The background of the slide features a large, detailed image of a microchip, showing various colored regions (red, orange, yellow, green, blue) representing different functional blocks. A large, solid purple triangle is overlaid on the bottom left, pointing towards the center. A smaller green triangle is located on the left side, pointing towards the center.

# **ЭЛЕКТРОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ В КАЗАХСТАНЕ И СТРАНАХ ЕВРО- АЗИАТСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА**

ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР ПАЛТАШЕВ ТИМУР ТУРСУНОВИЧ  
ADVANCED MICRO DEVICES, RADEON TECHNOLOGY GROUP  
AUGUST 23, 2016

# СОДЕРЖАНИЕ



## ЭЛЕКТРОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ В КАЗАХСТАНЕ И СТРАНАХ ЕВРО-АЗИАТСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

Электронная  
инженерия и  
компьютеры

Электронная инженерия – основа внедрения  
информационных технологий

10 уровней  
электронной  
инженерии

Мировая электронная инженерия и индустрия

Куда идти и что  
делать??

Доступные для Казахстана сегменты рынка и  
уровни электронной инженерии

Маршрут  
проектирования  
СнК

Построение встроенных систем из готовых  
компонент и разработка собственных Систем-  
на-Кристалле

Что можно  
сделать и как  
научиться?

Примеры создания систем и учебные пособия

# ЭЛЕКТРОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ – ОСНОВА ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



ЭЛЕКТРОНИКА – ОСНОВА МАШИННОГО «ИНТЕЛЛЕКТА» И СИЛОВЫХ  
ПРИВОДОВ УПРАВЛЕНИЯ

Аналоговая Электроника – электрические цепи для генерации и обработки сигналов

Силовая Э. в контурах управления объектами  
(автоматизация процессов)

Сигнальная Э. в информационно-управляющих  
системах и коммуникациях

Проектирование электрических цепей и  
создание прототипов из компонент

Формальное функциональное описание и  
моделирование цепей обработки сигналов,  
например SPICE

Интегральная Цифровая Электроника – только два логических уровня сигнала при использовании А.Э.

Обработка данных и вычисления

Персональные электронные  
устройства

Телекоммуникации и медиа-  
ресурсы

Проектирование и создание прототипов  
невидимого и «неприкасаемого»

Электронные САПР – Electronic Design  
Automation Tools

Проектирование и производство сверхсложных электронных систем высокой степени интеграции

Миниатюризация транзисторов  
до 5-7 нм, микромеханика MEMS

Уменьшение размеров всех  
электронных устройств

Повышение функциональных и  
вычислительных возможностей

# ЭЛЕКТРОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ **AMD**

**ПРАКТИЧЕСКИ ЛЮБОЕ УСТРОЙСТВО ИЛИ ОБЪЕКТ СОДЕРЖИТ МИКРОПРОЦЕССОР**

- ▲ Процессы, принципы и алгоритмы создания, а также дальнейшего использования устройств, включая: полупроводниковые технологии (физика твердого тела), радиоинженерия, телекоммуникации, встроенные управляющие системы, обработка сигналов, системная инженерия, компьютерная инженерия, приборостроение, управление энергосистемами и силовая электроника, робототехника и многие другие
- ▲ Все процессы и алгоритмы программируются и записываются в управляющую память процессоров CPU, которых может быть множество на объект:

Смартфон:  
5-10 CPUs



Робомобиль:  
30-50 CPUs



Умный Дом:  
100s of CPUs



# МИРОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ИНДУСТРИЯ 1AMD

## ВЕРТИКАЛЬ ИЗ 10 УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНЖЕНЕРИИ И ИНДУСТРИИ

1. Маркетинговые исследования
2. Разработка спецификаций и формальных моделей устройств /систем на языках высокого уровня
3. Разработка экспериментальных прототипов систем с использованием ПЛИС (Сверхбольшие Интегральные Схемы СБИС перепрограммируемой логики)
4. Разработка архитектуры и точных регистровых моделей заказных или полузаказных сверхбольших интегральных схем (СБИС) (инженерные фаблесс-компании)
5. Разработка топологии СБИС (GDS -файлы) для изготовления фотошаблонов (производственные дизайн-центры)
6. Разработка базовых элементов, библиотек и технологии изготовления СБИС (инженерия для кремниевых фабрик)
7. Массовое производство СБИС (кремниевые фабрики или фаундри)
8. Системная инженерия встроенных систем с несколькими СБИС в конечных изделиях индустрии с разработкой всех уровней ПО (компании-разработчики встроенных систем OEM, ODM, поставщики изделий бытовой электроники)
9. Малосерийное, крупносерийное и массовое сборочное производство встроенных систем и электронных изделий
10. Сервисные сети и непрерывная модернизация как программного обеспечения, так и электронных блоков в течении жизненного цикла



# МИРОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ИНДУСТРИЯ 2 **AMD**

## КОММЕНТАРИИ ПО ОСОБЕННОСТЯМ

- ▲ **Фундаментальная и прикладная науки** намеренно не включены в состав иерархии
  - Из-за сложности процессов разработки и производства электронных изделий, **научная поддержка требуется на каждом уровне инженерии**
- ▲ Обеспечение конкурентоспособности электронной индустрии без интенсивного взаимодействия с прикладной наукой в принципе невозможно
- ▲ Крупные мировые электронные компании имеют полную вертикаль электронной инженерии разработки и производства в своей структуре (Intel, IBM, Samsung, Fujitsu, Sony)
- ▲ Растущее использование крупных кремниевых фабрик массового производства (фаундри), выпускающих СБИС по контрактам и на основе топологий заказчиков (множества фаблесс -компаний )
  - Примеры: тайваньские фабрики UMC и TSMC, китайский SMIC, IBM, Fujitsu, теперь и Samsung, другие
  - На рынке фаундри доминируют тайваньские TSMC и UMC (почти 60%)
- ▲ Фирма AMD превратилась в фаблесс-компанию, отделив кремниевые фабрики в отдельное предприятие Global Foundries, что позволило выжить в конкуренции

# ЧТО ДЕЛАТЬ? В КАКИЕ СЕГМЕНТЫ РЫНКА И УРОВНИ ИНЖЕНЕРИИ ДВИГАТЬСЯ?



## СЕГМЕНТ РЫНКА ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (АНГЛ. INTERNET OF THINGS, IOT)

- ▲ «Интернет Вещей» – это концепция вычислительной сети распределенных в пространстве физических объектов («вещей»):
  1. Оснащённых встроенными технологиями (и впоследствии «искусственным интеллектом») для взаимодействия друг с другом или с внешней средой
  2. Рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключающее из части действий и операций необходимость участия человека (роботизация)
- ▲ Огромное пространство для специализированных встроенных вычислительных систем и СБИС для их построения, а также разработки инструментария
  - Рынок микросхем фрагментируется и появляются новые ниши для разработчиков специализированных Систем-на-Кристалле (СнК)
- ▲ Ожидается несколько лет бума создания необычных потребительских устройств и массового внедрения в промышленные объекты и системы
  - Бум будет поддерживаться новым поколением микроконтроллеров и СнК
- ▲ Необходима коррекция программ для университетов и техникумов
  - База для системного мышления, комбинация электроники и программирования

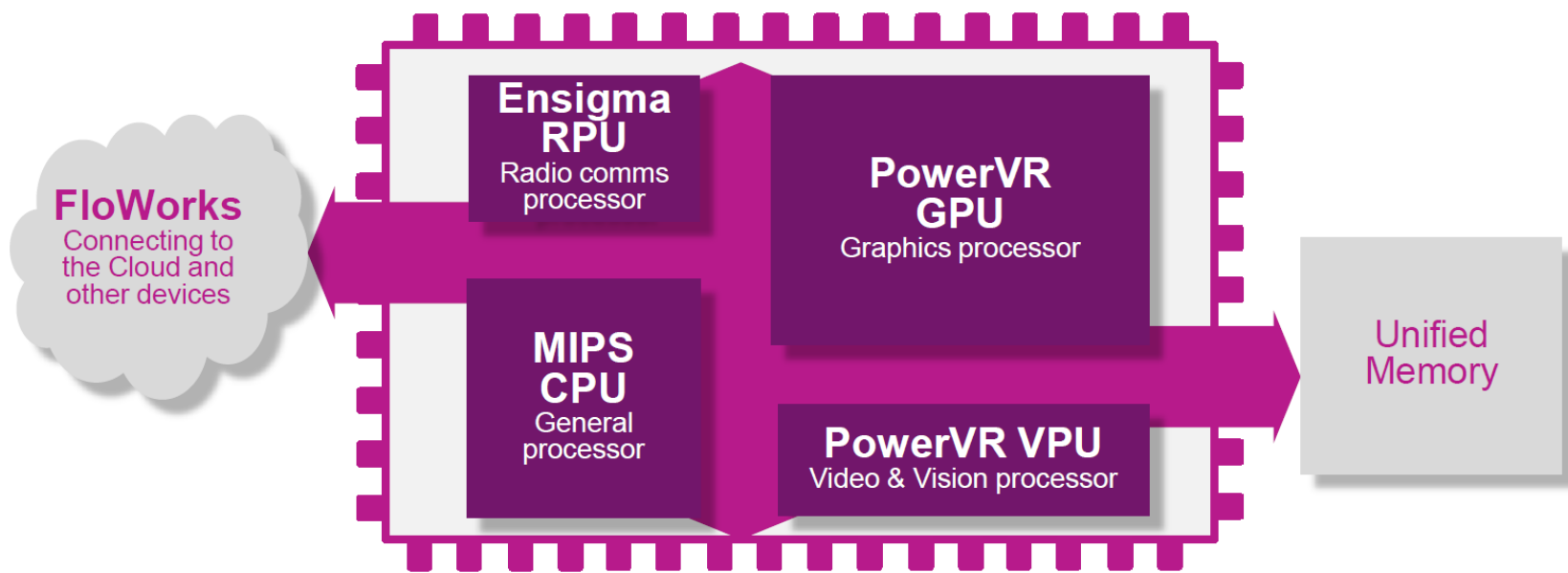
## ДОСТУПНЫЕ УРОВНИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНЖЕНЕРИИ В РК

1. **Маркетинговые исследования**
2. **Разработка спецификаций и формальных моделей устройств /систем на языках высокого уровня**
3. **Разработка экспериментальных прототипов систем с использованием ПЛИС (СБИС перепрограммируемой логики)**
4. Разработка архитектуры и точных регистровых RTL-моделей заказных или полузаказных СБИС (инженерные фаблесс-компании)
5. Разработка топологии СБИС (GDS -файлы) для изготовления фотошаблонов (производственные дизайн-центры)
6. Разработка базовых элементов, библиотек и технологии изготовления СБИС (инженерия для кремниевых фабрик)
7. Массовое производство СБИС (кремниевые фабрики или фаундри)
8. **Системная инженерия встроенных систем с несколькими СБИС в конечных изделиях индустрии** с разработкой всех уровней ПО (компании-разработчики встроенных систем OEM, ODM, поставщики изделий бытовой электроники)
9. **Малосерийное, крупносерийное** и массовое сборочное производство встроенных систем и электронных изделий
10. **Сервисные сети и непрерывная модернизация как программного обеспечения, так и электронных блоков в течении жизненного цикла**



# СИСТЕМА НА КРИСТАЛЛЕ (СНК) SYSTEM-ON-CHIP (SOC) **AMD**

## ИЗ ЧЕГО СОСТОЯТ СОВРЕМЕННЫЕ СБИС



- ▲ Электронная схема, выполняющая функции целого устройства (например, микрокомпьютера) и размещенная на одной интегральной схеме
- ▲ Использует IP-блоки – процессор, графические процессор, память и другие
- ▲ IP-блок – это профессиональный жаргон для обозначения лицензированной или собственной компоненты интегральной схемы СБИС

## ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СНК И ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ЕАЭС

- ▲ Согласно современной вертикали электронной инженерии разработка микросхем отделена от производства
  - Разработчик может находиться в любой точке мира и использовать фабрики по контрактной модели производства в любой другой стране мира
- ▲ Система на кристалле может комплектоваться блоками от нескольких разработчиков (часто из разных стран), которые могут называться:
  - Semiconductor Intellectual Property – Semiconductor IP – SIP – Design IP – IP-блоки
- ▲ В последние годы произошёл прорыв с лицензированием полупроводниковой интеллектуальной собственности для проектов в РФ
  - Российские фаблесс-компании имеют достаточно капитала, квалифицированных инженеров и контактов с международными компаниями, чтобы лицензировать SIP для своих проектов SoC
  - Возможно, что в РК также можно добиться аналогичных результатов и создать хотя бы одну дееспособную фаблесс-компанию
  - Контрактная модель и использование виртуальных фабрик
  - Близость к АТР, где расположены большинство кремнивых фабрик и фаундри

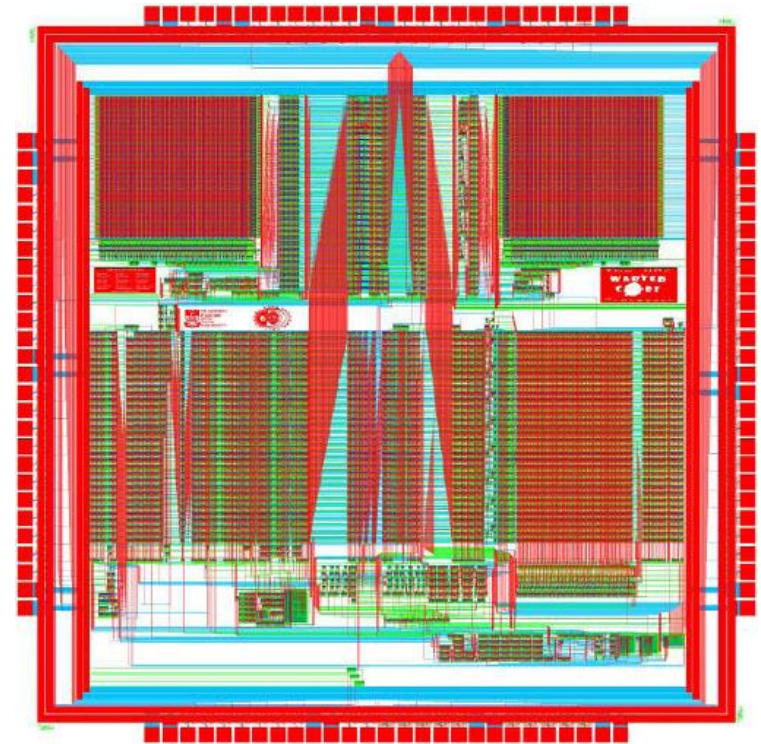
## УРОВНИ 4-5 ВЕРТИКАЛИ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНЖЕНЕРИИ БОЛЕЕ ДЕТАЛЬНО

- ▲ Уровни 4-5 вертикали электронной инженерии являются основой маршрута проектирования СнК
  - RTL-to-GDSII Design Flow - основная методология в электронной индустрии в течении 25 лет
- ▲ RTL – Register Transfer Level, уровень регистровых передач
- ▲ Формальный способ детального описания функционирования устройства на языках Verilog или VHDL, из которого затем синтезируется принципиальная схема
- ▲ GDSII – формат базы данных с описанием топологии микросхемы
  - Отправляется в виде файла от разработчика на фабрику и оперирует геометрическими фигурами
  - На основе GDSII изготавливаются фотошаблоны и затем запускается производство самих микросхем на кремниевой фабрике
- ▲ Логический синтез из описания схемы на языке Verilog или VHDL создает граф из соединений и абстрактных логических элементов (netlist), что соответствует принципиальной схеме
- ▲ Размещение (Placement)- Размещение логических элементов по площадке микросхемы
  - Обычно используются библиотечные элементы выбранной кремниевой фабрики
- ▲ Трассировка (Routing) - соединение размещенных логических элементов проводами

# ПРИМЕР КОНЕЧНОГО РЕЗУЛЬТАТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ **AMD**

ДАЖЕ СТУДЕНТЫ КОЛЛЕДЖА МОГУТ СПРОЕКТИРОВАТЬ СНК ПР  
НАЛИЧИИ НАВЫКОВ И ЗНАНИЙ

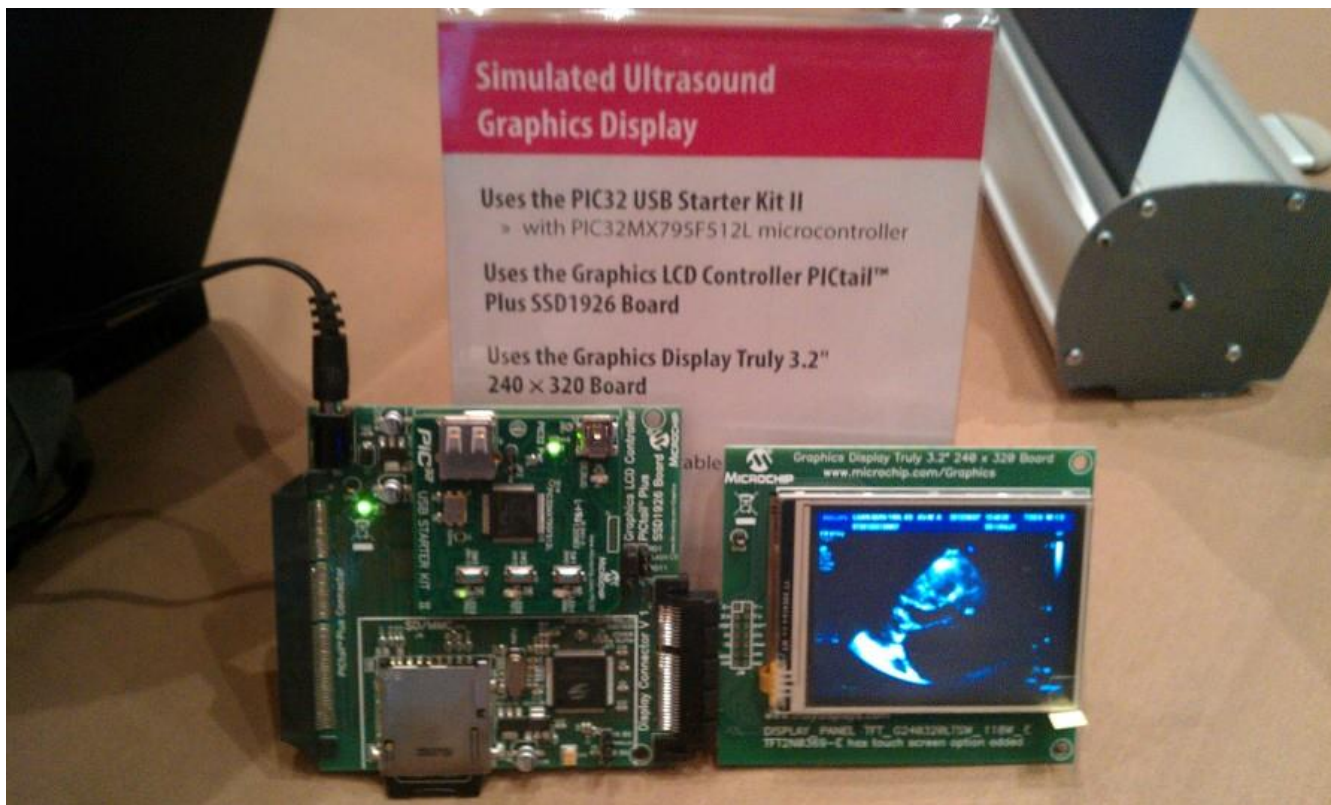
- ▲ Простой вариант процессора архитектуры MIPS
- ▲ Разработан студентами Harvey Mudd College
- ▲ Источник - <http://www.staticfreesoft.com/electricGallery.html>



# ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ ИЗ ГОТОВЫХ КОМПОНЕНТ



ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ СЕМИНАРА ПОЛУЧЕННЫЕ НАВЫКИ ПОЗВОЛЯТ ВАМ СОЗДАТЬ АНАЛОГИЧНУЮ СИСТЕМУ ИЗ ГОТОВЫХ КОМПОНЕНТ



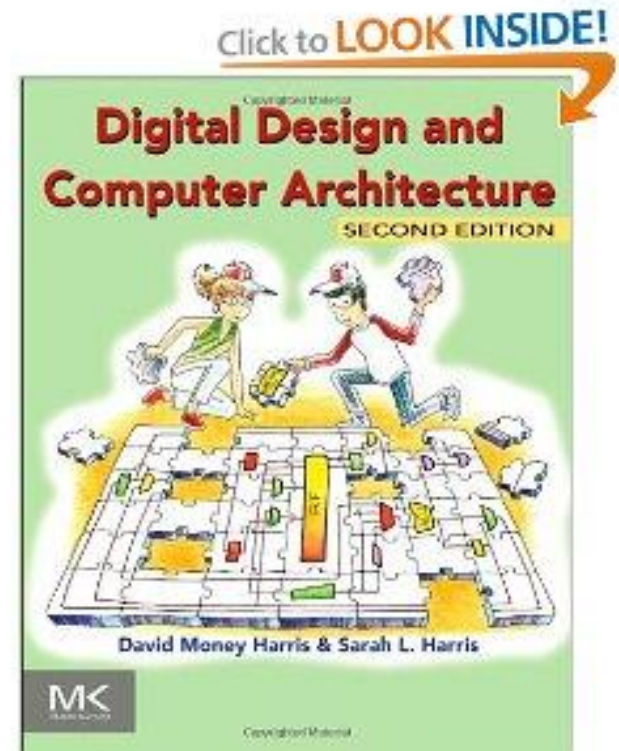
ИСПОЛЬЗОВАН МИКРОКОНТРОЛЛЕР PIC32



# ПРИМЕР УЧЕБНИКА ЭЛЕКТРОННОЙ ИНЖЕНЕРИИ



- ▲ Колоссальная популярность в странах б.СССР
- ▲ Бесплатно загружается с ресурса Imagination
- ▲ David Harris and Sarah Harris, Digital Design and Computer Architecture, Second Edition
  - Цифровой дизайн
  - Компьютерная архитектура
  - Микроархитектура (организация конвейера CPU)
  - Студенты строят подмножество MIPS-процессора с помощью Verilog и ПЛИС
  - После чего приводится пример индустриального MIPS – Microchip PIC32 и разбирается его периферия – цифровой и аналоговый ввод-вывод, соединение с моторами





## ▲ Вопросы и ответы

### Контакты:

- ▲ Тимур Турсунович Палташев, Timour Paltashev
  - Старший Менеджер, Senior Manager
  - Advanced Micro Devices
  - Radeon Technology Group
  - GPU architecture and global academic connections
  - +1 408 306 8508
  - [timour.paltashev@amd.com](mailto:timour.paltashev@amd.com)

# DISCLAIMER & ATTRIBUTION



The information presented in this document is for informational purposes only and may contain technical inaccuracies, omissions and typographical errors.

The information contained herein is subject to change and may be rendered inaccurate for many reasons, including but not limited to product and roadmap changes, component and motherboard version changes, new model and/or product releases, product differences between differing manufacturers, software changes, BIOS flashes, firmware upgrades, or the like. AMD assumes no obligation to update or otherwise correct or revise this information. However, AMD reserves the right to revise this information and to make changes from time to time to the content hereof without obligation of AMD to notify any person of such revisions or changes.

AMD MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES WITH RESPECT TO THE CONTENTS HEREOF AND ASSUMES NO RESPONSIBILITY FOR ANY INACCURACIES, ERRORS OR OMISSIONS THAT MAY APPEAR IN THIS INFORMATION.

AMD SPECIFICALLY DISCLAIMS ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE. IN NO EVENT WILL AMD BE LIABLE TO ANY PERSON FOR ANY DIRECT, INDIRECT, SPECIAL OR OTHER CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING FROM THE USE OF ANY INFORMATION CONTAINED HEREIN, EVEN IF AMD IS EXPRESSLY ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

## **ATTRIBUTION**

© 2016 Advanced Micro Devices, Inc. All rights reserved. AMD, the AMD Arrow logo and combinations thereof are trademarks of Advanced Micro Devices, Inc. in the United States and/or other jurisdictions. Other names are for informational purposes only and may be trademarks of their respective owners.