/cart, complex/real
  - integer/float
  - Up/down sample
- **Windowing**
- **Signal Generation**
  - Random, wave patterns
- **Filters**
  - FIR, IIR
  - median
- **Transforms**
  - FFT, DFT, Goertzel, DCT, wavelet
- **Statistics**
  - norms, threshold, min / max / std.dev., mean, powerspectr
- **Audio**
  - A-law / mu-law, preemphasize



# Аудио кодирование

- **Функциональность поддерживает MP3 encoder/decoder, AC3, AAC и TwinVQ decoder.**

Codec	Bitrate / Channels	Pipeline Coverage	Performance (MHz) **
MP3 Decode	128 / 2	50%	25
MP3 Encode	128 / 2	59%	71
AAC decode	128 / 2	69%	13
AC3 Decode	320 / 5.1	48%	31.5

\*\* Performance measured on 2.2GHz Pentium® 4 processor. See backup slides for performance system setting. Performance numbers may vary for different settings



# «Изображения»

- Основная область применения функций из раздела «Изображения» (или IPPI) – обработка изображений и видео, а также видео-кодирование
- Операции под этим названием включают в себя:
  - Raster operations – filters, interpolation, geometric operations
  - MPEG-2, MPEG-4 и другие видео кодеки
  - Computer vision

# Производительность «Изображения»

- Измеряется в clocks на элемент, 2.2 ГГц процессор Pentium® 4
  - Geometry operation: Copy, Resize, WarpAffine
  - 2-D Transform: DCT, FFT
  - Color conversion: YUVToRGB

Intel® IPP Function	Data size	C code	Intel® IPP	Speed up
ippiResize_8u_C1R	64x64	31	13	<b>2.4x</b>
ippiWarpPerspective_8u_C1R	64x64	198	21	<b>9.4x</b>
ippsDCT8x8_16s_C1R	8x8	25	4	<b>6.3x</b>
ippiYUV420ToRGB_8u_P3C3R	720x480	25	13	<b>1.9x</b>

† Performance is measured by clocks per input data element. Random input data is used. See backup slides for performance system setting. Performance numbers may vary for different settings



# API 2D функций

```
ipriRGB2YUV_8u_C3R();
```



ipri префикс

Преобразовать  
RGB «картинку»  
в YUV

Тип массива данных  
8u (unsigned char)  
16s (short)  
32f (float)

Модификатор

A - ignore Alpha/fourth channel  
C1, C3, C4 - Number of color  
Channels  
I - In-place (src=dst)  
R - Rectangle of interest (ROI)

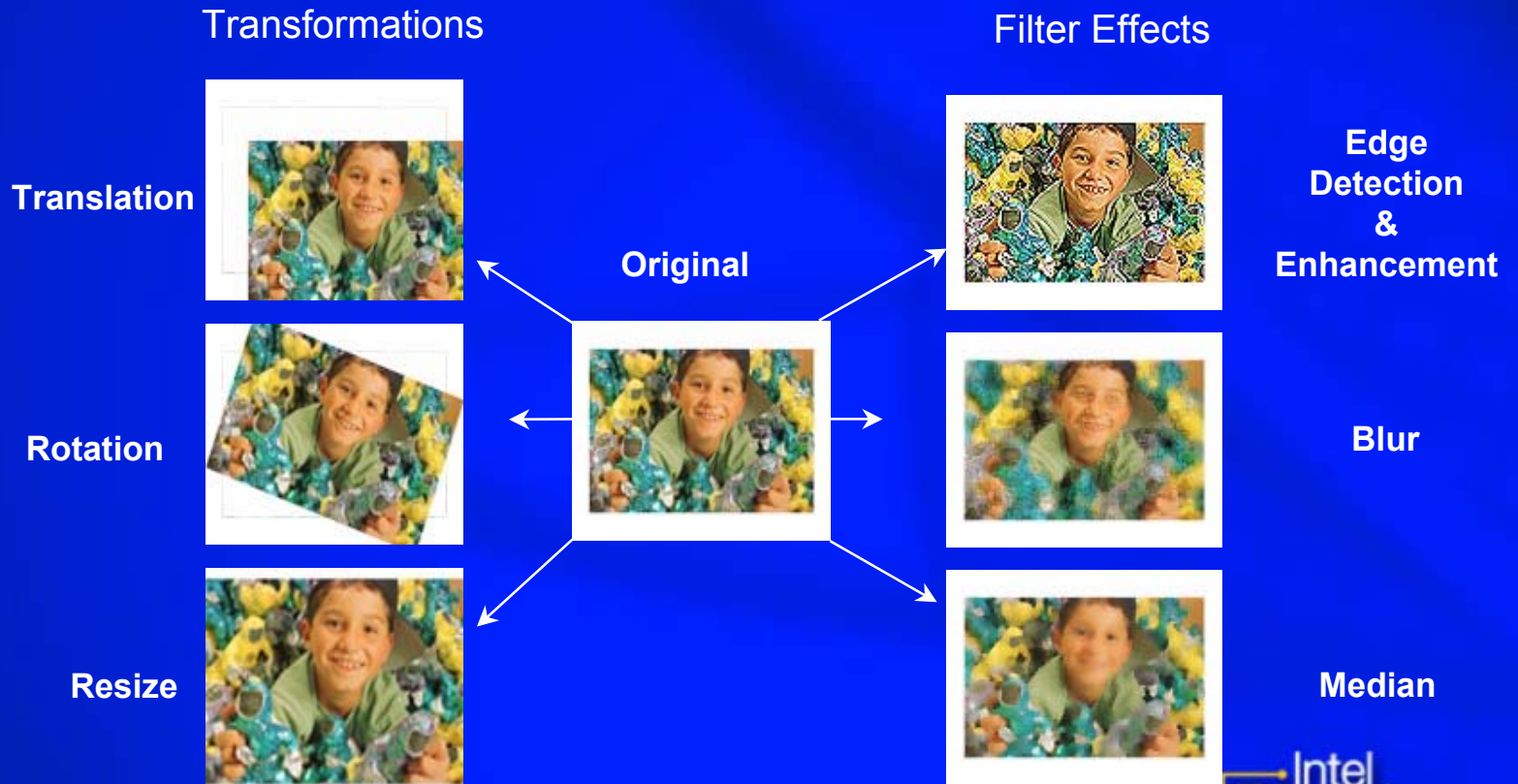
Функция: Преобразовать RGB-24  
изображение в YUV-24



Стр. 26



# Обработка изображений (примеры)



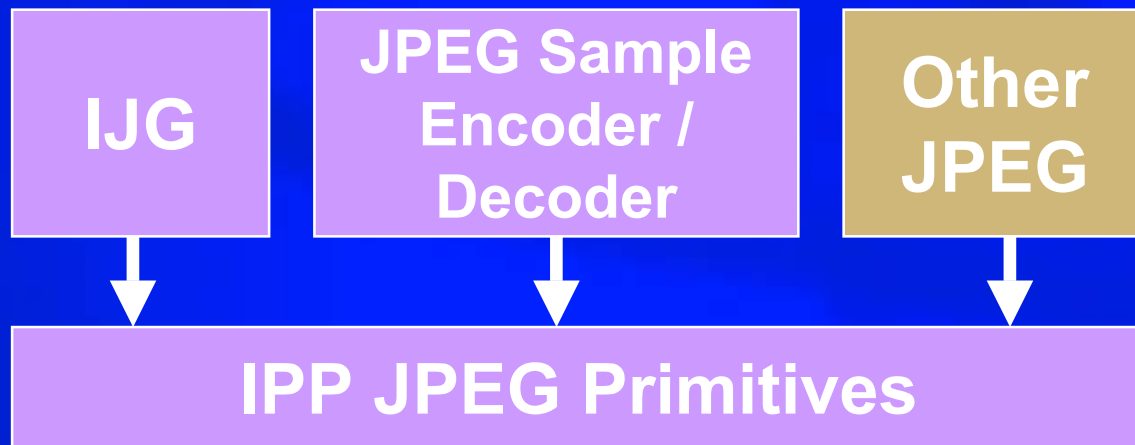
# Функции обработки изображений

- **Поддержка**
  - Conj, copy, zero, set
- **Арифметические & Логические**
  - Функции, аналогичные 1D-арифметическим функциям
- **Преобразования данных**
  - Pixel/planar
  - Преобразования типов
- **Преобразования цветов**
  - To/From RGB
  - YUV & YCbCr 444, 422, 411
  - HLS, HSV, XYZ
  - RGB 555, 565
- **Фильтры**
  - Встроенные и user-defined
- **Трансформации**
  - FFT, DFT, DCT, wavelet
- **Статистические**
  - norms, threshold, min / max / std.dev., mean, powerspectr, moments
- **Геометрические**
  - Mirror, rotate, resize, remap
- **Alpha Composite**
- **Gamma correction**
- **Image Generation**



# JPEG в IPP

- IPP Primitives для JPEG
- JPEG Sample
- Independent JPEG Group (IJG) code





# Декодирование JPEG

Bitstream

64 short DCT coefficients

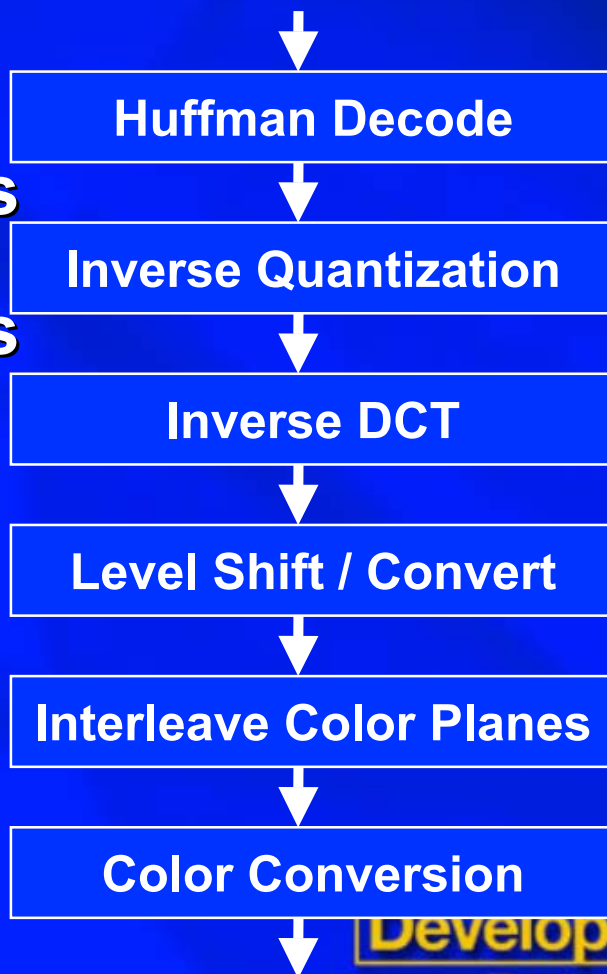
64 short DCT coefficients

8x8 short 1-color pixels

8x8 uchar 1-color pixels

8x8 uchar YCbCr pixels

8x8 uchar RGB Pixels



# JPEG Sample Encoder / Decoder

- **Высокая производительность encoder/decoder -а**
- **Простой load/save интерфейс**
- **Поставляется в виде исходного кода**
  - **Позволяет разработчикам добавлять собственную функциональность и новые особенности JPEG**

# Код IJG

- [www.IJG.org](http://www.IJG.org) предоставляет реализацию JPEG codec/building blocks
- Эта реализация широко используется для работы с JPEG во многих средствах обработки изображений
- Код модифицирован для использования IPP:
  - Добавлен флаг "USE\_IPP"
  - Заменены на IPP версии: C DCT, Huffman, etc.
- Приложения, использующие IJG, могут легко заменить его на поставляемую нами IJG реализацию на базе IPP

# Computer Vision

- Прimitives для поддержки “машинного зрения” и интерфейсов человек/компьютер
  - Erode, dilate
  - Image pyramid (resample & blur)
  - Filters: Laplace, Sobel, Scharr, Canny, motion gradient, optical flow
  - Flood fill
  - Template match
  - Snakes

# «Матрицы»

- **Функции обработки матриц небольшого размера тесно связаны с 3D графикой/геометрией и физикой**
  - Акцент на матрицах/векторах размера от 3 до 6
  - Есть реализация общего случая (NxM)

# Функции обработки матриц небольшого размера

```
iprrmMul_mma_32f_4x4_L();
```

iprrm префикс

Умножить

Формат данных

m – matrix  
ma – array of matrices  
v – vector  
va – array of vectors  
c – constant

Тип массива данных

32f (float)  
64f (double)

Модификаторы

L – List of objects  
P – Pointers to elements  
S2 – Stride between elements

Размер

3x1, 4x1, 5x1, 6x1  
3x3, 4x4, 5x5, 6x6

**Функция: Умножить список матриц float 4x4 на матрицу float 4x4**





# Функции обработки матриц небольшого размера

- Манипуляции & преобразования
- Векторная алгебра
  - Add, Mul, Sub, Scale
  - Saxpy
  - Векторное, скалярное произведение
  - Norm
  - Линейная комбинация векторов
- Матричная алгебра
  - Add, Mul, Sub, Scale
  - Gaxpy
  - Traspose
  - Det, Inv
  - Rotate
- Решение линейных систем
  - LU Decomposition
  - Single Value Decomposition
- Least squares problem
  - QR Decomposition

# Что нового... Intel® IPP 3.0

- **2 новые функциональные группы:**
  - Speech coding
  - Video coding
- **Новые примеры использования Intel IPP\*\***
  - Audio: MP3 decoder, MP3 encoder, AAC decoder
  - Video: MPEG-1 decoder, MPEG-2 encoder & decoder, H.263 decoder, MPEG-4 decoder (simple profile natural video)
  - Image: JPEG encode+decode, IJG
  - Speech: G.723.1, G.729, Aurora

\*\* See backup slides for the complete list of samples



# Что нового... Intel® IPP 3.0

- Уменьшение накладных расходов по памяти (small footprint)
  - Повышает возможность использования IPP Интернет-приложениями
- Обновлённый Dispatcher умеет искать на диске и использовать самую последнюю версию IPP DLL
  - Делает возможным использование вашим приложением новых версий IPP
- Инструментальные средства помощи в разработке ПО (с использованием IPP) для Microsoft\* .Net и Java\*
- Сроки выхода:
  - Beta доступна на Intel website  
<http://developer.intel.com/software/products/ipp/ipp30/>
  - Релиз - Q1'03



# Intel® Integrated Performance Primitives

- Широкий спектр функциональности для multimedia, обработки изображений, сигналов, видео ...
- Высокая производительность приложений на новейших микропроцессорах Intel
- Предоставляет экономичное и быстрое решение для написания высокопроизводительных приложений

# Версии IPR есть для:

- Процессоров Intel® Pentium® и архитектур Intel® Itanium® - Version 2.0
  - 3.0 beta доступна на Web
- Микропроцессора Intel® SA-1110 - Version 1.11
- Процессоров Intel® PXA250 and PXA210 - Version 2.0 Beta

# Следующие шаги

- Изучите более подробно возможности Integrated Performance Primitives на сайте Intel

<http://intel.com/software/products/ipp>

- Скачайте free evaluation copy и попробуйте использовать
- Не проходите мимо демонстраций (в выставочном зале), использующих IPP





Intel  
software  
development  
products

## Intel® Integrated Performance Primitives

For Linux\*

Library functions for multimedia, image and signal processing  
Great performance on Intel processors  
Easy migration to latest Intel processor features  
Saves development time and cost

Version 2.0



Стр. 42

Intel  
**Developer**  
Forum  
Fall 2002

# Вопросы?





Intel  
**Developer**  
Forum  
Fall 2002