

Быстрое начало работы с VTune. Обзор новинок DSP. Super-Resolution для ToF-камер

Юрий Бердников

Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab



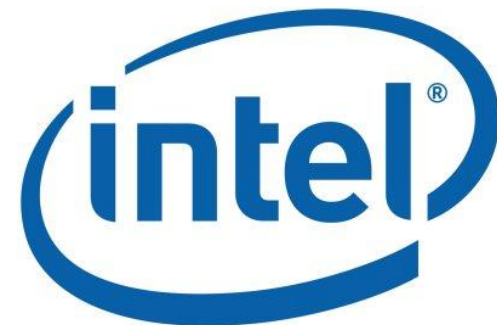
Содержание доклада

- **Быстрое начало работы с VTune**
- Обзор NVIDIA Tegra 250
- Обзор решений TI DaVinci
- Spatial-Depth Super Resolution for Range Images
- LidarBoost

Быстрое начало работы с VTune

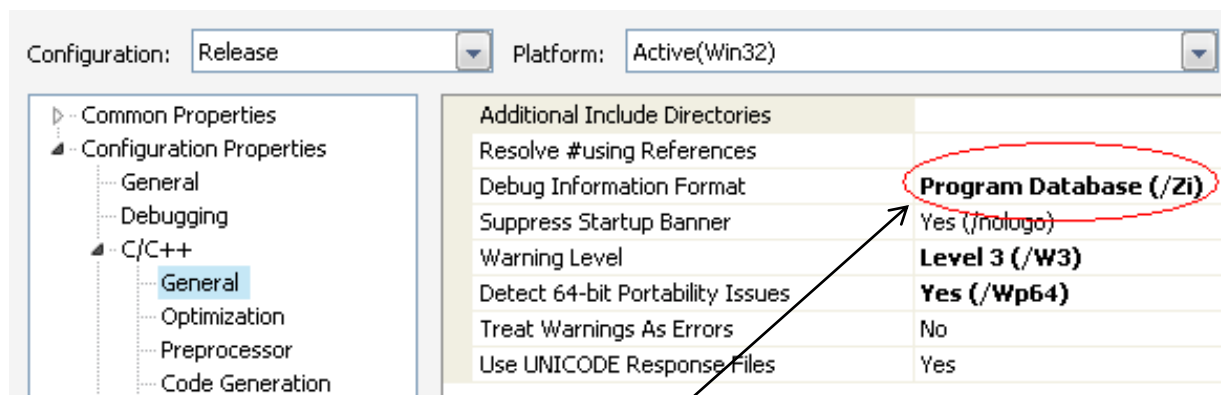
Почему VTune?

- Простота «первого шага»
- Корректная работа с многоядерными и многопроцессорными системами
- Ориентация на процессоры Intel
- Поддержка .NET – приложений
- Поддержка 32- и 64-битных приложений
- Интеграция в Visual Studio
- Поддержка JIT-кода

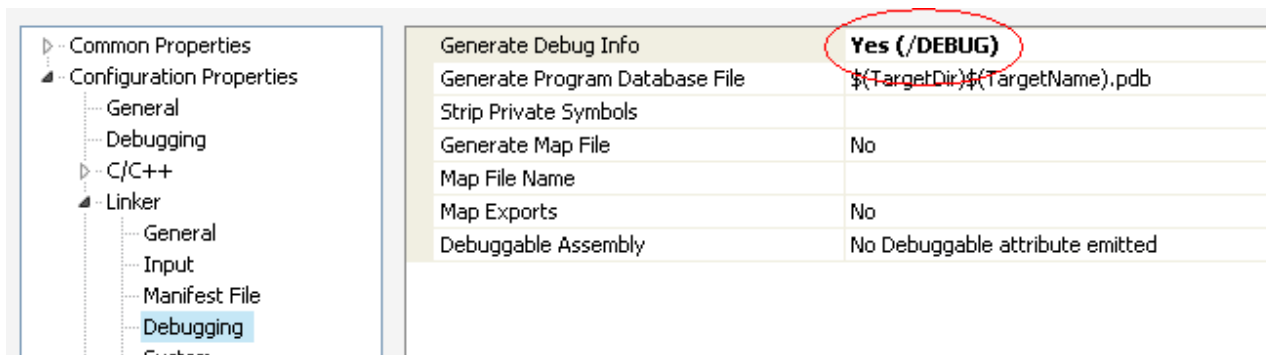


Быстрое начало работы с VTune

Опции проекта Visual Studio

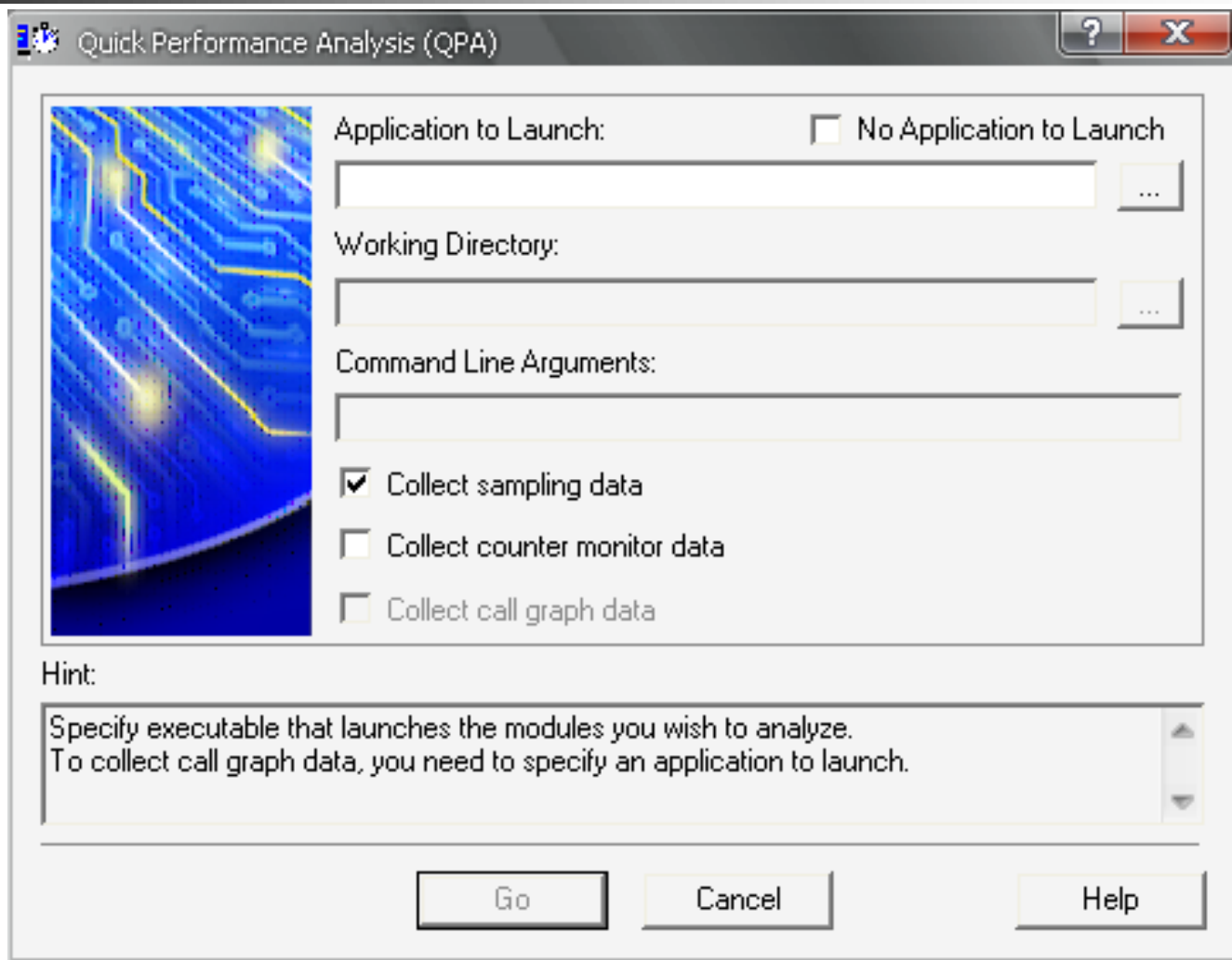


“Program Database for Edit & Continue” может вызвать неверное сопоставление строк исходного кода и ассемблерных команд



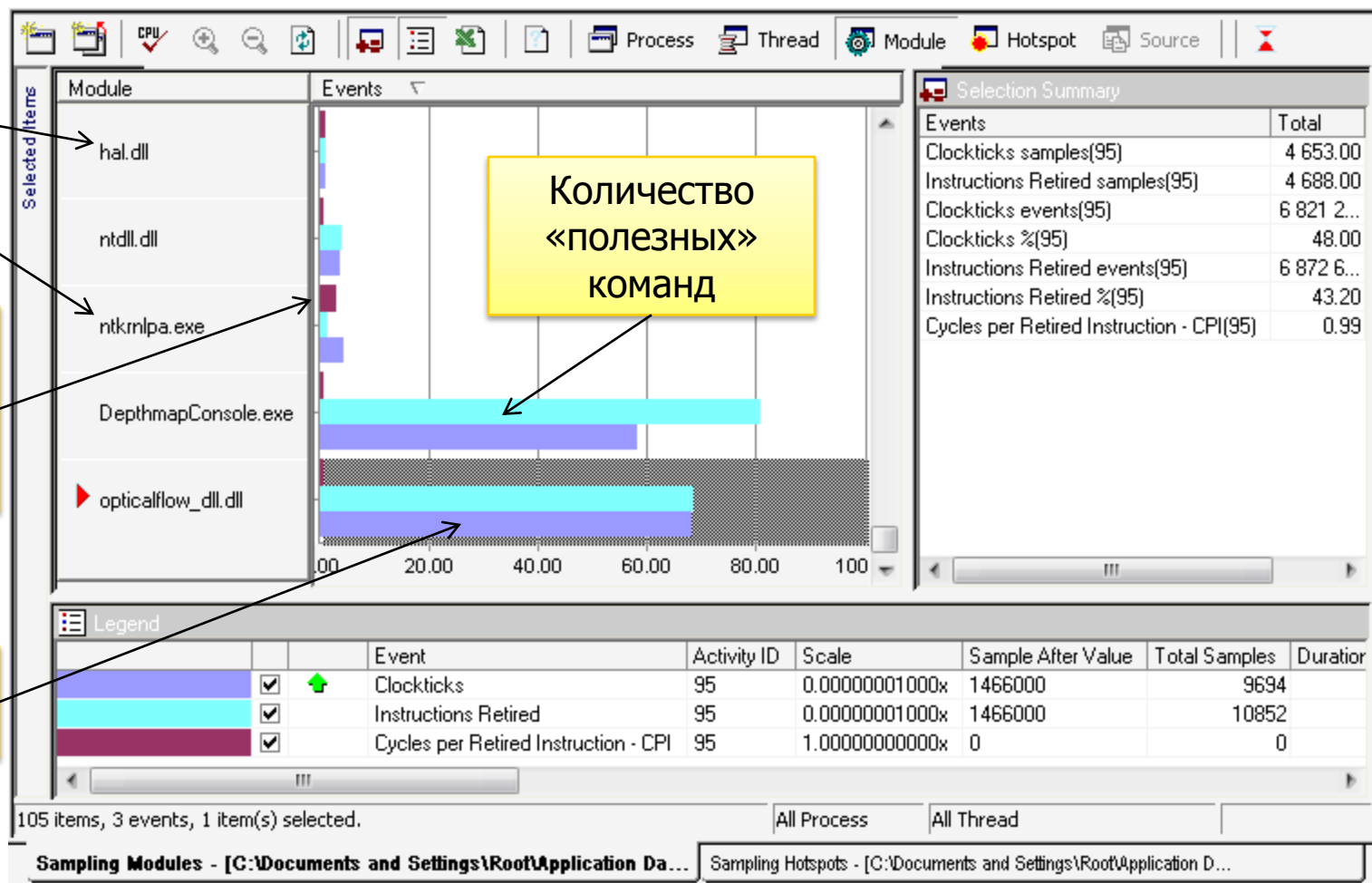
Быстрое начало работы с VTune

Создание проекта VTune Performance Analyzer



Быстрое начало работы с VTune

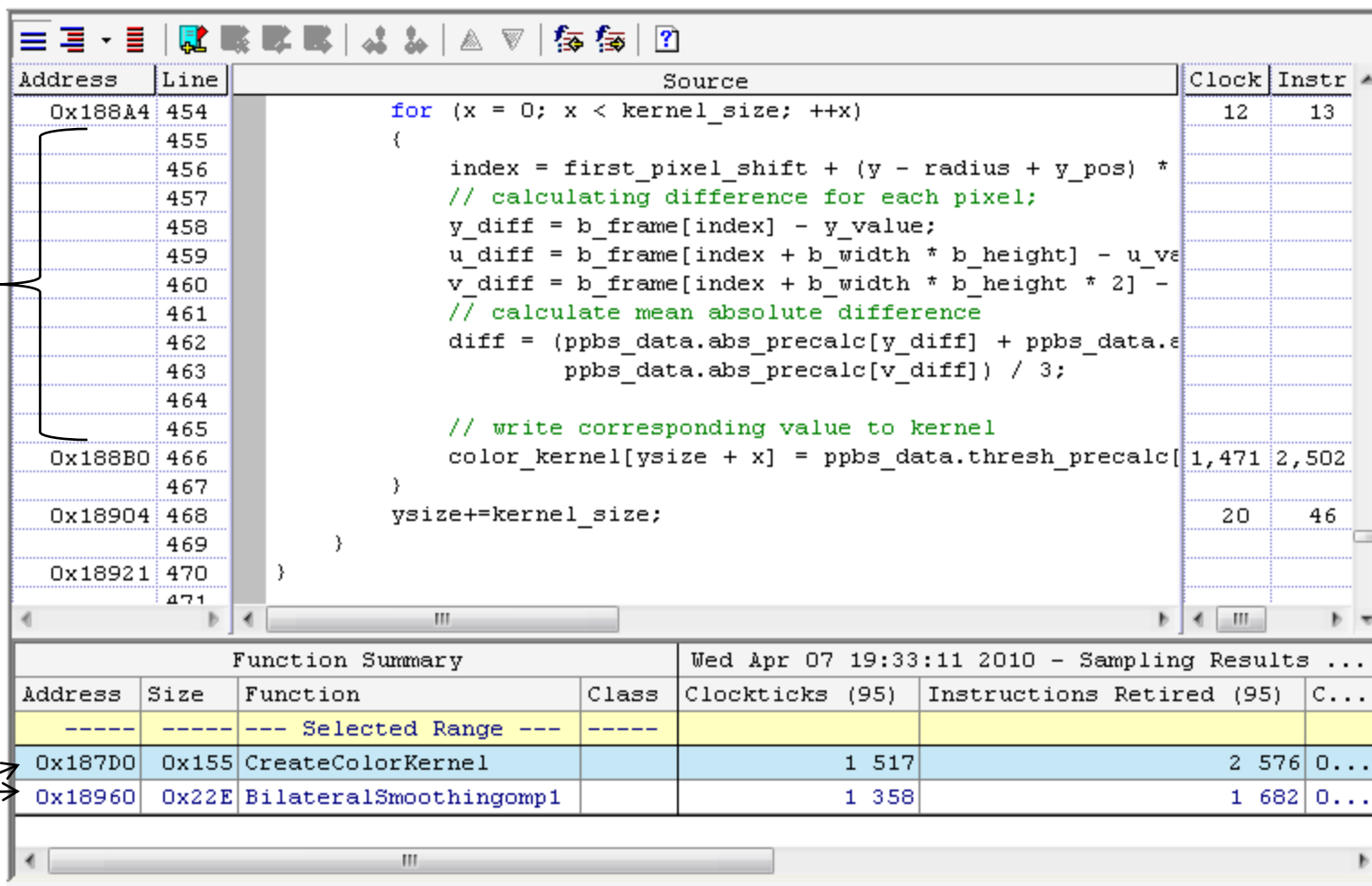
Трактовка результатов анализа



Быстрое начало работы с VTune

Анализ на уровне исходного кода

Здесь явно поработал оптимизатор



Address	Line	Source	Clock	Instr
0x188A4	454	for (x = 0; x < kernel_size; ++x)	12	13
	455	{		
	456	index = first_pixel_shift + (y - radius + y_pos) *		
	457	// calculating difference for each pixel;		
	458	y_diff = b_frame[index] - y_value;		
	459	u_diff = b_frame[index + b_width * b_height] - u_value;		
	460	v_diff = b_frame[index + b_width * b_height * 2] - v_value;		
	461	// calculate mean absolute difference		
	462	diff = (ppbs_data.abs_precalc[y_diff] + ppbs_data.abs_precalc[u_diff] + ppbs_data.abs_precalc[v_diff]) / 3;		
	463			
	464			
	465	// write corresponding value to kernel		
0x188B0	466	color_kernel[ysize + x] = ppbs_data.thresh_precalc[diff];	1,471	2,502
	467	}		
0x18904	468	ysize+=kernel_size;	20	46
	469	}		
0x18921	470	}		
	471			

Function Summary				Wed Apr 07 19:33:11 2010 - Sampling Results ...		
Address	Size	Function	Class	Clockticks (95)	Instructions Retired (95)	C...
-----	-----	--- Selected Range ---	-----			
0x187D0	0x155	CreateColorKernel		1 517	2 576	0...
0x18960	0x22E	BilateralSmoothingomp1		1 358	1 682	0...

Список функций

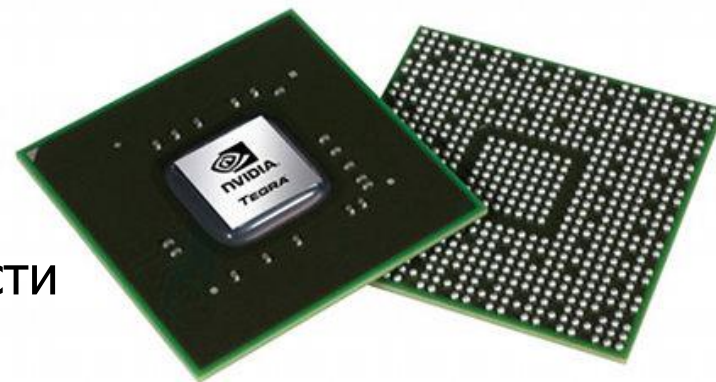
Содержание доклада

- Быстрое начало работы с VTune
- **Обзор NVIDIA Tegra 250**
 - Строение
 - Анонсированные устройства
 - Developer`s Kit
- Обзор решений TI DaVinci
- Spatial-Depth Super Resolution for Range Images
- LidarBoost

NVIDIA Tegra 250

Обзор

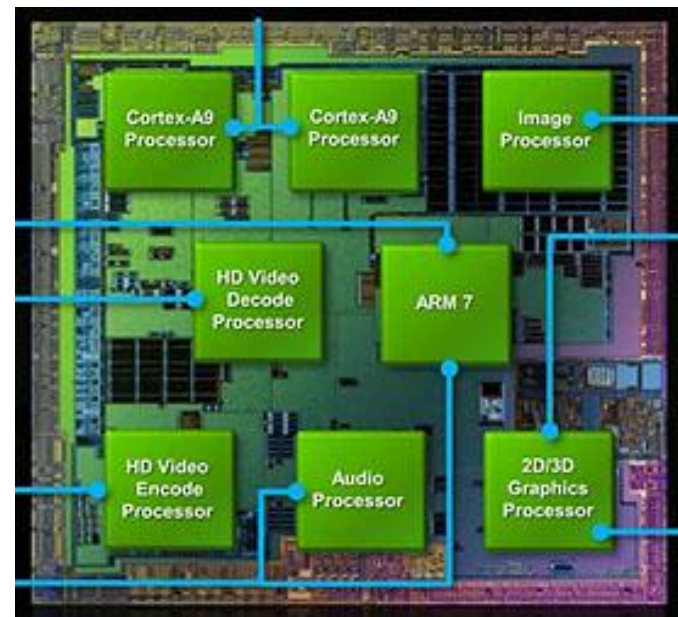
- Замена предыдущих поколений Tegra
- Ориентация на нетбуки, смартбуки, интернет-планшеты, видеоплееры
- 4х-кратный прирост производительности при той же мощности
- Декодирование 1080p H.264/VC-1/MPEG-4
- Кодирование в реальном времени 1080p H.264
- Поддержка камер с разрешением до 12 МП
- Поддержка параллельной работы двух дисплеев
- Аппаратное ускорение Adobe Flash Player 10.1
- Официальный «пакет разработчика»



NVIDIA Tegra 250

Строение

- Двухъядерный ARM Cortex-A9 MPCore
 - До 1 ГГц
 - 40 нм, 49 мм², 240 млн транзисторов
 - Поддержка 32-bit LP-DDR2, DDR2
- ULP NVIDIA GPU
 - Удвоенная производительность
 - поддержка OpenGL ES 2.0
- Отдельные процессоры для обработки HD Video, изображений и аудио
- Аппаратная поддержка AAC, AMR, WMA, MP3 и других форматов
- Интерфейсы VGA, HDMI до 1920x1080
- Выход PAL/NTSC



NVIDIA Tegra 250

Анонсированные устройства: Compal

- 7" экран
- 14 часов FullHD без подзарядки!
- ОС Android 2.0
- Резистивный тачскрин



NVIDIA Tegra 250

Анонсированные устройства: Mobinnova Beam



NVIDIA Tegra 250 Developer Kit

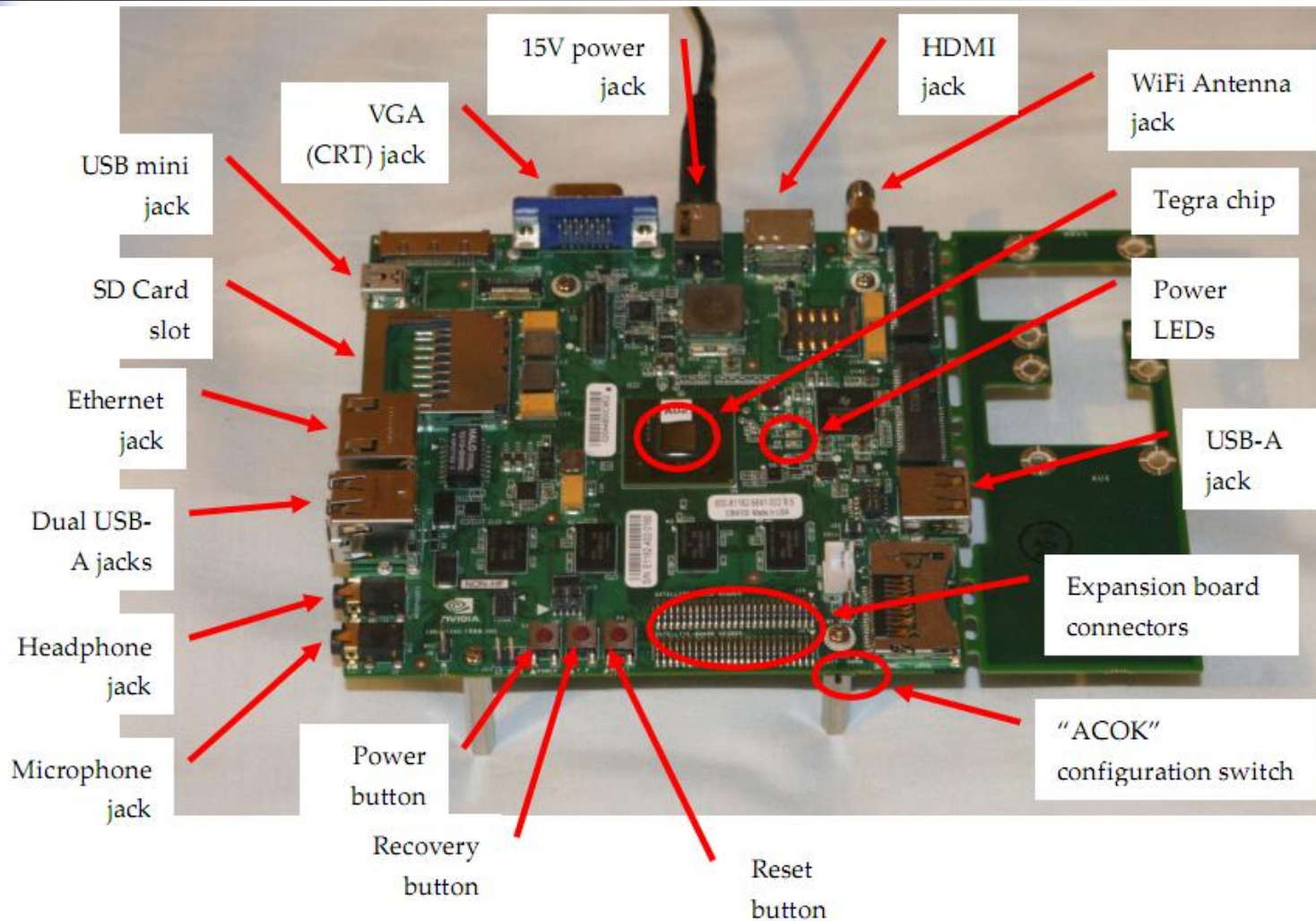
Общее описание

- Связь с компьютером через USB
- 1 ГБ RAM
- 512 МБ flash-памяти
- Ethernet
- Wi-Fi
- Bluetooth
- Audio In/Out
- USB-Host контроллер
- SD(HC) слот
- 3 кнопки управления
- Дополнительная плата с дублированием кнопок, контрольными светодиодами и последовательным портом для отладки



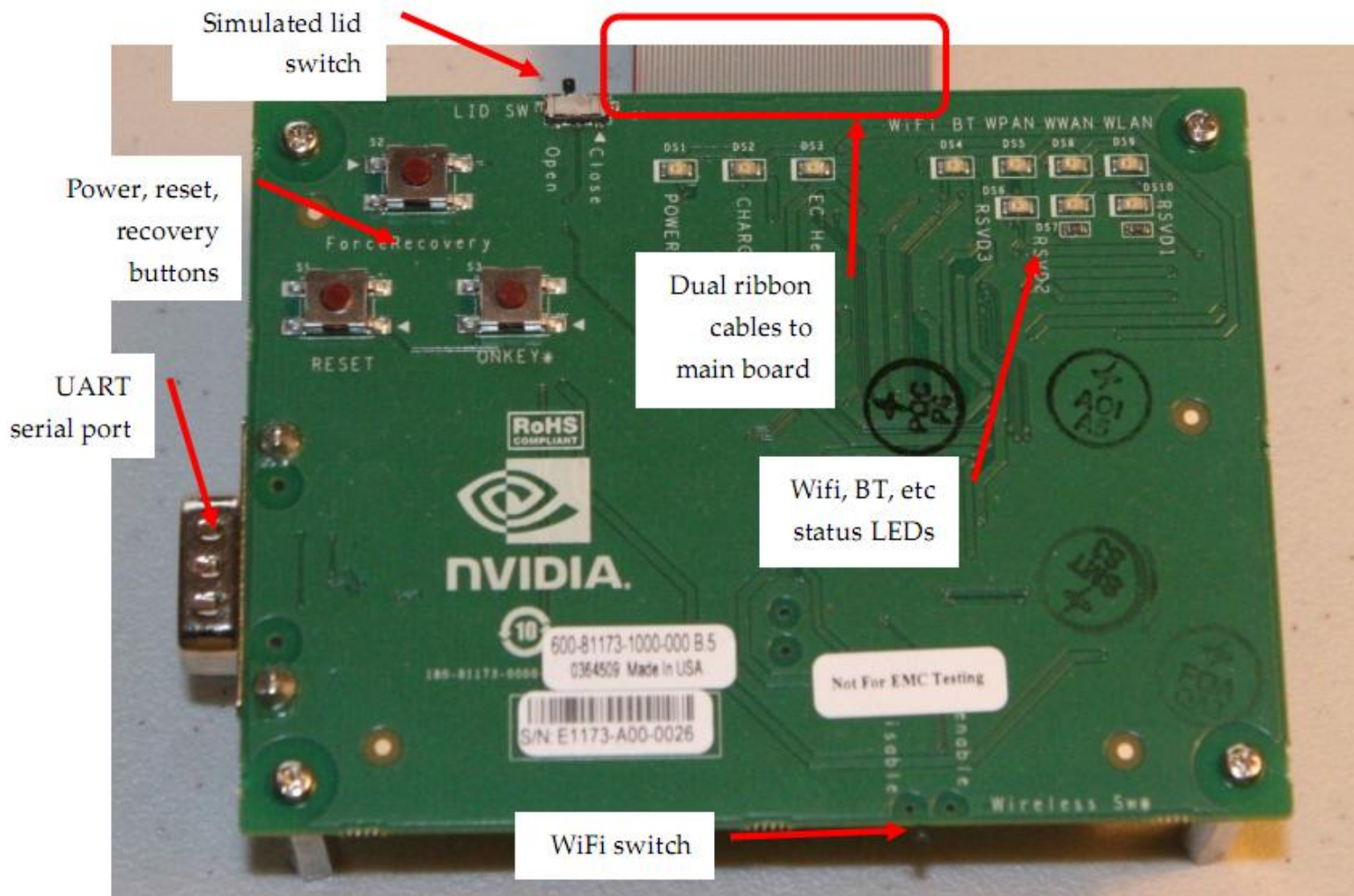
NVIDIA Tegra 250 Developer Kit

Основная плата



NVIDIA Tegra 250 Developer Kit

Дополнительная плата

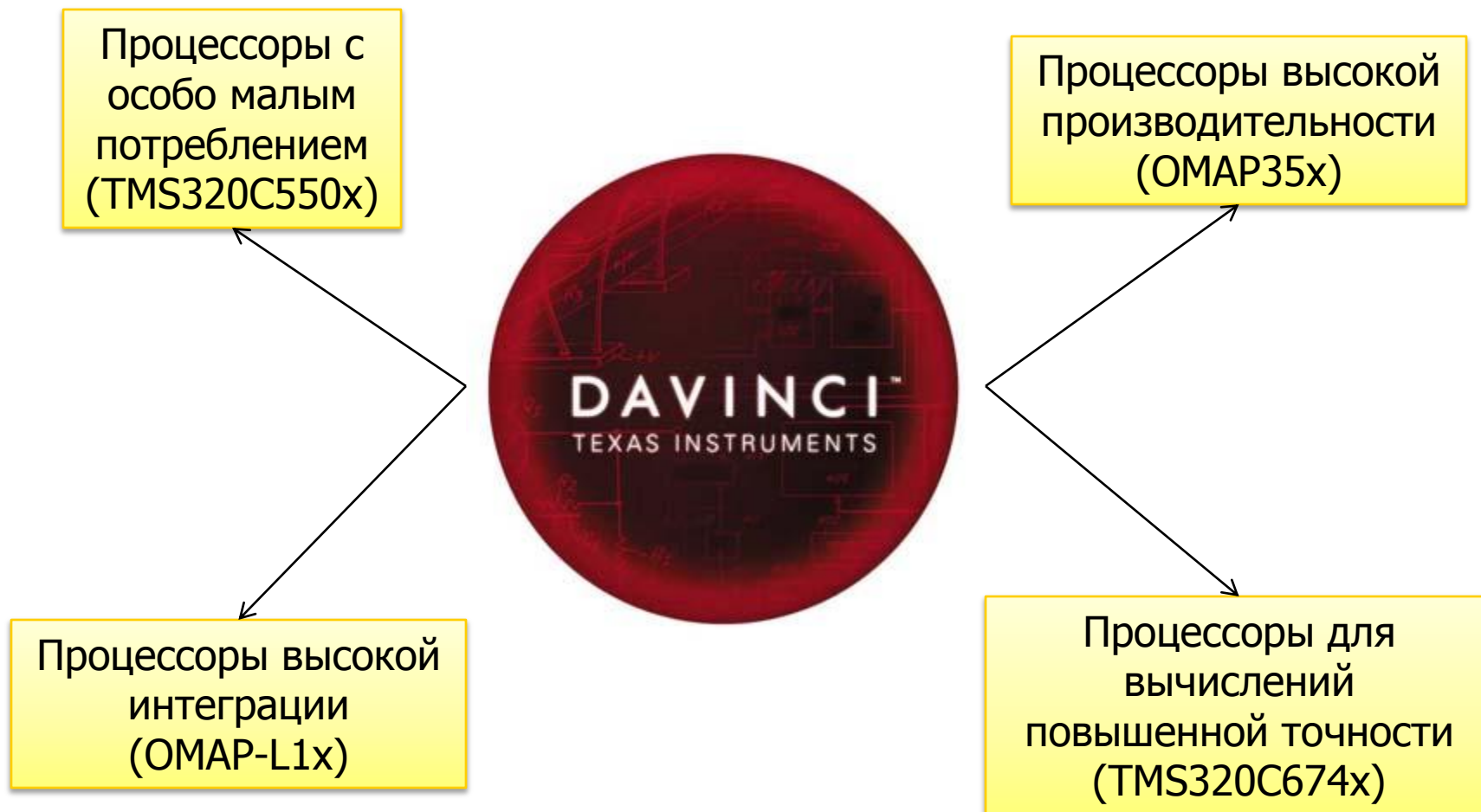


Содержание доклада

- Быстрое начало работы с VTune
- Обзор NVIDIA Tegra 250
- **Обзор решений TI DaVinci**
 - TMS320C550x
 - OMAP35x
 - OMAP-L1x
 - TMS320C674x
 - Сравнение процессоров
- Spatial-Depth Super Resolution for Range Images
- LidarBoost

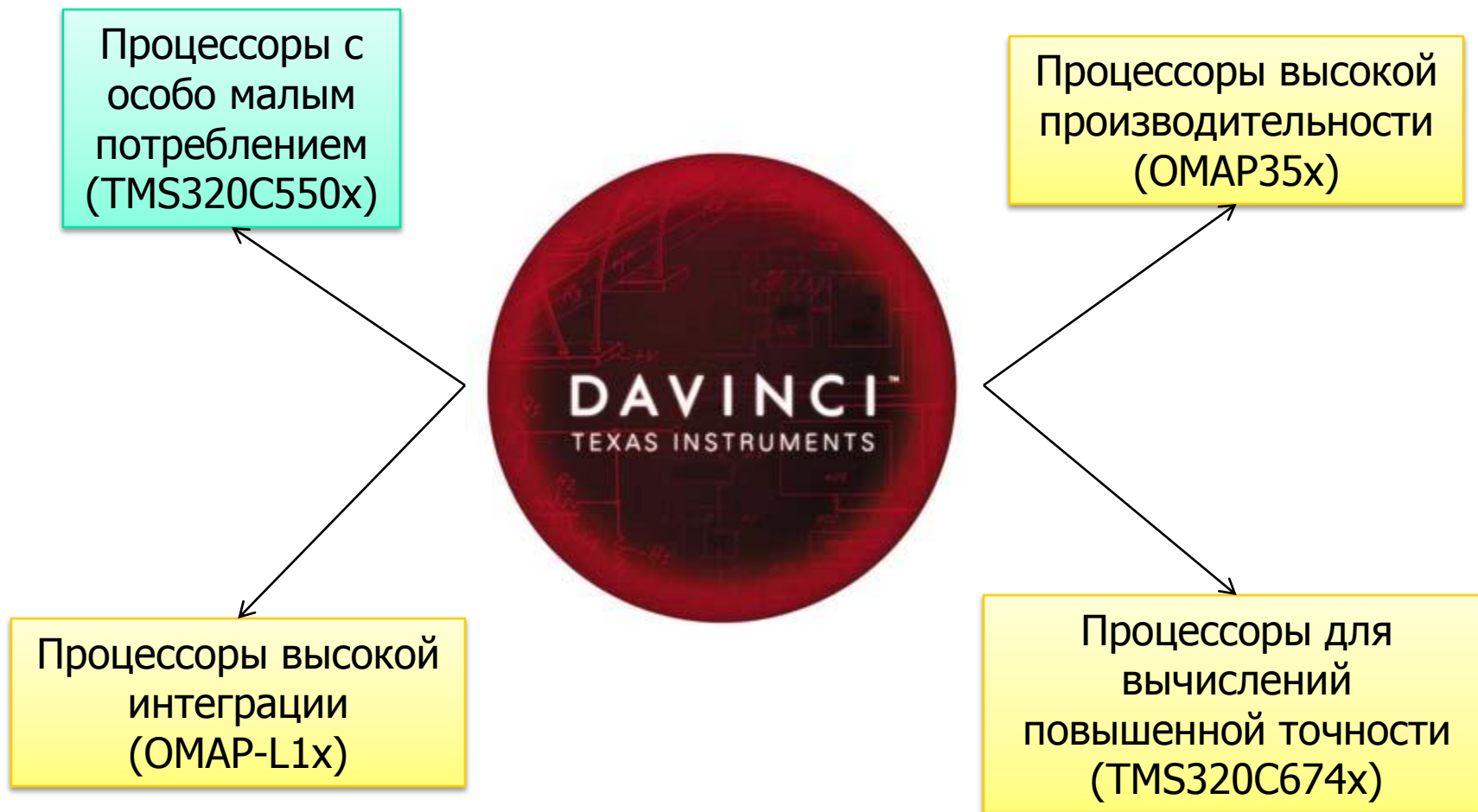
Texas Instruments DaVinci

Обзор решений



Texas Instruments DaVinci

Обзор решений



Texas Instruments DaVinci

Процессоры с особо малым потреблением: TMS320VC5505

- Область применения: беспроводные аудиоустройства, обработка звука, медицина, биометрия
- C55x DSP, 60..100 МГц
- Операции только с фиксированной точкой
- До 2 инструкций за цикл
- 2 модуля умножения (до 200 ММАС)
- 2 АЛУ
- Аппаратное 1024-точечное FFT
- 320 КБ RAM мгновенного доступа
- 128 КБ ROM мгновенного доступа
- Контроллер DMA, 16-ный EMIF
- 2 контроллера SD/MMC



Texas Instruments DaVinci

Процессоры с особо малым потреблением: TMS320VC5505

- Контроллер USB 2.0
- 10-битный ЦАП
- Встроенный BootLoader
- Контроллер последовательного порта
- Контроллер LCD
- 3 32-битных таймера
- 26 программируемых выводов
- PWM-контроллер
- Питание: 1.08 ... 3.3 V
- Взаимная изоляция источников питания
- Самое низкое потребление в своём классе (150 мкВт в спящем режиме и 15 мВт при полной загрузке)



DSP
TMS320C550x



TEXAS
INSTRUMENTS

Texas Instruments DaVinci

Процессоры с особо малым потреблением: TMS320VC5505

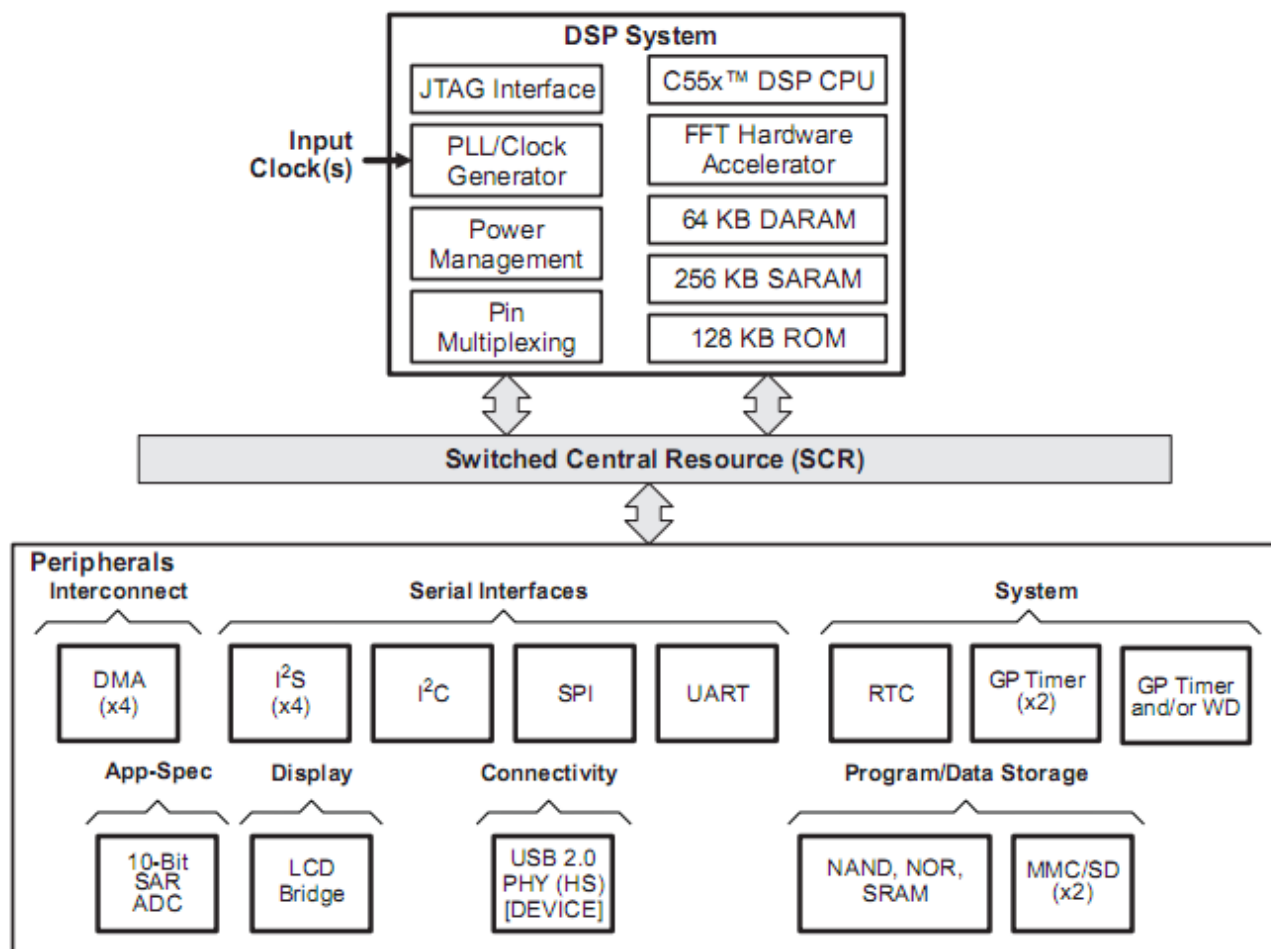
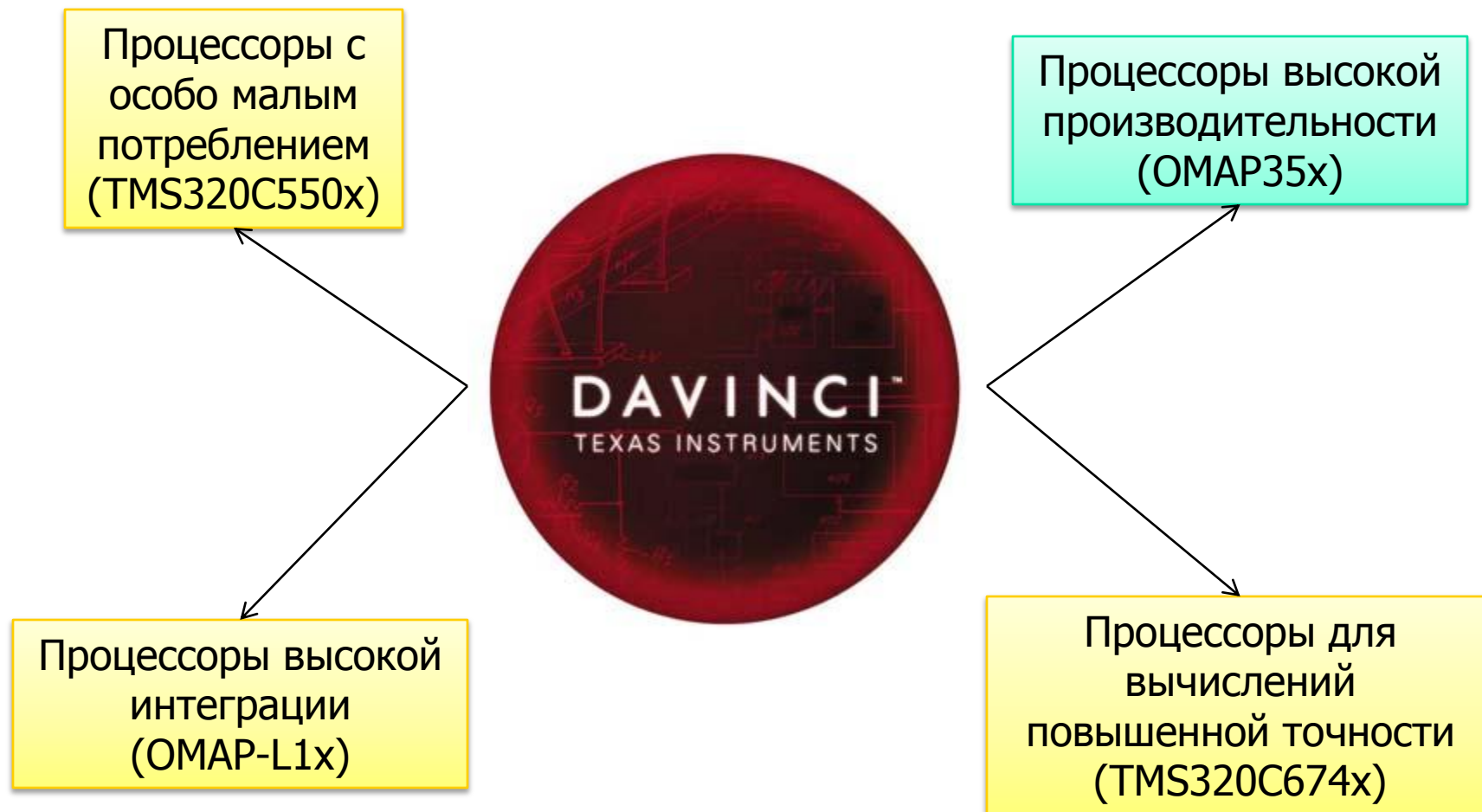


Figure 1-1. TMS320VC5505 Functional Block Diagram

Texas Instruments DaVinci

Обзор решений



Texas Instruments DaVinci

Процессоры высокой производительности : OMAP3530

- Самый мощный процессор в линейке
- Область применения: навигаторы, цифровые камеры и ТВ, игровые устройства, «Умный Дом», торговые автоматы
- ARM-ядро
- DSP-сопроцессор
- Модуль взаимодействия с камерой
- Множество интерфейсов
- Низкое потребление (815 мВт при полной загрузке)



**TEXAS
INSTRUMENTS**



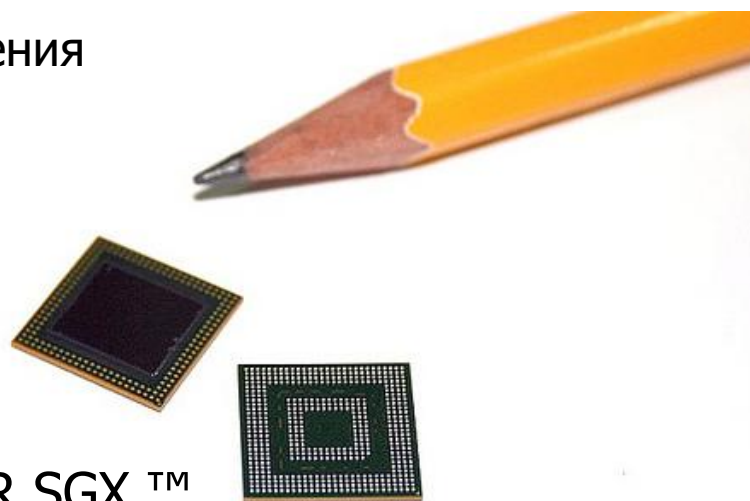
Texas Instruments DaVinci

Процессоры высокой производительности : OMAP3530

- 720 МГц ARM Cortex-A8
 - Суперскалярная архитектура
 - MMU-команды
 - Floating-point SIMD
 - Динамическое предсказание ветвления
 - 112 КБ ROM
 - 64 КБ разделяемой памяти
- Контроллер внешней SDRAM
- NEON™ SIMD-сопроцессор
- Enhanced DMA (128 каналов)
- Графический сопроцессор POWERVR SGX™
 - Пиксельные и вершинные шейдеры
 - OpenGL ES 1.1 и 2.0, OpenVG1.0
 - Аппаратный антиалиасинг



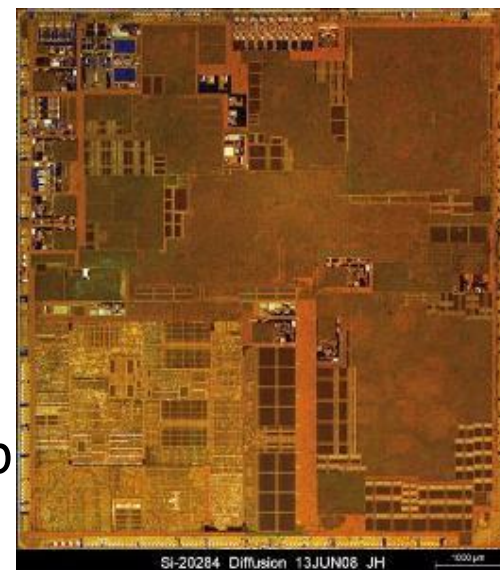
**TEXAS
INSTRUMENTS**



Texas Instruments DaVinci

Процессоры высокой производительности : OMAP3530

- 520 МГц C64x+ DSP
 - 6 32-битных АЛУ, до 4 команд за цикл
 - 2 устройства умножения: 8x8-битных и 4x16-битных умножений за цикл
 - 64 32-битных регистра
 - «Условное» выполнение всех инструкций
 - Упаковка инструкций
 - 32 КБ L1-кэш команд
 - 80 КБ L1-кэш данных
 - 128 КБ общий L2-кэш
- 32-канальный System DMA (sDMA) контроллер
- 3 контроллера SD/MMC



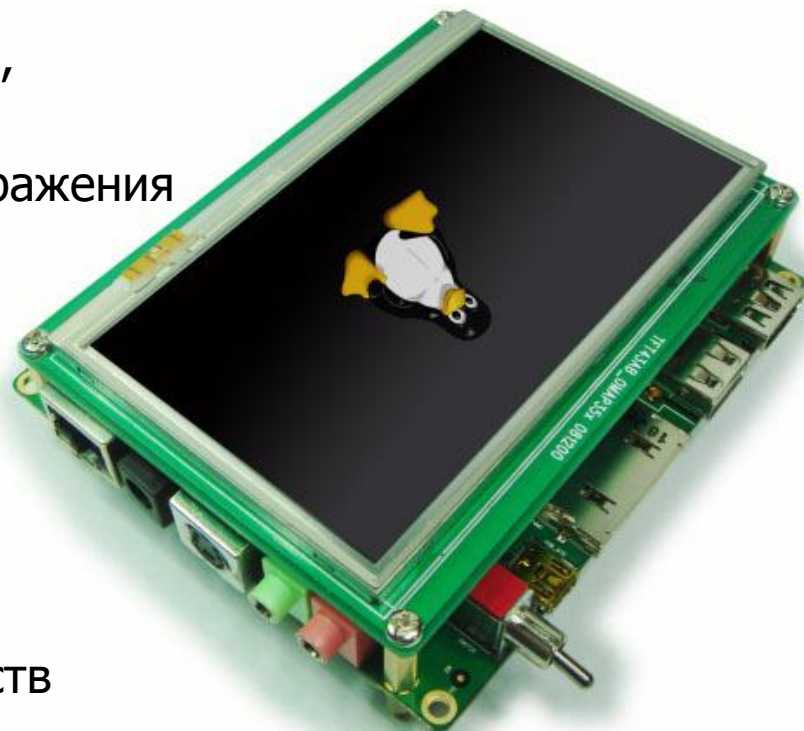
Texas Instruments DaVinci

Процессоры высокой производительности : OMAP3530

- Обработка изображений с камеры
 - Интерфейсы CCD и CMOS-Imager
 - Поддержка 8- и 10-битных данных
 - Модуль быстрого предпросмотра
 - Модули вычисления гистограммы, баланса белого, автофокуса
 - Модуль изменения размера изображения
- Подсистема отображения
 - Параллельный вывод
 - До 2 LCD-дисплеев
 - 24-bit RGB
 - 2 ЦАП(вывод NTSC/PAL/S-Video)
 - 8-битное альфа-смешивание
 - Конвертация цветовых пространств



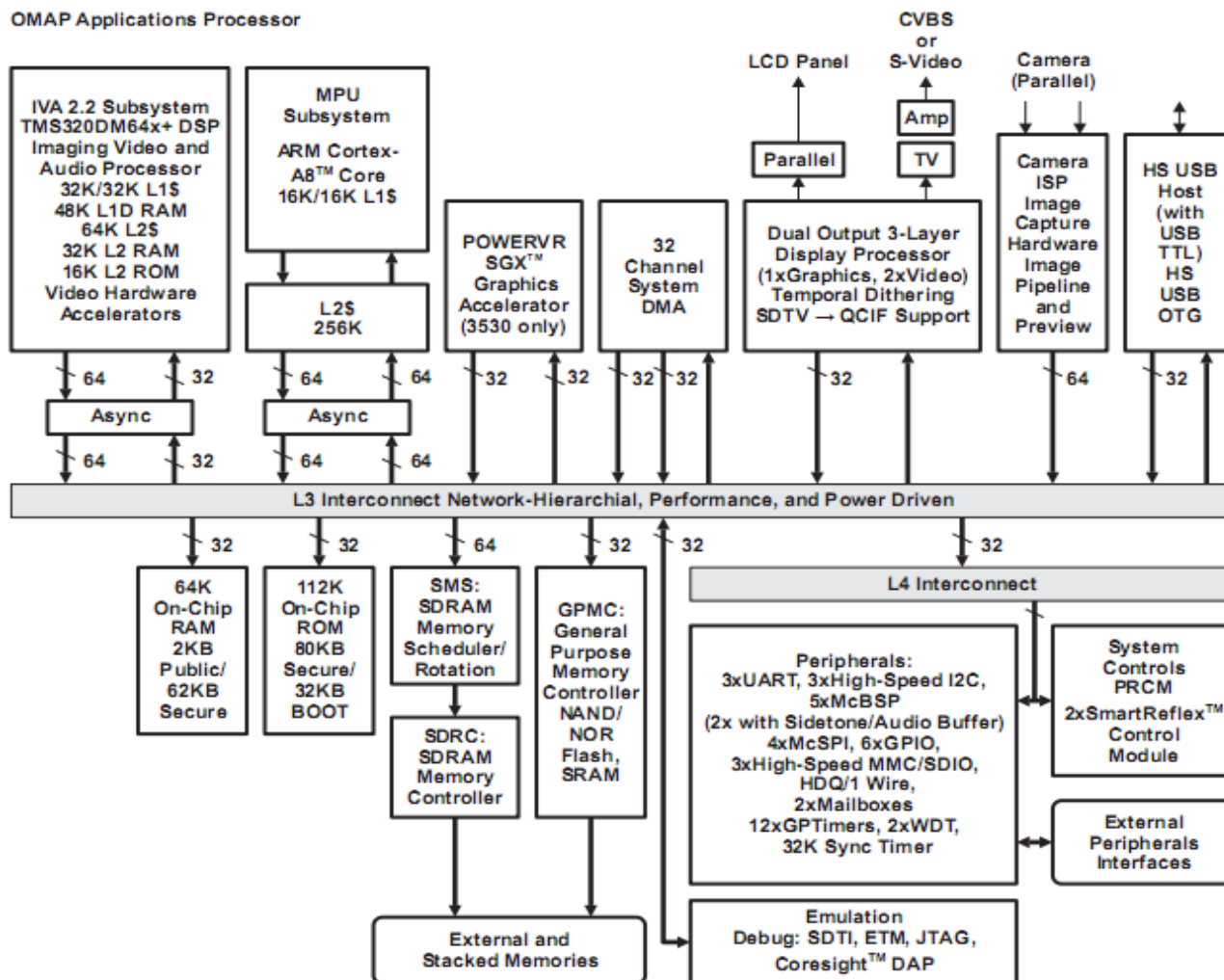
**TEXAS
INSTRUMENTS**



Texas Instruments DaVinci

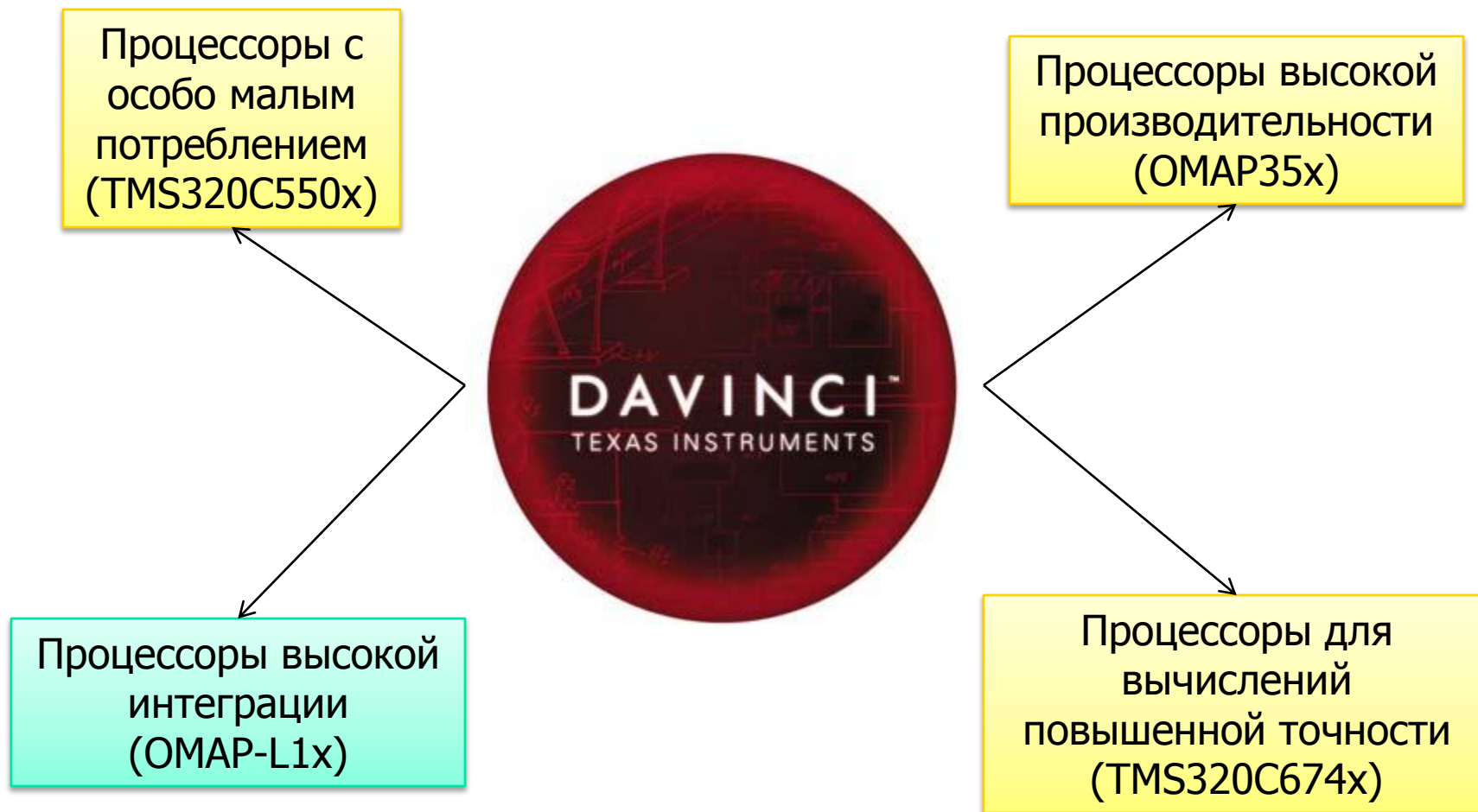
Процессоры высокой производительности : OMAP3530

OMAP Applications Processor



Texas Instruments DaVinci

Обзор решений



Texas Instruments DaVinci

Процессоры высокой интеграции : OMAP-L138

- 300 МГц ARM926EJ-S RISC
 - 32- и 16-битные инструкции
 - Набор команд DSP
 - Технология отладки EmbeddedICE-RT
- 300 МГц C674x VLIW DSP
 - Расширенный набор инструкций (комбинация команд C64x+ и C67x+)
 - 2400 MIPS, 1800 FLOPS
 - 16-битные инструкции
- Архитектура памяти – ARM9
 - L1 кэш данных - 32 КБ
 - L1 кэш команд - 32 КБ
 - Общий кэш L2 – 256 КБ
 - 1 МБ boot ROM



Texas Instruments DaVinci

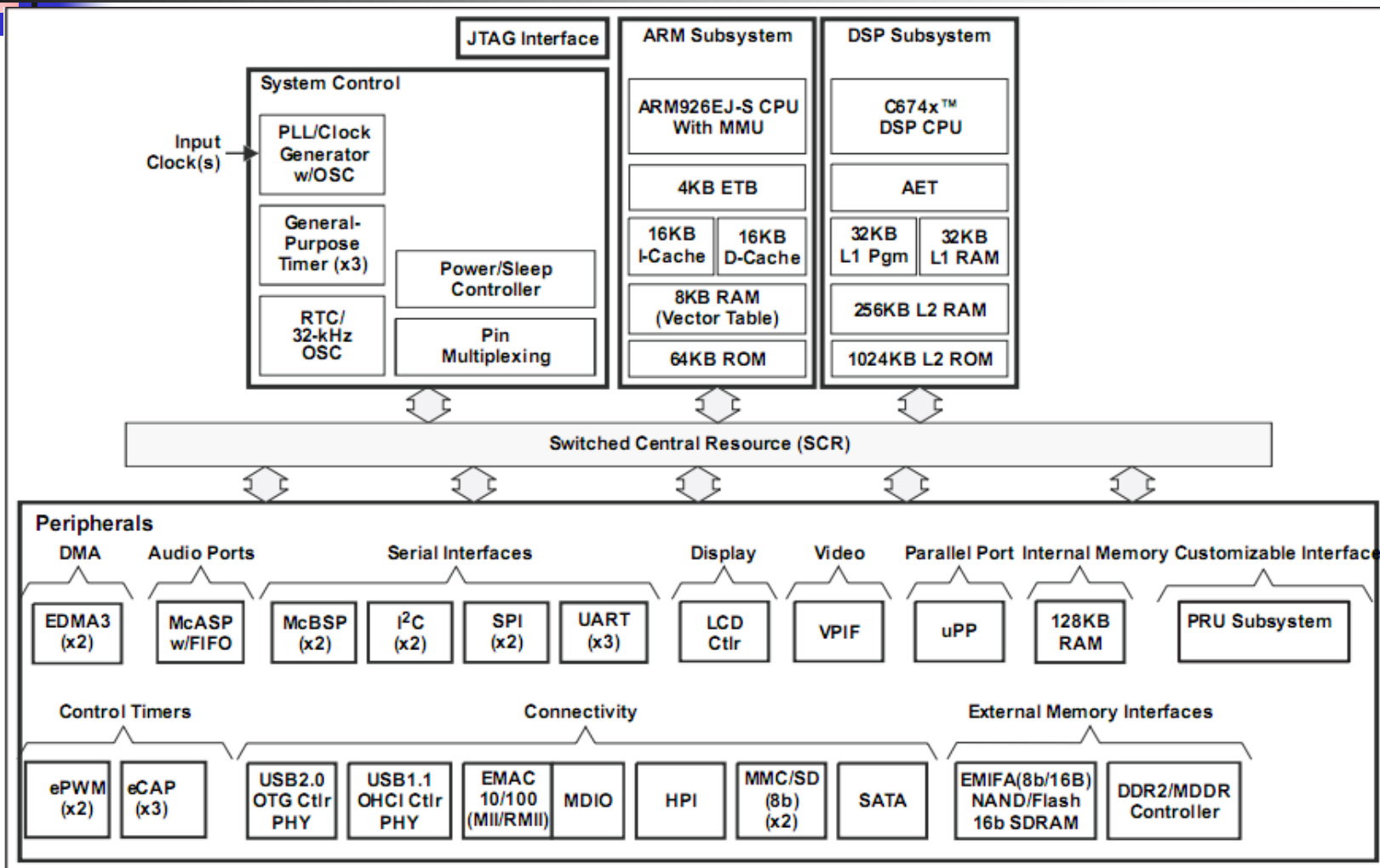
Процессоры высокой интеграции : OMAP-L138

- Floating-Point VLIW DSP Core
- 128K-Byte RAM Shared Memory
- Контроллер LCD
- 2 контроллера MMC/SD
- Enhanced Direct-Memory-Access Controller (EDMA3)
- Подсистема реального времени
- 2 многоканальных буферизованных последовательных порта
- 100 Мбит/с Ethernet MAC
- Universal Parallel Port
- SATA контроллер
- 3 64-битных таймера



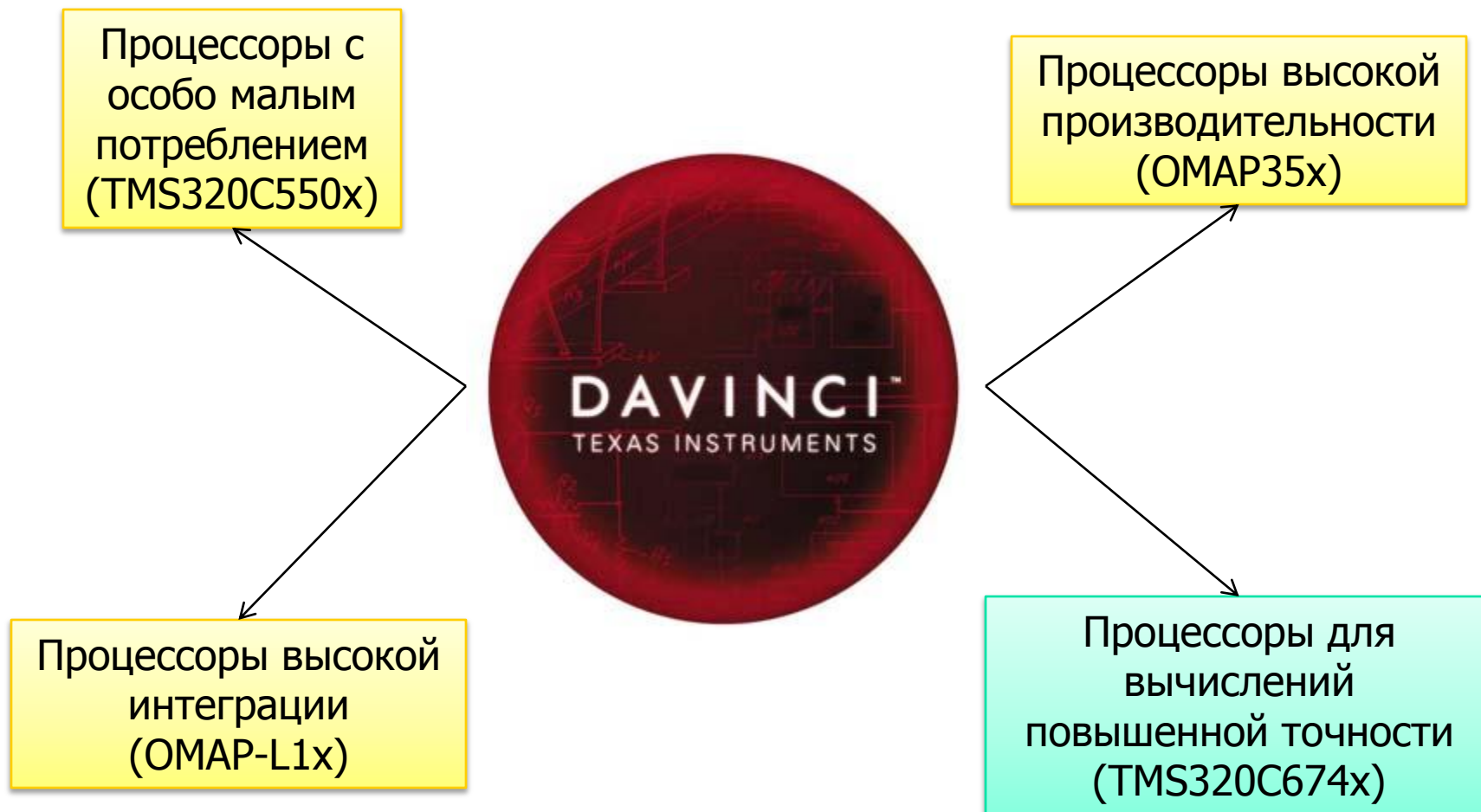
Texas Instruments DaVinci

Процессоры высокой интеграции : OMAP-L138



Texas Instruments DaVinci

Обзор решений



Texas Instruments DaVinci

Процессоры для вычислений повышенной точности : TMS320C6747

- Область применения: аудиотехника, быстрое (де)кодирование сигналов, USB- и сетевое оборудование
- 200 или 300 МГц C674x VLIW DSP
 - SP и DP floating point
 - 6 АЛУ
 - 2 устройства умножения
 - Аппаратное ускорение циклов
 - Оптимизированная обработка ошибок и переходов
 - Все инструкции «условные»



Texas Instruments DaVinci

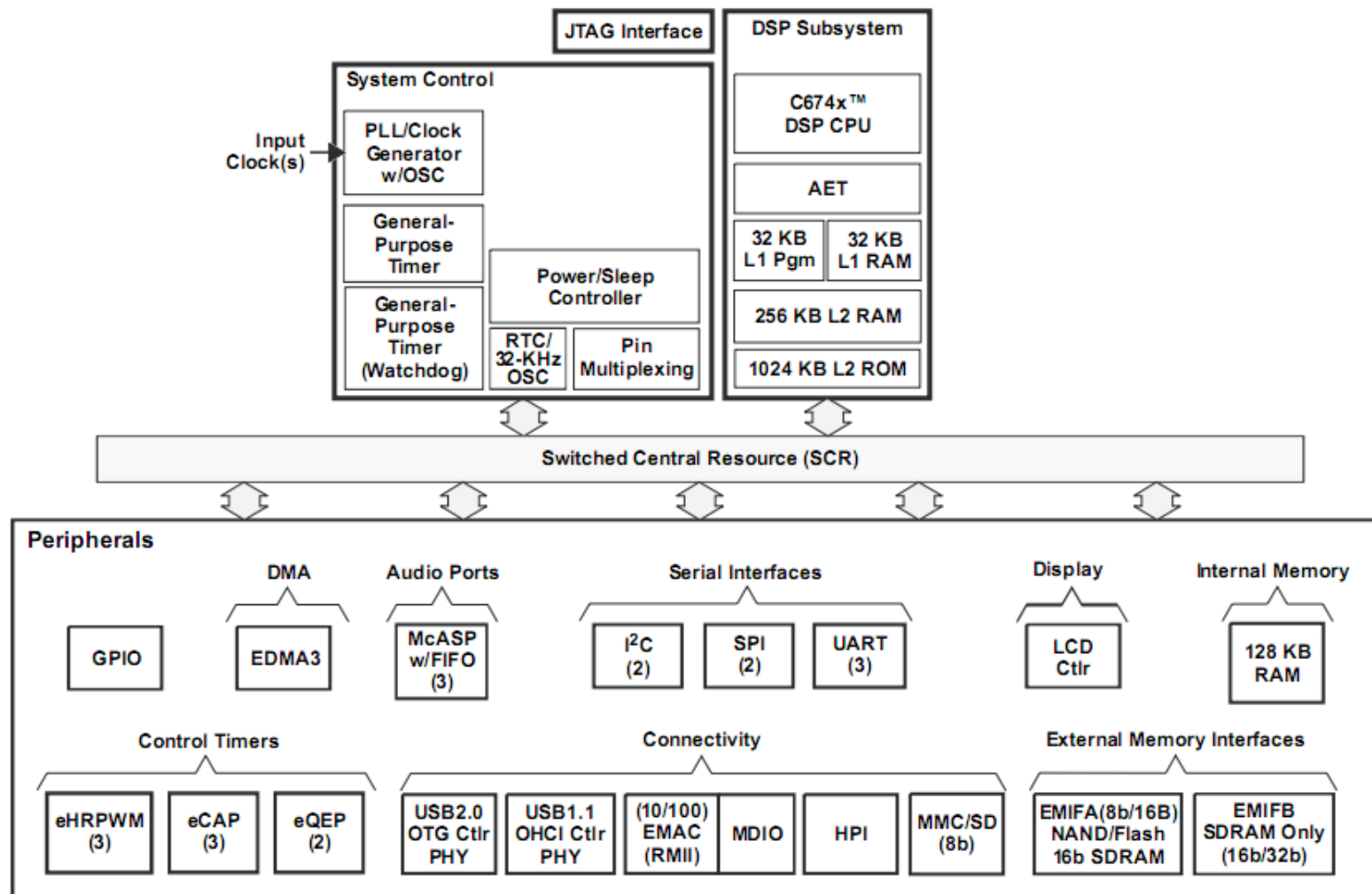
Процессоры для вычислений повышенной точности : TMS320C6747

- Операции с плавающей точкой
 - Каждое АЛУ:
 - 4 SP-сложения за цикл
 - 4 DP-сложения за 2 цикла
 - Каждое устройство умножения:
 - 2 SPxSP->SP за цикл
 - 2 SPxSP->DP за 2 цикла
 - 2 SPxDP->DP за 3 цикла
 - 2 DPxDP->DP за 4 цикла
- Операции с фиксированной точкой:
 - 2 32bit-умножения за цикл
 - 4 16bit-умножения за цикл
 - 8 8bit-умножений за цикл



Texas Instruments DaVinci

Процессоры для вычислений повышенной точности : TMS320C6747



Tegra 250 и DaVinci

Сравнение семейств процессоров

Семейство	+	-	Выводы
NVIDIA Tegra 250	(?) распространённость, функциональность, возможность использования готовых наработок для видеокарт NVIDIA	Закрытость для свободного доступа информации и средств разработки	Очень перспективная разработка. NVIDIA умеет учиться на ошибках
TMS320C550x	Малое потребление энергии, низкая цена	Плохая приспособленность к обработке графических данных	Возможны только простые алгоритмы, но хорошо подходит для маломощных устройств
OMAP35x	Работа с HD video и сложными алгоритмами	Большая потребляемая мощность, цена	Лучшее решение для устройств с сетевым питанием или мощными аккумуляторами (профессиональные камеры, телевизоры «верхнего» ценового диапазона)
OMAP-L1x	Малые габариты, потребляемая мощность и цена конечных устройств	Потенциально большое количество «лишних» возможностей	Оптимально для multifunctional устройств «всё в одном»
TMS320C674x	Быстрая работа с плавающей точкой	Цена	Семейство рассчитано на довольно узкую область, но в своём классе - лучшие



Содержание доклада

- Быстрое начало работы с VTune
- Обзор NVIDIA Tegra 250
- Обзор решений TI DaVinci
- **Spatial-Depth Super Resolution for Range Images**
- LidarBoost

Spatial-Depth Super Resolution

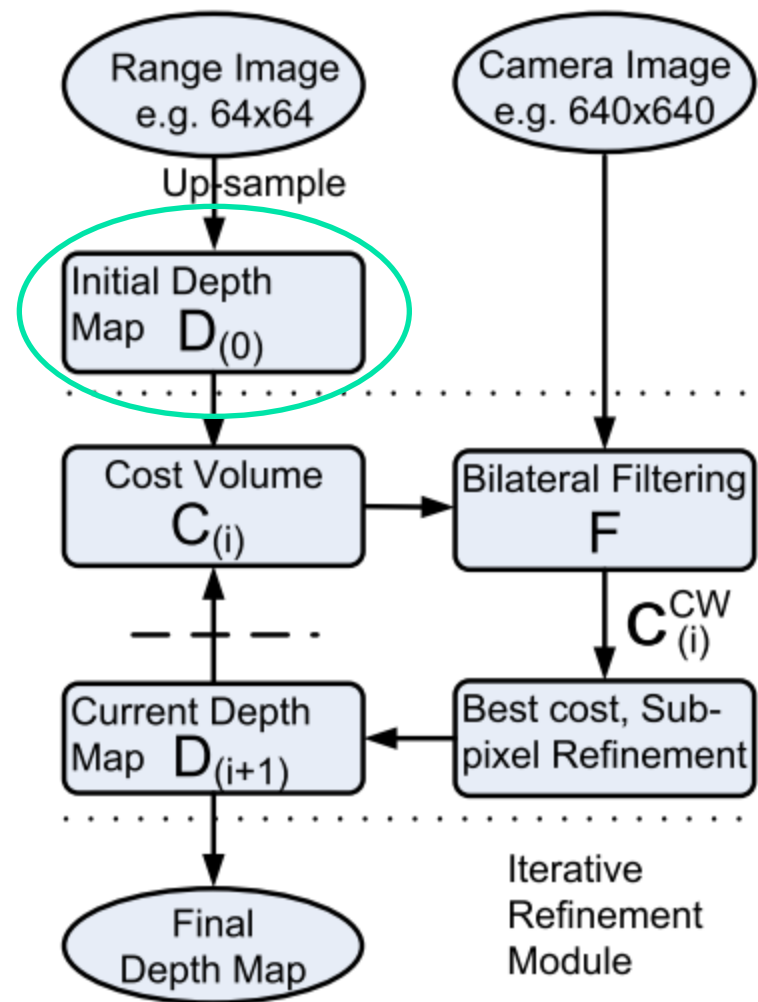
Введение

- Лазерные сканеры
 - Высокая точность
 - Низкая скорость работы
 - Измерение одной точки в каждый момент времени
- Time-Of-Flight камеры
 - Хорошо работают с динамичными сценами
 - Низкое разрешение
 - Высокий уровень шума
- Задача – используя данные с Time-Of-Flight камеры и изображение высокого разрешения с обычной камеры построить точную карту глубины высокого разрешения

Spatial-Depth Super Resolution

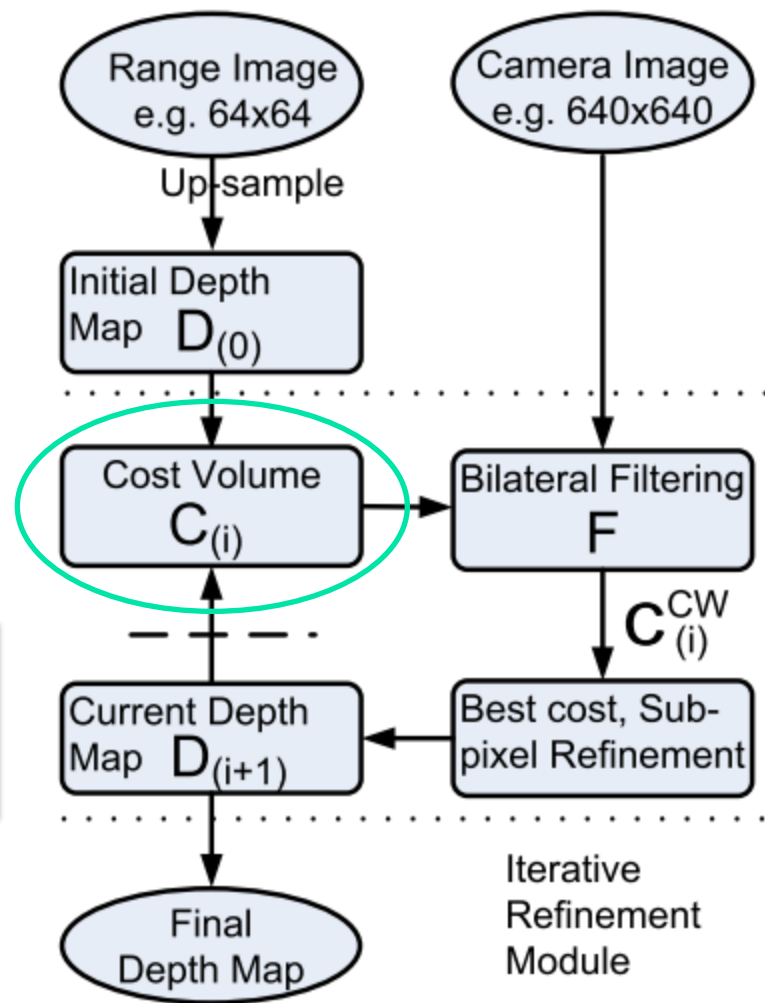
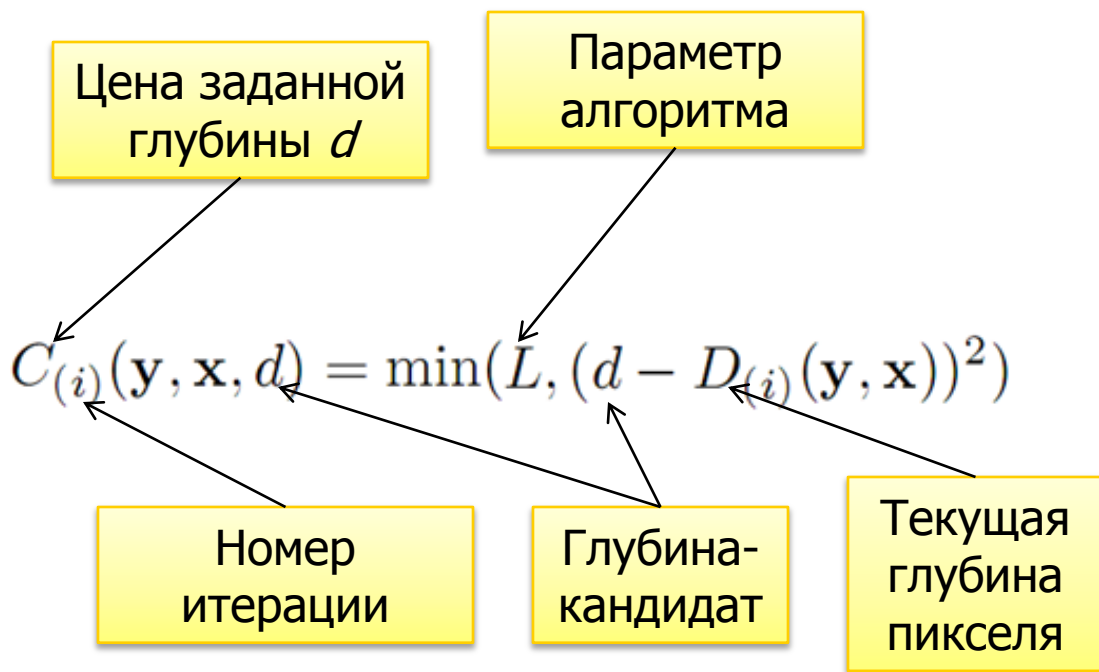
Начальный этап

- Работа только по одному кадру
- Входные данные
 - Карта глубины 64x64
 - Изображение 640x640
- Предположения
 - Большинство поверхностей – частично-гладкие
 - Если цвет пикселей близок, скорее всего, глубина у них тоже близка
- Увеличение карты глубины до размера изображения, интерполяция – nearest neighbor



Spatial-Depth Super Resolution

Функция цены



Spatial-Depth Super Resolution

Фильтрация цен

- Для каждого фиксированного d – билатеральная фильтрация

$$F(\mathbf{y}+u, \mathbf{x}+v) = f_c(W_c(\mathbf{y}, \mathbf{x}, u, v))f_s(W_s(u, v)), \quad (2)$$

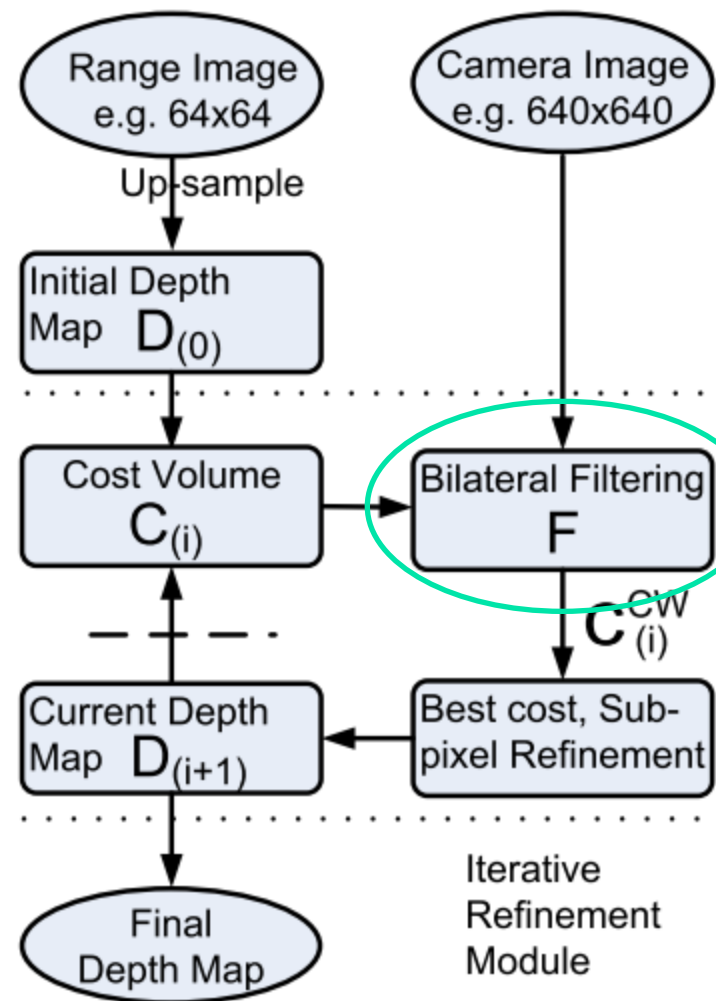
$$f_c(\mathbf{x}) = \exp\left(-\frac{|\mathbf{x}|}{\gamma_c}\right),$$

$$f_s(\mathbf{x}) = \exp\left(-\frac{|\mathbf{x}|}{\gamma_s}\right),$$

Константы –
параметры
алгоритма

$$W_c(\mathbf{y}, \mathbf{x}, u, v) = \frac{1}{3} (|R(\mathbf{y}+u, \mathbf{x}+v) - R(\mathbf{y}, \mathbf{x})| + |G(\mathbf{y}+u, \mathbf{x}+v) - G(\mathbf{y}, \mathbf{x})| + |B(\mathbf{y}+u, \mathbf{x}+v) - B(\mathbf{y}, \mathbf{x})|),$$

$$W_s(u, v) = \sqrt{u^2 + v^2}.$$



Spatial-Depth Super Resolution

Борьба со ступенчатостью

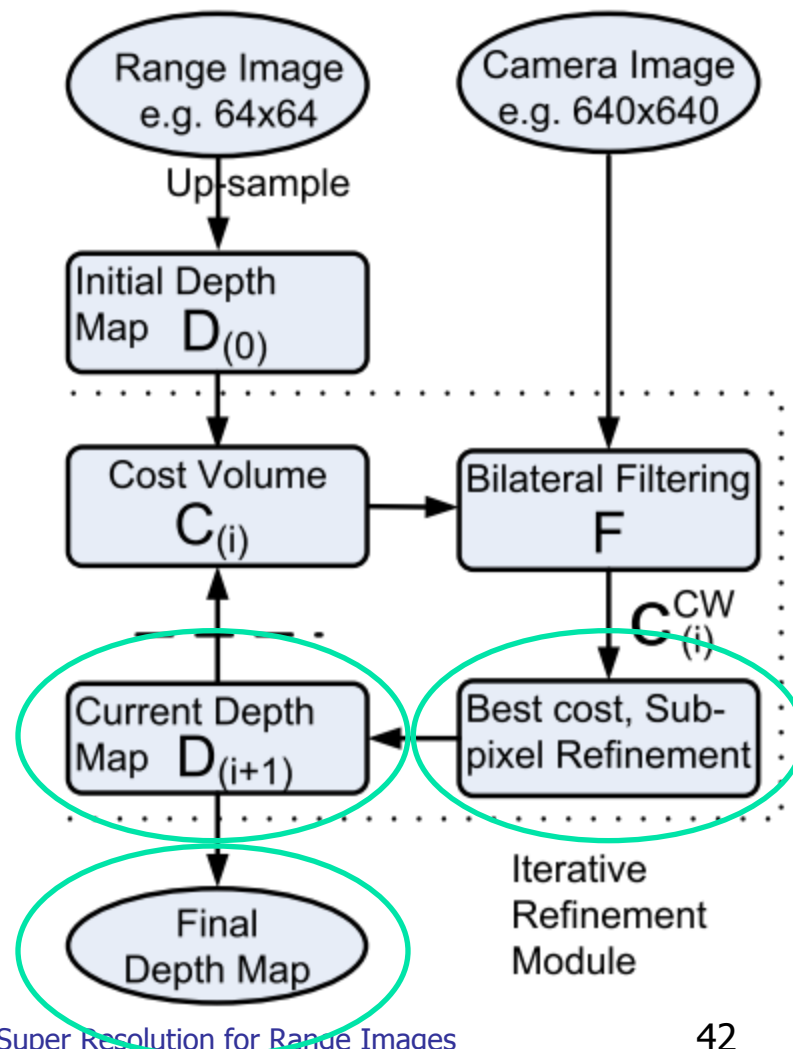
- Выбор глубины с наименьшей ценой
- Борьба со ступенчатостью
 - 3 точки: d = глубина с наименьшей ценой, $d_+ = d+1$, $d_- = d-1$
 - Построение полинома 2й степени

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

$$x_{min} = \frac{-b}{2a}$$

$$x_{min} = d - \frac{f(d_+) - f(d_-)}{2(f(d_+) + f(d_-) - 2f(d))}$$

- Если достигнут предел итераций, карта глубин считается финальной



Spatial-Depth Super Resolution

Борьба со ступенчатостью - пример



Spatial-Depth Super Resolution

Примеры работы

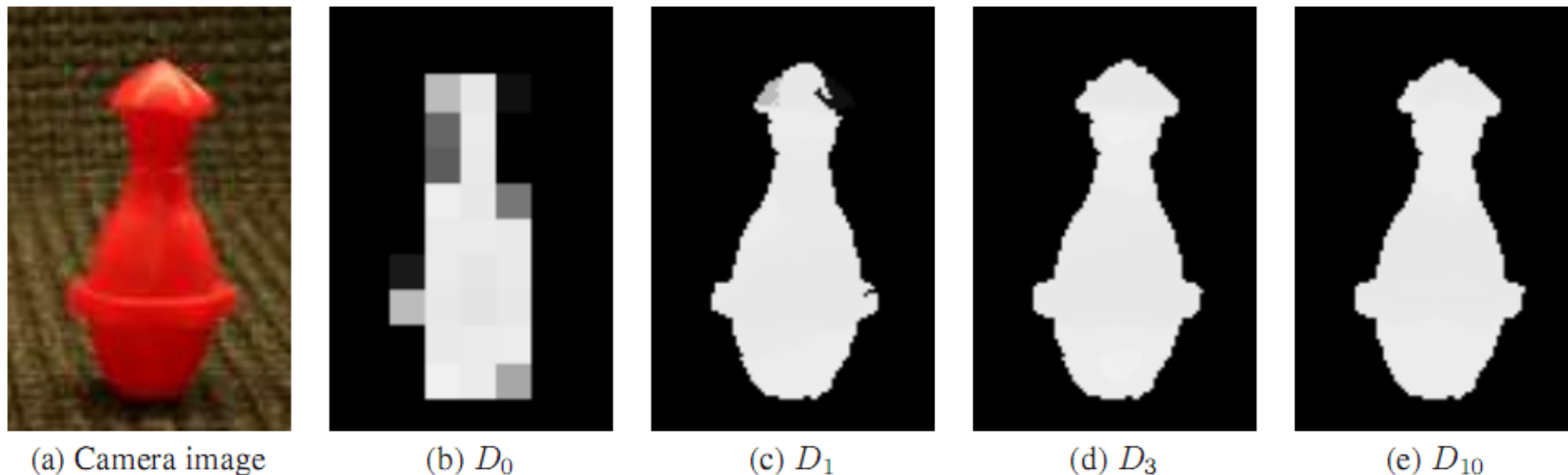
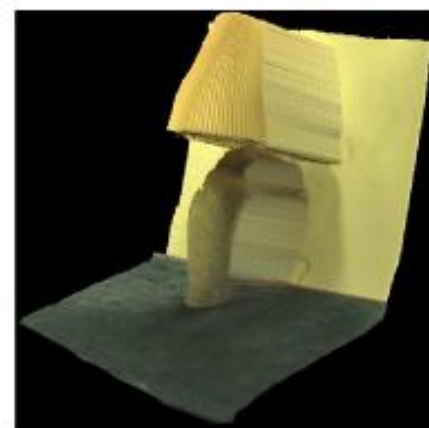
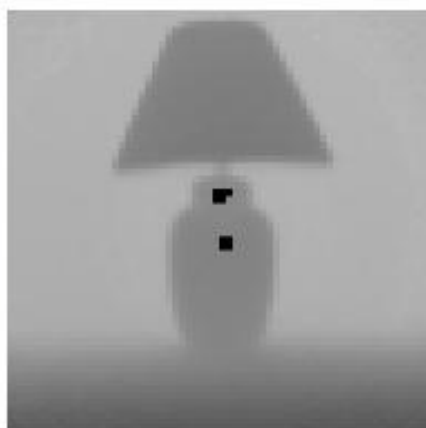


Figure 5. Intermediate results from iterative bilateral filtering refinement module. (a) Camera image. (b) The initial depth map. (c) Depth map after one iteration. (d) Depth map after three iterations. (e) Depth map after ten iterations.

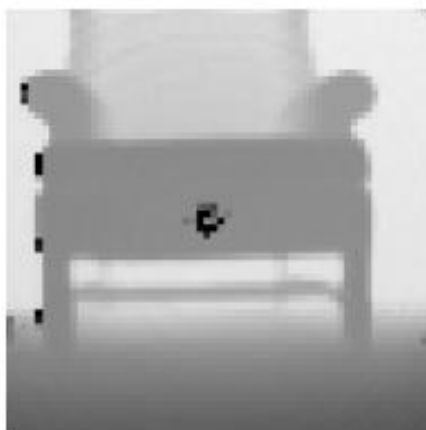
Spatial-Depth Super Resolution

Примеры работы



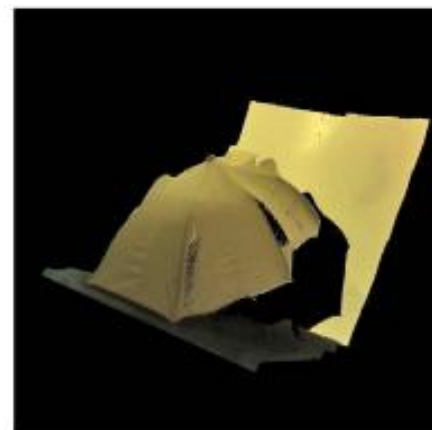
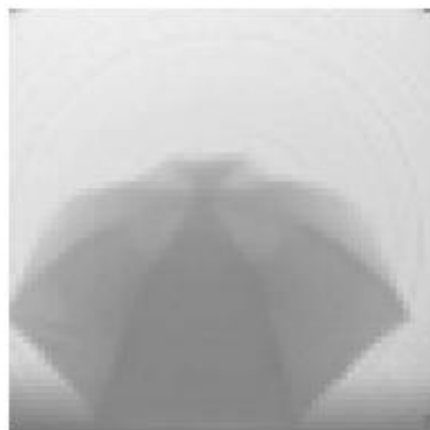
Spatial-Depth Super Resolution

Примеры работы



Spatial-Depth Super Resolution

Примеры работы



Algorithms	Tsukuba Scale			Venus Scale			Teddy Scale			tsukuba Scale		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Before Refinement	2.67	5.18	9.66	0.61	1.34	2.79	2.92	8.64	14.7	3.92	7.85	14.7
MRF Refinement [8]	2.51	5.12	9.68	0.57	1.24	2.69	2.78	8.33	14.5	3.55	7.52	14.4
Bilateral filtering Refinement	1.16	2.56	6.95	0.25	0.42	1.19	2.43	5.95	11.5	2.39	4.76	11.0

Table 1. Experimental results on the Middlebury datasets. The numbers in the last twelve columns are the percentages of the bad pixels with error threshold 1.

Spatial-Depth Super Resolution

Оценка алгоритма

- Преимущества
 - Хороший результат даже на низком разрешении карт глубины
 - Не требует соседних кадров
- Недостатки
 - Низкая скорость



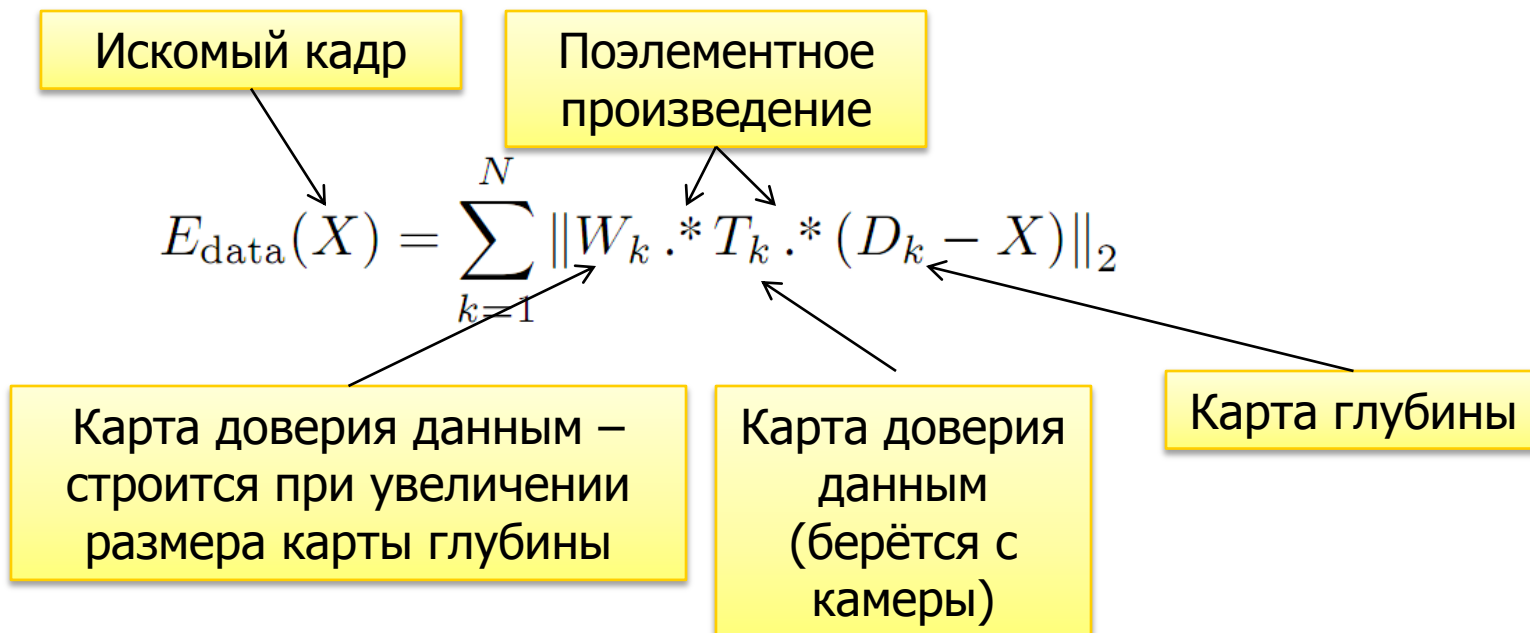
Содержание доклада

- Быстрое начало работы с VTune
- Обзор NVIDIA Tegra 250
- Обзор решений TI DaVinci
- Spatial-Depth Super Resolution for Range Images
- **LidarBoost**

LidarBoost

Введение

- Использование нескольких последовательных карт глубины
- Использование hierarchical Lukas Kanade optical flow для компенсации движения объектов
- Основная идея - минимизация энергии $E = E_{data}(X) + E_{regular}(X)$
 $E_{data}(X)$ – согласованность с соседними кадрами



LidarBoost

Формулы энергии

- $E_{regular}(X)$ – согласованность с предположениями о гладкости предметов реального мира

$$E_{regular}(X) = \sum_{u,v} \|\nabla X_{u,v}\|_2 = \sum_{u,v} \left\| \begin{pmatrix} G_{u,v}(0, 1) \\ G_{u,v}(1, 0) \\ \vdots \\ G_{u,v}(l, m) \end{pmatrix} \right\|_2$$

$$G_{u,v}(l, m) = \frac{X(u, v) - X(u + l, v + m)}{\sqrt{l^2 + m^2}}$$

- Итоговая формула энергии

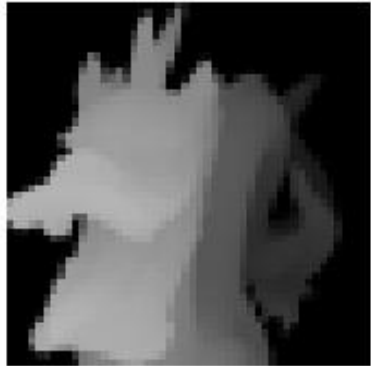
$$\sum_{k=1}^K \|T_k .* W_k .* (D_k - X)\|_2 + \lambda \sum_{u,v} \|\nabla X_{u,v}\|_2$$

Параметр для
баланса разных
видов энергии

LidarBoost

Тестовые условия

- Для решения задачи оптимизации применялся CVX Framework
- Для ускорения изображение делилось на блоки 20x20 (2-пиксельное перекрытие)
- 10 последовательных кадров
- Время вычисления для искусственных сцен (9 блоков) - 5 минут, для реальных данных (28-48 блоков) – до 2 часов



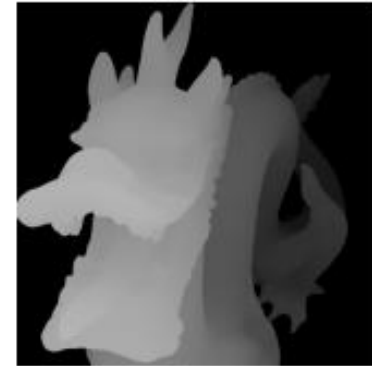
(a) Recording Resolution



(b) IBSR



(c) LidarBoost



(d) Ground Truth



(e) Recording Resolution



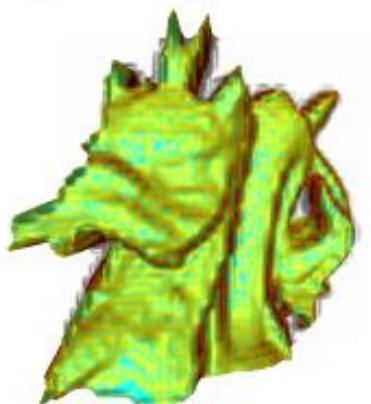
(f) IBSR



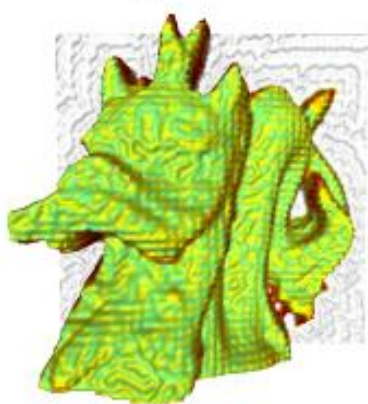
(g) LidarBoost



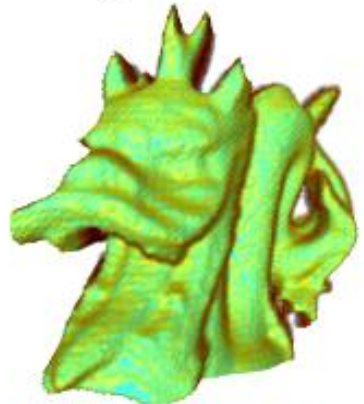
(h) Ground Truth



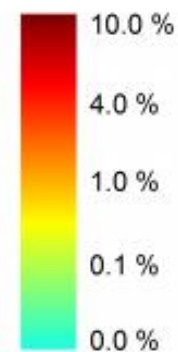
(i) Recording Resolution



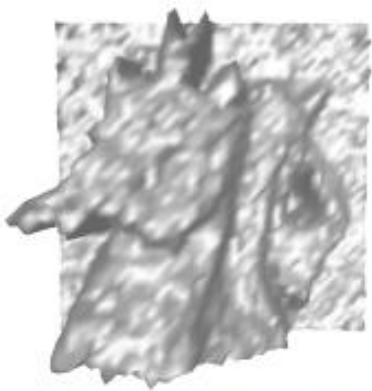
(j) IBSR



(k) LidarBoost



(l) Error Color Coding

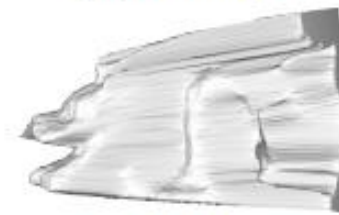


(a) Recording Resolution

(b) IBSR

(c) LidarBoost

(d) Ground Truth

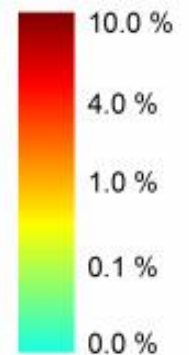
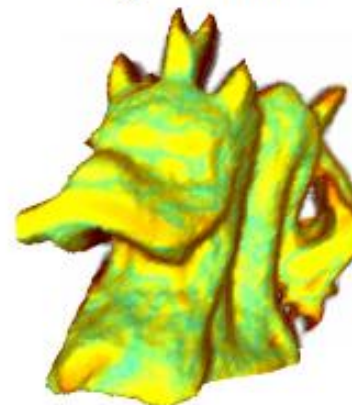
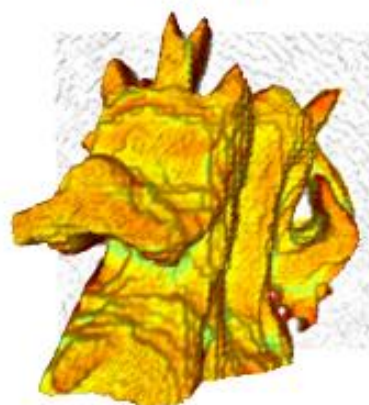
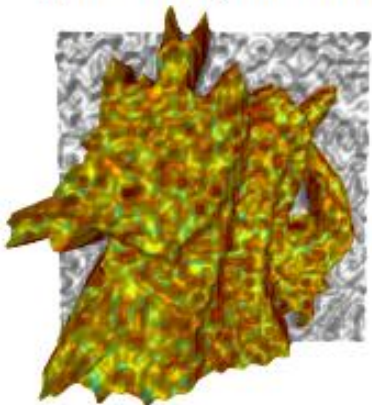


(e) Recording Resolution

(f) IBSR

(g) LidarBoost

(h) Ground Truth



(i) Recording Resolution

(j) IBSR

(k) LidarBoost

(l) Error Color Coding

LidarBoost

Результаты и оценка

- Преимущества
 - Один из лучших по качеству алгоритмов (на 2009 год)
- Недостатки
 - Неприемлемая для реальных задач скорость работы

	No Noise <i>var = 0</i>	Medium Noise <i>var = 0.7</i>	Stark Noise <i>var = 5</i>
LR	157.6	161.7	203.9
IBSR	83.8	89.9	127.0
LidarBoost	70.6	72.5	82.9

Table 1: Relative MSE comparison on synthetic data: LidarBoost throughout outperforms all other methods and shows less sensitivity towards noise than IBSR

Список литературы

- VTune
 - <http://software.intel.com/en-us/forums/intel-vtune-performance-analyzer/> - официальный форум
 - <http://software.intel.com/ru-ru/forums/intel-vtune-performance-analyzer/> - русскоязычная версия. Рекомендуется пользоваться всё же английской
- Texas Instruments – <http://www.TI.com>
Там есть всё о TI DaVinci.
- NVIDIA Tegra 250
 - <http://itc.ua/node/43538/> - обзор продуктов на основе Tegra 250
 - http://www.nvidia.ru/object/tegra_250_ru.html - официальная страница
- Алгоритмы Depthmap Super-Resolution
 - **Sebastian Schuon, Christian Theobalt, James Davis, Sebastian Thrun**
LidarBoost: Depth Superresolution for ToF 3D Shape Scanning
CVPR 2009
 - **Qingxiong Yang, Ruigang Yang, James Davis, David Nistér**
Spatial-Depth Super Resolution for Range Images
CVPR 2007



Спасибо за внимание!

Вопросы?