

Embedded Development

met het Microsemi SmartFusion Platform

Jeroen Doggen
jeroen.doggen@artesis.be
Artesis Hogeschool Antwerpen

Versie: 25 februari 2015

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller
Hardware Synthese
Programmeren FPGA
Firmware Ontwikkeling
Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Overzicht

Inleiding

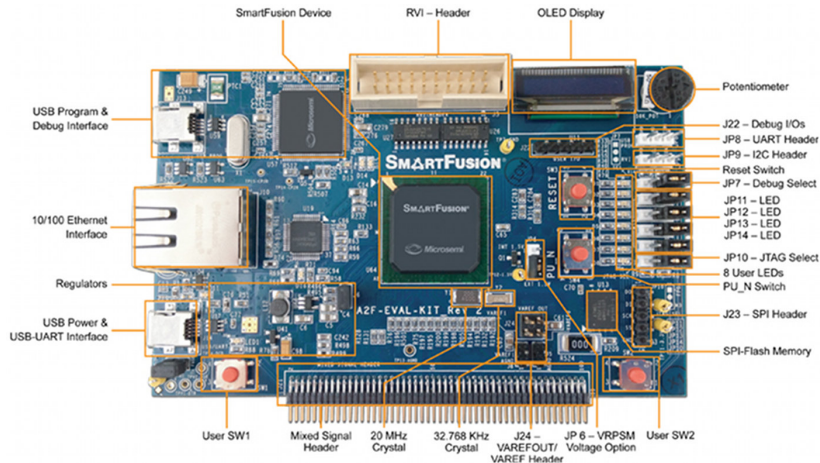
Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller
Hardware Synthese
Programmeren FPGA
Firmware Ontwikkeling
Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

SmartFusion Evaluation Board



Intro film: <http://www.youtube.com/watch?v=KY9eKF01lms>

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design

Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller

Hardware Synthese

Programmeren FPGA

Firmware Ontwikkeling

Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen
- ▶ In grote projecten zal iedere stap van een design de verantwoordelijkheid van een team zijn.

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen
- ▶ In grote projecten zal iedere stap van een design de verantwoordelijkheid van een team zijn.
- ▶ Vereenvoudigde voorstelling:

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen
- ▶ In grote projecten zal iedere stap van een design de verantwoordelijkheid van een team zijn.
- ▶ Vereenvoudigde voorstelling:
 - ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen
- ▶ In grote projecten zal iedere stap van een design de verantwoordelijkheid van een team zijn.
- ▶ Vereenvoudigde voorstelling:
 - ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Analyse van het probleem

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen
- ▶ In grote projecten zal iedere stap van een design de verantwoordelijkheid van een team zijn.
- ▶ Vereenvoudigde voorstelling:
 - ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Ontwerp van een conceptuele oplossing

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen
- ▶ In grote projecten zal iedere stap van een design de verantwoordelijkheid van een team zijn.
- ▶ Vereenvoudigde voorstelling:
 - ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Ontwerp van een conceptuele oplossing
 - ▶ Ontwerp van de hardware ¹

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen
- ▶ In grote projecten zal iedere stap van een design de verantwoordelijkheid van een team zijn.
- ▶ Vereenvoudigde voorstelling:
 - ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Ontwerp van een conceptuele oplossing
 - ▶ Ontwerp van de hardware ¹
 - ▶ Ontwerp van de software ¹

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Ontwikkeling van een “Product”

- ▶ Tijdens een volledig design worden verschillende stappen doorlopen
- ▶ In grote projecten zal iedere stap van een design de verantwoordelijkheid van een team zijn.
- ▶ Vereenvoudigde voorstelling:
 - ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Ontwerp van een conceptuele oplossing
 - ▶ Ontwerp van de hardware ¹
 - ▶ Ontwerp van de software ¹
 - ▶ Mechanisch/fysiek ontwerp

¹Dit valt volledig binnen ons vakgebied.

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse
- ▶ Analyse van het probleem

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse
- ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Wat zijn de noden van de gebruiker

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse
- ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Wat zijn de noden van de gebruiker
 - ▶ Waarom is er een vraag naar een oplossing

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse
- ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Wat zijn de noden van de gebruiker
 - ▶ Waarom is er een vraag naar een oplossing
 - ▶ Wie zijn de potentiële klanten

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse
- ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Wat zijn de noden van de gebruiker
 - ▶ Waarom is er een vraag naar een oplossing
 - ▶ Wie zijn de potentiële klanten
- ▶ Ontwerp van een conceptuele oplossing

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse
- ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Wat zijn de noden van de gebruiker
 - ▶ Waarom is er een vraag naar een oplossing
 - ▶ Wie zijn de potentiële klanten
- ▶ Ontwerp van een conceptuele oplossing
 - ▶ Uitwerken van de oplossing aan de hand van een mock-up

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse
- ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Wat zijn de noden van de gebruiker
 - ▶ Waarom is er een vraag naar een oplossing
 - ▶ Wie zijn de potentiële klanten
- ▶ Ontwerp van een conceptuele oplossing
 - ▶ Uitwerken van de oplossing aan de hand van een mock-up
 - ▶ Ontwerp van een niet-functioneel prototype

Vorbereidende stappen

- ▶ Vaststellen van een probleem of vraag naar een toepassing
 - ▶ Uitvoeren van een marktonderzoek
 - ▶ Financiële analyse
- ▶ Analyse van het probleem
 - ▶ Wat zijn de noden van de gebruiker
 - ▶ Waarom is er een vraag naar een oplossing
 - ▶ Wie zijn de potentiële klanten
- ▶ Ontwerp van een conceptuele oplossing
 - ▶ Uitwerken van de oplossing aan de hand van een mock-up
 - ▶ Ontwerp van een niet-functioneel prototype
 - ▶ Uitvoeren gebruikerstests

Embedded Hardware Design

- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een breadboard (microcontroller schakeling)

Embedded Hardware Design

- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een breadboard (microcontroller schakeling)
- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een gatenprint

Embedded Hardware Design

- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een breadboard (microcontroller schakeling)
- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een gatenprint
- ▶ Ontwerp van printed-circuit board (PCB)

Embedded Hardware Design

- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een breadboard (microcontroller schakeling)
- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een gatenprint
- ▶ Ontwerp van printed-circuit board (PCB)
- ▶ Productie van PCB (etsen/frezen)

Embedded Hardware Design

- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een breadboard (microcontroller schakeling)
- ▶ Ontwerp van een hardware prototype op een gatenprint
- ▶ Ontwerp van printed-circuit board (PCB)
- ▶ Productie van PCB (etsen/frezen)
- ▶ Bestukken en testen van PCB

Embedded Processing Unit

- ▶ De hardware wordt uitgerust met een microcontroller

Embedded Processing Unit

- ▶ De hardware wordt uitgerust met een microcontroller
- ▶ Dit is een processor met extra mogelijkheden naar I/O interfacing toe

Embedded Processing Unit

- ▶ De hardware wordt uitgerust met een microcontroller
- ▶ Dit is een processor met extra mogelijkheden naar I/O interfacing toe
 - ▶ Analooq Digitaal Converters (ADC)

Embedded Processing Unit

- ▶ De hardware wordt uitgerust met een microcontroller
- ▶ Dit is een processor met extra mogelijkheden naar I/O interfacing toe
 - ▶ Analooq Digitaal Converters (ADC)
 - ▶ Seriële communicatie: UART, SPI, I2C

Embedded Processing Unit

- ▶ De hardware wordt uitgerust met een microcontroller
- ▶ Dit is een processor met extra mogelijkheden naar I/O interfacing toe
 - ▶ Analooq Digitaal Converters (ADC)
 - ▶ Seriële communicatie: UART, SPI, I2C
 - ▶ General Purpose Input Output pinnen (GPIO)

Embedded Processing Unit

- ▶ De hardware wordt uitgerust met een microcontroller
- ▶ Dit is een processor met extra mogelijkheden naar I/O interfacing toe
 - ▶ Analooq Digitaal Converters (ADC)
 - ▶ Seriële communicatie: UART, SPI, I2C
 - ▶ General Purpose Input Output pinnen (GPIO)
- ▶ Er zal software geschreven worden die wordt uitgevoerd door deze processor (meestal C/C++)

Embedded Processing Unit

- ▶ De hardware wordt uitgerust met een microcontroller
- ▶ Dit is een processor met extra mogelijkheden naar I/O interfacing toe
 - ▶ Analooq Digitaal Converters (ADC)
 - ▶ Seriële communicatie: UART, SPI, I2C
 - ▶ General Purpose Input Output pinnen (GPIO)
- ▶ Er zal software geschreven worden die wordt uitgevoerd door deze processor (meestal C/C++)
- ▶ Voordeel: flexibiliteit, aanpasbaarheid, vlotte communicatie tussen devices

Embedded Software Design

- ▶ Ontwerp van een software architectuur: bouwstenen, lagen, functionele blokken,...

Embedded Software Design

- ▶ Ontwerp van een software architectuur: bouwstenen, lagen, functionele blokken,...
- ▶ Schrijven/gebruiken van bibliotheken voor I/O interfacing

Embedded Software Design

- ▶ Ontwerp van een software architectuur: bouwstenen, lagen, functionele blokken,...
- ▶ Schrijven/gebruiken van bibliotheken voor I/O interfacing
- ▶ Ontwerp van een “main” applicatie: State machine, interrupt based, real-time operating system (RTOS),...

Embedded Software Design

- ▶ Ontwerp van een software architectuur: bouwstenen, lagen, functionele blokken,...
- ▶ Schrijven/gebruiken van bibliotheken voor I/O interfacing
- ▶ Ontwerp van een “main” applicatie: State machine, interrupt based, real-time operating system (RTOS),...
- ▶ Bij normaal uitvoeren van een embedded toepassing: beperkt zicht op wat software aan het doen is

Embedded Software Design

- ▶ Ontwerp van een software architectuur: bouwstenen, lagen, functionele blokken,...
- ▶ Schrijven/gebruiken van bibliotheken voor I/O interfacing
- ▶ Ontwerp van een “main” applicatie: State machine, interrupt based, real-time operating system (RTOS),...
- ▶ Bij normaal uitvoeren van een embedded toepassing: beperkt zicht op wat software aan het doen is
- ▶ On-chip debuggen van de toepassing: toepassing stap-per-stap uitvoeren om fouten op te sporen (plaatsen breakpoints, geheugeninhoud bekijken & aanpassen).

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

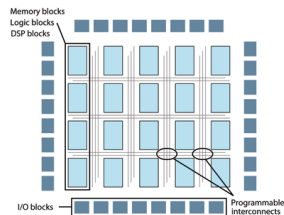
Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller
Hardware Synthese
Programmeren FPGA
Firmware Ontwikkeling
Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

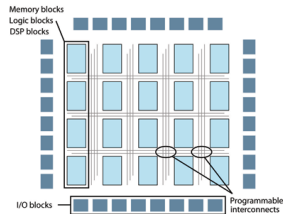
Programmierbare Logica

- Field Programmable Gate Array (FPGA)



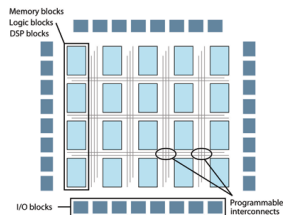
Programmeerbare Logica

- ▶ Field Programmable Gate Array (FPGA)
- ▶ Volledig herprogrammeerbaar alternatief voor een ASIC



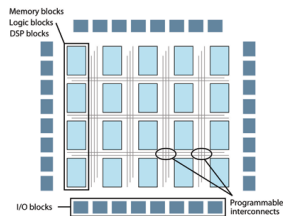
Programmeerbare Logica

- ▶ Field Programmable Gate Array (FPGA)
- ▶ Volledig herprogrammeerbaar alternatief voor een ASIC
- ▶ Een FPGA wordt normaal gebruikt om custom gedrag in een chip te implementeren. (ALU, counters, state machines,...)



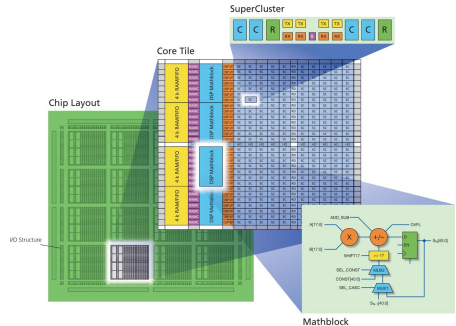
Programmeerbare Logica

- ▶ Field Programmable Gate Array (FPGA)
- ▶ Volledig herprogrammeerbaar alternatief voor een ASIC
- ▶ Een FPGA wordt normaal gebruikt om custom gedrag in een chip te implementeren. (ALU, counters, state machines,...)
- ▶ Voordeel: flexibiliteit & aanpasbaarheid: rekenkracht en I/O mogelijkheden



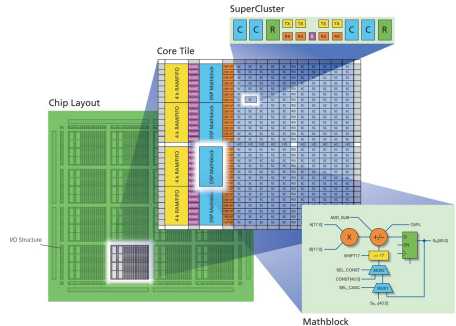
Programmierbare Logica

- ▶ Bij FPGA programmeren worden o.a. de volgende twee stappen uitgevoerd:



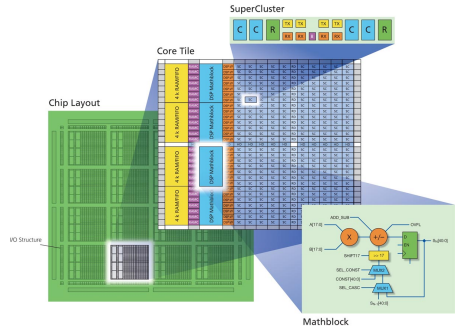
Programmeerbare Logica

- Bij FPGA programmeren worden o.a. de volgende twee stappen uitgevoerd:
 1. De logische opbouw van de schakeling ontwerpen.



Programmeerbare Logica

- Bij FPGA programmeren worden o.a. de volgende twee stappen uitgevoerd:
 1. De logische opbouw van de schakeling ontwerpen.
 2. De manier waarop de schakeling met de buitenwereld is verbonden vastleggen. (mapping van fysieke naar logische pinnen)



Samenvoegen FPGA & Microcontroller

- ▶ Zowel een FPGA als een microcontroller heeft zijn voordelen:

Samenvoegen FPGA & Microcontroller

- ▶ Zowel een FPGA als een microcontroller heeft zijn voordelen:
 - ▶ Microcontroller: development tijd, aanpasbaarheid, vlotte communicatie tussen devices

Samenvoegen FPGA & Microcontroller

- ▶ Zowel een FPGA als een microcontroller heeft zijn voordelen:
 - ▶ Microcontroller: development tijd, aanpasbaarheid, vlotte communicatie tussen devices
 - ▶ FGPA: rekenkracht en I/O mogelijkheden

Samenvoegen FPGA & Microcontroller

- ▶ Zowel een FPGA als een microcontroller heeft zijn voordelen:
 - ▶ Microcontroller: development tijd, aanpasbaarheid, vlotte communicatie tussen devices
 - ▶ FGPA: rekenkracht en I/O mogelijkheden
- ▶ Door de twee te combineren kunnen we de voordelen van de twee types combineren.

Samenvoegen FPGA & Microcontroller

- ▶ Zowel een FPGA als een microcontroller heeft zijn voordelen:
 - ▶ Microcontroller: development tijd, aanpasbaarheid, vlotte communicatie tussen devices
 - ▶ FGPA: rekenkracht en I/O mogelijkheden
- ▶ Door de twee te combineren kunnen we de voordelen van de twee types combineren.
 - ▶ We kunnen toepassingen ontwikkelen in C en deze laten communiceren met zelf ontworpen hardware.

Samenvoegen FPGA & Microcontroller

- ▶ Zowel een FPGA als een microcontroller heeft zijn voordelen:
 - ▶ Microcontroller: development tijd, aanpasbaarheid, vlotte communicatie tussen devices
 - ▶ FGPA: rekenkracht en I/O mogelijkheden
- ▶ Door de twee te combineren kunnen we de voordelen van de twee types combineren.
 - ▶ We kunnen toepassingen ontwikkelen in C en deze laten communiceren met zelf ontworpen hardware.
 - ▶ Daarnaast kan de toepassing eenvoudig via de UART met een PC verbonden worden.

Samenvoegen FPGA & Microcontroller

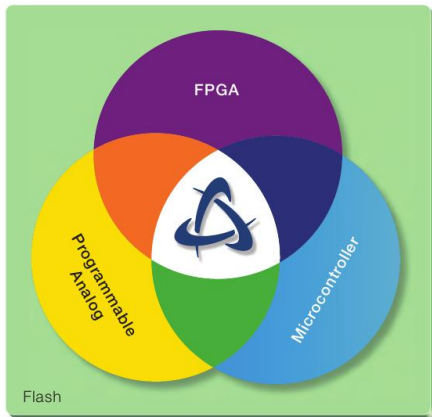
- ▶ Zowel een FPGA als een microcontroller heeft zijn voordelen:
 - ▶ Microcontroller: development tijd, aanpasbaarheid, vlotte communicatie tussen devices
 - ▶ FGPA: rekenkracht en I/O mogelijkheden
- ▶ Door de twee te combineren kunnen we de voordelen van de twee types combineren.
 - ▶ We kunnen toepassingen ontwikkelen in C en deze laten communiceren met zelf ontworpen hardware.
 - ▶ Daarnaast kan de toepassing eenvoudig via de UART met een PC verbonden worden.
 - ▶ Dit alles zonder de echte hardware te moeten aanpassen. (“zonder soldeerbout”)

Microsemi SmartFusion

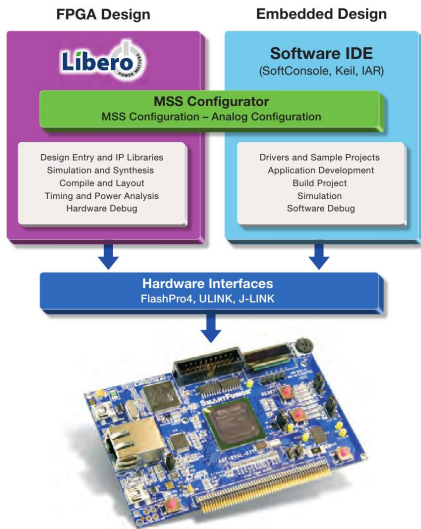
Hard 32-Bit ARM
Cortex-M3 Processor

Proven ProASIC®3
FPGA Fabric

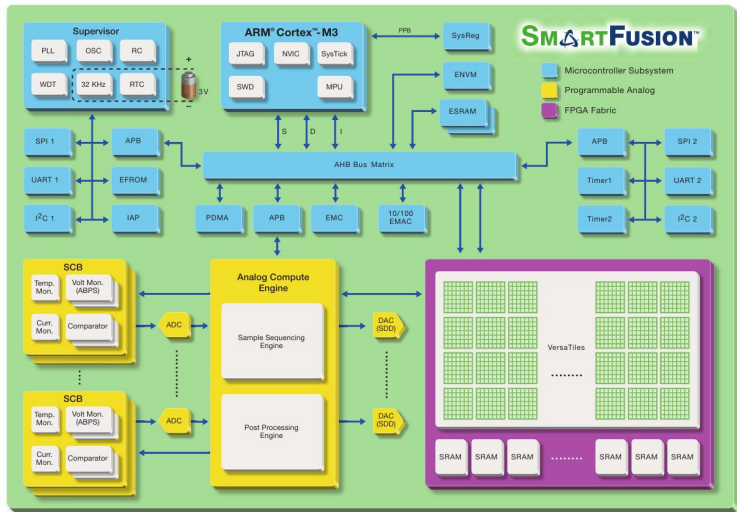
Full-Featured
Programmable Analog



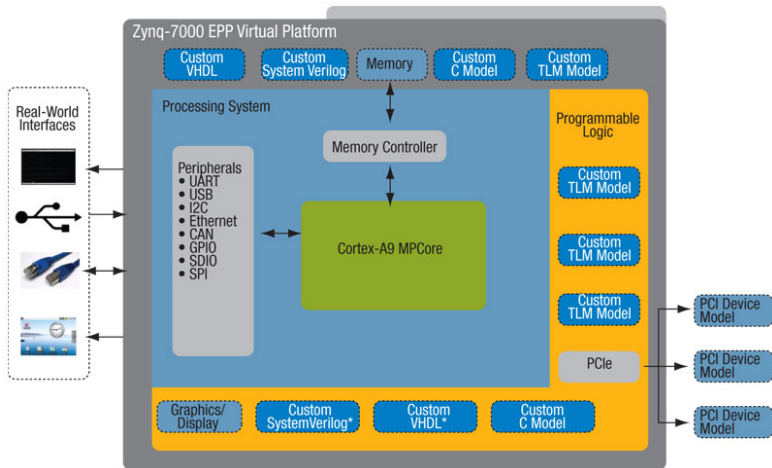
Microsemi SmartFusion



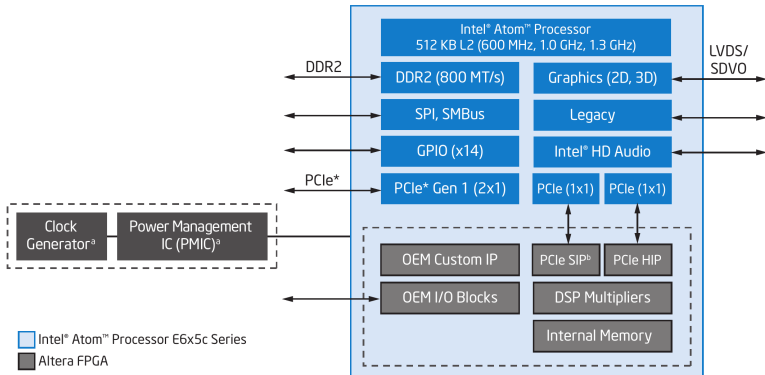
Microsemi SmartFusion



Alternatieven: Zynq-7000 (Xilinx)



Alternatieven: Atom E6x5C Serie (Intel/Altera)



^aPMIC and Clock Generator products are available from third parties. An integrated PMIC and Clock Generator (on a single chip) is also available from a third party.

^bPCle Soft IP is licensed from third-party vendors.

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller
Hardware Synthese
Programmeren FPGA
Firmware Ontwikkeling
Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Placeholder

- ▶ placeholder

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller

Hardware Synthese

Programmeren FPGA

Firmware Ontwikkeling

Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Placeholder

- ▶ placeholder

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller

Hardware Synthese

Programmeren FPGA

Firmware Ontwikkeling

Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Placeholder

- ▶ placeholder

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller
Hardware Synthese
Programmeren FPGA
Firmware Ontwikkeling
Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Placeholder

- ▶ placeholder

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller
Hardware Synthese
Programmeren FPGA
Firmware Ontwikkeling
Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Placeholder

- ▶ placeholder

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller
Hardware Synthese
Programmeren FPGA
Firmware Ontwikkeling
Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Placeholder

- ▶ placeholder

Overzicht

Inleiding

Traditioneel Embedded Design
Hardware / Software Co-design

Overzicht Design Flow

Configuratie Microcontroller
Hardware Synthese
Programmeren FPGA
Firmware Ontwikkeling
Firmware Debugging

Voorbeeldtoepassingen

Placeholder

- ▶ placeholder