

Sekilas Tentang Soft – Processor MICROBLAZE

Hendri, Herman, Marlo Sinaga, Surawan, Susan Sulaiman dan Yudhi
Program Pasca Sarjana Teknik Elektro Universitas Gunadarma
marlosinaga@student.gunadarma.ac.id

Abstrak

Mikroprosesor berbentuk keping IC atau hardware adalah mikroprosesor yang banyak digunakan pada komputer-komputer saat ini. Dalam pengembangan sistem tertanam hal ini menjadi kendala. Perancangan berbantuan komputer sangat membantu dalam rekayasa sistem. Soft processor adalah salah satunya, dengan implementasi program HDL sebagai pengganti prosesor perangkat keras membuat rekayasa sistem tertanam lebih mudah dilakukan.

Kata Kunci : *soft processor, microblaze, FPGA, pipeline.*

Pendahuluan

Perkembangan teknologi mikroprosesor saat ini sangat luar biasa hebatnya. Dalam dasawarsa terakhir ini, mikroprosesor yang diproduksi dan hadir tidak lagi hanya sebatas mikroprosesor sebagai otak komputer atau PC, tetapi sudah dipakai dalam segala aspek aplikasi, apakah itu untuk kebutuhan komputer sebagai pengolah kata (word processor), pengolah data (data processor) ataupun sebagai komputer di dalam kontrol otomotif. Perangkat telephon cerdas saat ini juga telah dipersenjatai oleh prosesor yang hebat, misalnya dengan dual-core ataupun quad-core. Semua prosesor ini merupakan prosesor piranti keras (hardware). Selain hard-processor telah terjadi juga perkembangan dalam bidang soft-processor, artinya prosesor yang dibangun dan dikembangkan berupa piranti-lunak (software)

Latar Belakang

Hard-processor adalah merupakan piranti keras yang dibangun dari gerbang-gerbang logika dan aritmatika dan dikemas dalam satu kemasan chip IC. Produsen “Hard-Processor” yang terkenal seperti Intel, Motorola, AMD dan ARM berlomba-lomba menciptakan prosesor dengan kemampuan yang makin hebat, kapasitas memori besar dan frekuensi

clock yang semakin tinggi. Perkembangan hard processor ini juga diikuti oleh produsen Field Programable Gate Array (FPGA), dimana rangkaian-rangkaian logika dan aritmatika secara hardware dapat dikembangkan dan dibangun dengan program (software), misalnya dengan menggunakan bahasa program Hardware Description Language (HDL). Dua produsen yang menguasai pasar FPGA adalah Altera® dan Xilinx®. [1] Kedua produsen ini terlibat juga dalam perkembangan soft-processor. Perusahaan Xilinx® mengembangkan soft-processor yang dinamai dengan MicroBlaze™. [2]

Tujuan

Sebagai tujuan utama dari penulisan makalah ini adalah untuk memberikan gambaran kepada pembaca, bagaimana soft-processor dikembangkan dan dibangun dan apa saja keunggulan dan kelemahan dari soft-processor dibandingkan dengan hard-processor. Dalam makalah ini akan diuraikan spesifikasi soft-processor MicroBlaze™.

Pembatasan Pokok Bahasan

Pada makalah ini hanya dibahas mengenai soft-processor MicroBlaze™ keluaran dari

Xilinx®. Detail pemrograman HDL untuk membangun soft-procesor MicroBlaze™ tidak dibahas secara rinci, tetapi pembahasan lebih fokus pada prinsip dasar dari soft-procesor, spesifikasi apa saja yang dimiliki soft-procesor ini dibandingkan dengan hard-procesor sesungguhnya.[3]

Soft-Processor versus Hard-Processor

Kedua Produsen FPGA yang terkenal yakni Xilinx® dan Altera® menghasilkan keluarga FPGA yang menanamkan fisik inti prosesor ke dalam FPGA. Prosesor yang dibangun dari silikon disebut sebagai “Hard-Processor”. Pada keluarga Altera Excalibur, inti hard-procesor dalam FPGA mereka adalah ARM922™ dan pada keluarga Pro Xilinx Virtex-II dan Virtex-4 dinamai ProPowerPC™ 405.

Suatu Soft-Procesor dibangun dengan menggunakan rangkaian-logika umum dalam FPGA. Soft-Procesor biasanya dituliskan dalam bahasa program “Hardware Description Language” (HDL) atau “netlist”. Berbeda dengan “hard-procesor”, “soft-procesor” harus dilakukan sintesa dan harus mampu masuk ke dalam FPGA. Dalam kedua sistem soft-procesor dan hard-processor, memori lokal, bus prosesor, internal, controller- peripheral, dan kontroler memori harus dibangun dari logika-dasar dalam FPGA.

Keuntungan dari Soft-Processor

Suatu sistem prosesor tertanam (Embedded Processor) berbasis FPGA menawarkan banyak keuntungan yang luar biasa dibandingkan dengan mikroprosesor yang umum seperti:

- ❖ Kustomisasi (customization)
- ❖ Mitigasi usang (obsolescence mitigation)
- ❖ Pengurangan biaya dan komponen
- ❖ akselerasi pembuatan hardware

Kustomisasi (customization)

Perancang prosesor sistem tertanam berbasis FPGA memiliki fleksibilitas yang lengkap untuk memilih kombinasi dari peripheral dan

pengontrol. Bahkan, perancang dapat menciptakan peripheral bary yang unik yang dapat terhubung langsung ke sistim bus prosesor. Jika seorang desainer memiliki persyaratan non-standar untuk satu set perifer, hal ini dapat dipenuhi dengan mudah pada prosesor sistem tertanam berbasis FPGA. Sebagai contoh, seorang desainer tidak akan mudah menemukan off-the-shelf prosesor dengan sepuluh UART. Namun, dalam FPGA, konfigurasi ini sangat mudah dilakukan.

Mitigasi usang (obsolescence mitigation)

Beberapa perusahaan, khususnya yang berhubungan dengan kerjasama dengan militer, umumnya memiliki persyaratan desain untuk memastikan umur produk yang lebih lama dari umur produk elektronik standar. Mitigasi usang komponen adalah masalah yang sulit. Soft-procesor berbasis FPGA merupakan solusi yang sangat baik dalam hal ini karena sumber kode program HDL untuk soft-procesor dapat dibeli. Kepemilikan kode HDL soft-procesor dapat memenuhi persyaratan dan menjamin umur produk.

Pengurangan biaya dan komponen

Dengan fleksibilitas dari FPGA, sistem sebelumnya yang memerlukan beberapa komponen dapat digantikan dengan hanya satu FPGA. Tentu saja hal ini dapat terjadi jika tambahan chip IC I/O atau co-processor diperlukan disamping prosesor utama. Dengan mengurangi jumlah komponen dalam desain, perusahaan dapat mengurangi ukuran PCB dan manajemen persediaan (inventory stock management), yang akan menghemat waktu desain dan biaya inventory.

Akselerasi Pembuatan Hardware

Mungkin alasan yang paling kuat untuk memilih prosesor sistim tertanam berbasis FPGA adalah kemampuan memaksimalkan efisiensi dan kinerja antara hardware dan software. Jika algoritma pemrograman diidentifikasi sebagai “software bottleneck”, algoritma khusus untuk mesin co-processing dapat dirancang secara kustom

dalam FPGA. Co-processor ini dapat diletakkan pada prosesor tertanam berbasis FPGA melalui saluran-latency rendah dan khusus, dan instruksi kustom dapat didefinisikan untuk mengaktifkan co-processor tersebut. Dengan alat desain hardware FPGA yang modern, transisi “bottleneck” dari perangkat lunak ke perangkat keras jauh lebih mudah karena kode software C dapat segera diadaptasi ke dalam perangkat keras dengan hanya sedikit perubahan pada kode C.[4]

Kerugian pada Soft-Processor

The FPGA tertanam sistem prosesor bukan tanpa kelemahan. Tidak seperti prosesor off-the-shelf, platform hardware untuk FPGA tertanam prosesor harus dirancang. Perancang tertanam menjadi perancang sistem prosesor hardware saat solusi FPGA dipilih.

Karena integrasi hardware dan software platform desain, alat desain yang lebih kompleks. Meningkatnya kompleksitas alat dan metodologi desain membutuhkan perhatian lebih dari desainer tertanam. Karena desain perangkat lunak FPGA tertanam prosesor yang relatif baru dibandingkan dengan desain perangkat lunak untuk prosesor standar, alat desain perangkat lunak juga relatif belum matang, meskipun bisa diterapkan. Kemajuan yang signifikan di daerah ini telah dibuat oleh Altera dan Xilinx. Dalam tahun-tahun yang akan datang, kerugian ini harus lebih berkurang, atau jika dimungkinkan dihilangkan. Biaya perangkat merupakan aspek lain yang perlu dipertimbangkan. Jika standar, off-the-shelf prosesor dapat melakukan pekerjaan itu, prosesor yang akan lebih murah dalam perbandingan head-to-head dengan FPGA mampu bersaing dengan disain prosesor yang setara.

Peripheral dan memory controller

Untuk memfasilitasi FPGA tertanam prosesor desain, baik Xilinx® dan Altera® menawarkan perpustakaan luas Intellectual Property (IP) dalam bentuk peripheral dan

kontroler memori. IP ini termasuk dalam toolsets prosesor tertanam yang disediakan oleh produsen tersebut. Untuk menekankan fleksibilitas dan fleksibilitas yang diberikan desainer prosesor tertanam berbasis FPGA, sebagian daftar IP disertakan dengan alat disain dari Altera® dan Xilinx® seperti tercantum di bawah ini.

Peripherals & peripheral controllers

- General purpose I/O
- UART
- Timer
- Debug
- SPI
- DMA Controller
- Ethernet (interface to external MAC/PHY chip)

Memory controllers

- SRAM
- Flash
- SDRAM
- DDR SDRAM (Xilinx only)
- CompactFlash

Benchmarks Manufacturers

Standar patokan industri untuk prosesor tertanam berbasis FPGA adalah “Dhrystone MIPS “ (DMIPS). Altera® dan Xilinx® menyediakan DMIPS untuk sebagian besar dari prosesor tertanam yang tersedia. DMIPS yang dicapai oleh produsen berdasarkan pada beberapa hal yang dapat memaksimalkan hasil benchmark. Beberapa faktor tersebut adalah sebagai berikut:

- Optimal compiler optimization level
- Fastest available device family (unless otherwise noted)
- Fastest speed grade in that device family
- Executing from fastest, lowest latency memory, typically on-chip
- Optimization of processor.s parameterizable features

Prosesor tertanam tersedia dengan frekuensi maksimum dikutip dan DMIPS dirangkum di Tabel 1.

Table 1 – Altera Embedded Processors and Performance

Processor	Processor Type	Device Family Used	Speed (MHz) Achieved	DMIPs Achieved
ARM922T™	hard	Excalibur	200	210
NIOS®	soft	Stratix-II	180	Not Reported
Nios® II	soft	Stratix-II	Not Reported	200
Nios® II	soft	Cyclone-II	Not Reported	100

Table 2 – Xilinx Embedded processors and Performance

Processor	Processor Type	Device Family Used	Speed (MHz) Achieved	DMIPs Achieved
PowerPC™ 405	hard	Virtex-4	450	680
MicroBlaze	soft	Virtex-II Pro	150	123
MicroBlaze	soft	Spartan-3	85	65

Soft-Processor MicroBlaze™

Pada Gambar-1 ditunjukkan diagram balok dari prosesor tertanam (embedded processor) MicroBlaze™ keluaran Xilinx®. Prosesor ini merupakan soft-prosesor kategori Reduced Instruction Set Computer (RISC) yang dioptimasi untuk aplikasi FPGA buatan Xilinx®. Diagram balok untuk soft-prosesor MicroBlaze™ ditunjukkan pada Gambar-2.

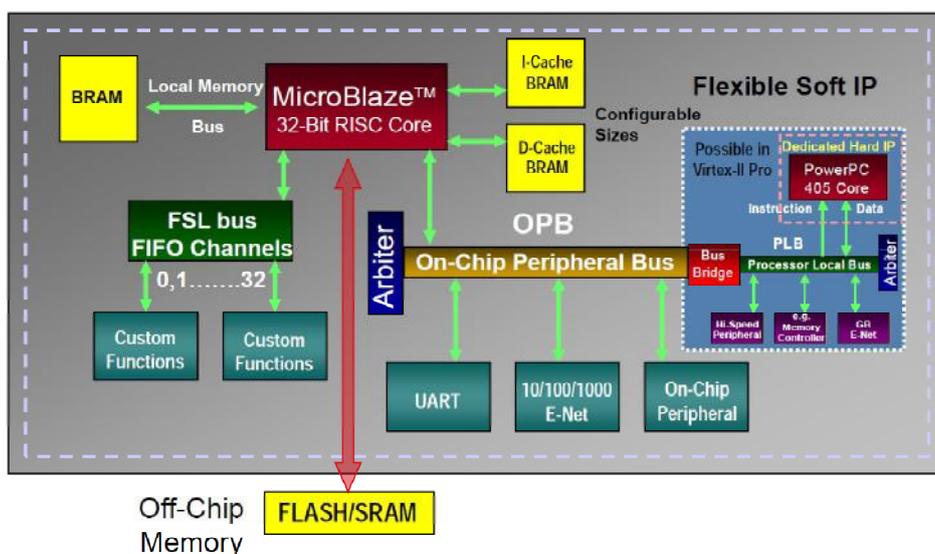
Fitur-fitur dari MicroBlaze™

Prosesor MicroBlaze ini dapat dikonfigurasi sehingga memungkinkan disainer untuk

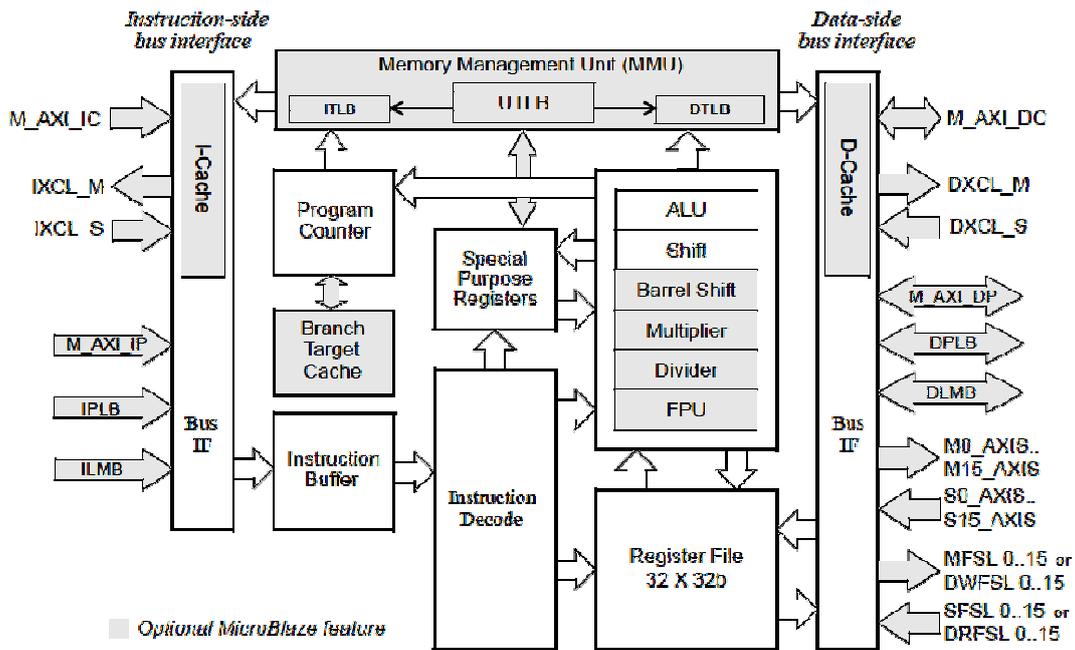
memilih konfigurasi yang spesifik sesuai yang diinginkan rancangan. Fitur tetap dari prosesor ini adalah seperti:

- Sebanyak tigapuluh-dua registers keperluan umum 32-bit
- Word instruksi 32-bit dengan tiga operands dan dua mode pengalamatan
- address bus 32-bit
- pipeline single-issue

Sebagai tambahan, prosesor MicroBlaze™ dapat diparameterisasi untuk mengizinkan pilihan Enable pada fungsi-fungsi tambahan dari versi terdahulu dari MicroBlaze™ ini.



Gambar 1: Struktur Embedded – Processor



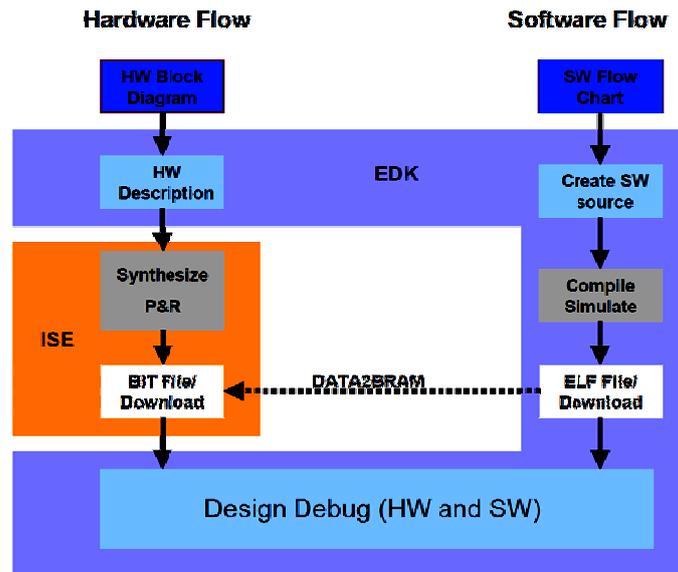
Gambar 2: Diagram Balok dari Soft- Processor MicroBlaze™

Struktur Disain dari MicroBlaze™ ini mengikuti arsitektur prosesor secara umum, dimana terdapat Arithmetic and Logic Unit (ALU), General Purpose Register, Instruction Register, Program Counter (PC) dan interkoneksi internal yang tersambung dengan Bus Internal.

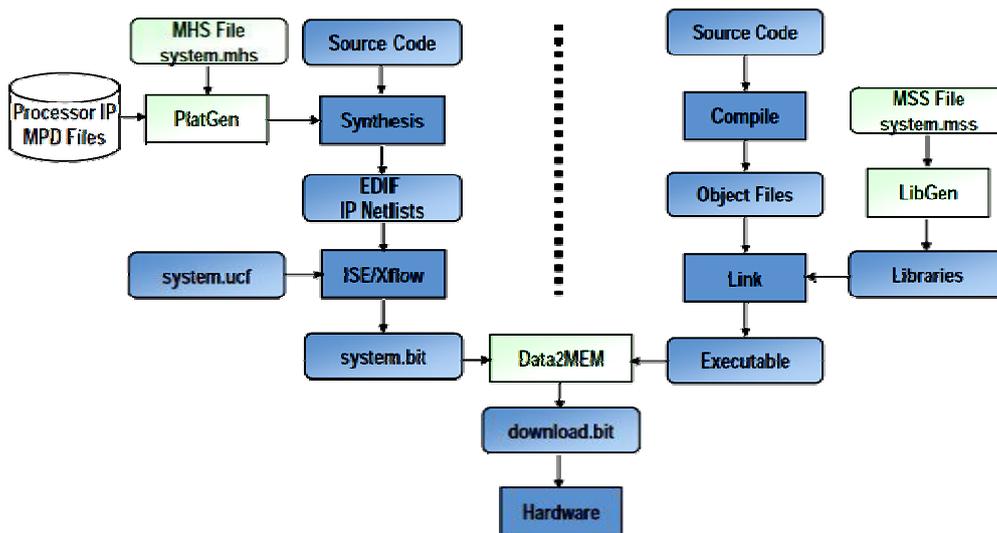
Untuk perancangan dari soft-processor Microblaze™ ini diperlukan tahapan perancangan Software dan Perancangan Hardware seperti ditunjukkan pada Gambar-3 dan Gambar-4. Software-tool yang dipergunakan untuk perancangan software adalah program aplikasi ISE dan Embedded Development Kit (EDK) sedangkan untuk perancangan hardware hanya software aplikasi Embedded Development Kit (EDK) yang

digunakan, dimana EDK ini disediakan oleh Xilinx® dan dalam software EDK telah terintegrasi paket lainnya, antara lain:

- Xilinx Platform Studio – XPS
- Base System Builder – BSB
- Creating/Importing IP Wizard
- Hardware generation tool – PlatGen
- Library generation tool – LibGen
- Simulation generation tool – SimGen
- GNU software development tools
- System verification tool – XMD
- Processor IP
- Drivers for IP
- Documentation
- Use the GUI or the shell command tool to run the EDK tool



Gambar 3: Tahapan Disain Soft-Processor MicroBlaze™ dan Software-Tool yang digunakan



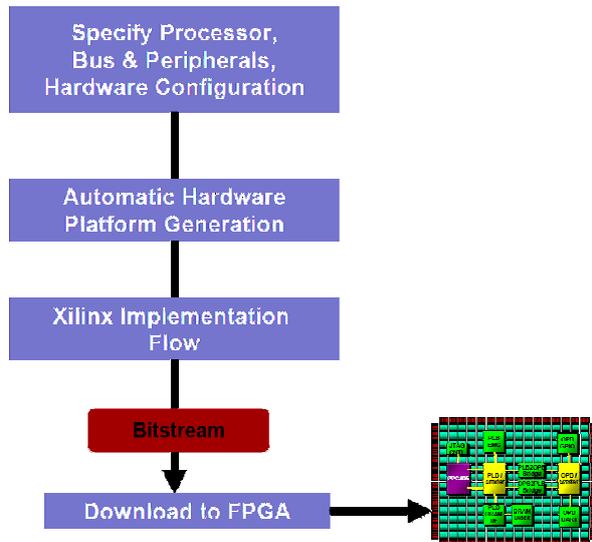
Gambar 4: Tahapan perancangan Soft-Processor MicroBlaze™

Tahap pertama perancangan prosesor MicroBlaze™ ini adalah dengan membuat file Microprocessor Hardware Specification (MHS), dimana file ini merupakan suatu file teks yang mendeskripsikan struktur hardware dari prosesor, arsitektur bus, peripheral, sistem interkoneksi, definisi permintaan interrupti prioritas (IRQ) dan alokasi memori. Selanjutnya Microprocessor Peripheral Definition (MPD) dibuat, dimana MPD ini merupakan suatu template yang berisi spesifikasi port dan parameter peripheral dan daftar port IP dan koneksi interface bus yang standar (default), daftar parameter dan nilai

defaultnya. Sembarang parameter MPD ditulis-tindih (overwrite) oleh MHS yang identik.

Platform Generator (PlatGen) menggunakan file MHS dan MPD untuk menghasilkan platform-hardware, kemudian file Netlist dan juga file pendukung lainnya dibangkitkan untuk aplikasi downstream dan juga file HDL-wrapper dihasilkan. Aliran implementasi (implementation flow XFLOW) dibangkitkan oleh software aplikasi ISE, dan juga file Project Navigation (ProjNav) melalui ISE Project Navigator. Setelah peripheral hardware selesai didefinisikan, aliran disain software

dikembangkan (tidak harus bergantung pada aliran hardware).



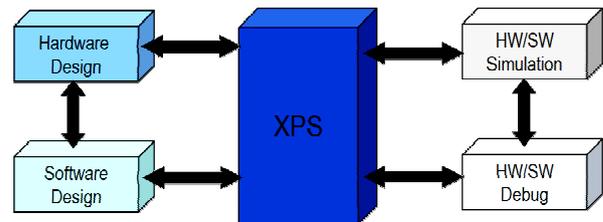
Gambar 5: Tahapan aliran perancangan Hardware

Pada aliran perancangan software, file Microprocessor Software Specification (MSS) dibangkitkan secara otomatis ataupun dapat dimodifikasi oleh user. File ini berisi opsi-opsi software projek, seperti opsi compiler, informasi dari driver, dan lain-lainnya. Tahapan selanjutnya adalah Library Generator mengkonfigurasi library dan driver-driver dari divais dan menghasilkan file-file xparameters.h yaitu file include untuk defenisi driver, libc.a, libm.a, libxil.a library-library yang memuat fungsi-fungsi yang dapat diakses oleh prosesor.

Software aplikasi Xilinx Platform Studio (XPS) yang terintegrasi dalam software EDK mempunyai fungsi sebagai:

- ❖ Project Management dari
 - File MHS atau File MSS

- File XMP
- ❖ Software Application Management
- ❖ Platform Management
 - Tool flow settings
 - Software platform settings
 - Tool invocation
 - Debug and simulation

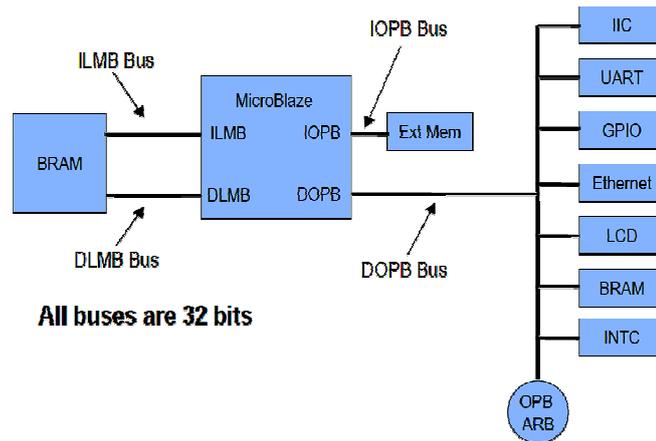


Gambar-6 : Fungsi dari XPS

Spesifikasi Soft-Processor MicroBlaze™

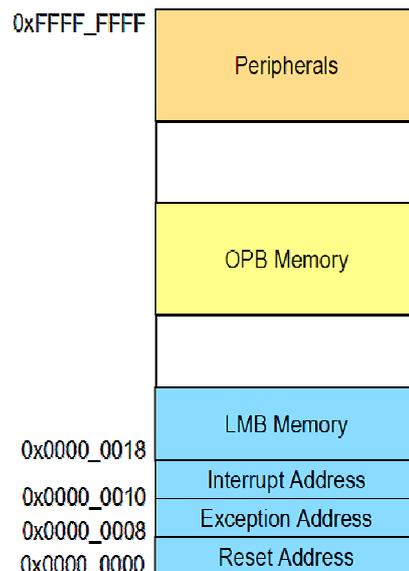
MicroBlaze™ adalah merupakan Soft-Processor yang dibangun dari FPGA. Processor ini memiliki spesifikasi seperti berikut ini:

- ❖ **Embedded RISC Processor**
 - Lebar Data 32-bit
 - Instruksi word 32-bit (three operands and two addressing modes)
 - 32 registers (32-bit wide)
 - 3 pipe stages (single issue)
 - Big-endian format
- ❖ **Buses**
 - Full Harvard-architecture
 - OPB (CoreConnect™ standard), instruction and data
 - LMB for connecting to local BRAM (faster), instruction and data



Gambar-7: Sistem Bus MicroBlaze™

- **Local Memory Bus (LMB)**
 - 32-bit high speed memory access
 - Single-cycle to on-chip BRAM
 - ILMB (Instruction LMB)
 - DLMB (Data LMB)
- **On-Chip Peripheral Bus (OPB)**
 - 32-bit processor interface
 - 8/16/32-bit peripheral interface
 - IOPB (Instruction OPB)
 - DOPB (Data OPB)
- ❖ **ALU**
 - Uses hardware multipliers in Spartan-III & Virtex™-II architecture
 - Barrel shifter
- ❖ **Program counter**
- ❖ **Instruction decode**
- ❖ **32-bit registers**
- ❖ **Instruction cache**
 - Configurable size 2 KB, 4 KB, 8 KB, 16 KB, 32 KB, 64 KB
 - Speeds up a typical program running from 60 nS (16 MHz) external memory by three to six times
- ❖ **Bus interfaces**
 - Instruction and data
- ❖ 150 MHz on Virtex-II Pro™ (-6) devices
- ❖ 100 Dhrystone-MIPs using LMB BRAM
- ❖ All instruction takes one clock cycle, except...
 - Load and store (two clock cycles)
 - Multiply (two clock cycles)
 - Branches (three clock cycles, can be one clock cycle)
- ❖ Approximately 900 LUTs in Virtex-II (450 slices, 110 Virtex™-II CLB)
- ❖ 1050 LUTs in Spartan (262 Spartan CLBs)
 - D2SB: 1176 CLBs
 - D2FT: 1535 CLBs



Gambar-8: Peta Memory dari MicroBlaze™

Performansi dari Soft-Processor MicroBlaze™

Alokasi Memory MicroBlaze™

- ❖ Memory and peripherals
 - The MicroBlaze™ processor uses 32-bit addresses
- ❖ Special addresses
 - MicroBlaze™ processors harus memiliki memori dari user yang dapat ditulis/dihapus dari alamat memory 0x00000000 hingga 0x00000017
- ❖ BRAM size limits
 - The amount of memory that can be assigned is limited
 - The largest supported BRAM memory size for Virtex™ and Virtex-E is 16 kB; for Virtex-II it is 64 kB

Kesimpulan

Soft-Processor adalah merupakan satu cara lain disain dari prosesor, dimana soft-prosesor memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan hard-prosesor. Keunggulan utama dari soft-processor adalah perancang (disainer) mendapat keleluasaan dalam merancang prosesor sesuai dengan keinginannya, sehingga dapat memiliki sifat yang unik dan spesifik dibandingkan dengan hardprocessor yang telah baku dari produsen. Selain itu, disainer dapat membuat platform soft-processor yang berbeda-beda dengan hardware FPGA yang sama. Tentu sebagai disainer, harus memiliki pengetahuan yang baik pada bahasa program Hardware Description Language (HDL). Dengan teknik disain soft-processor berbasis FPGA ini, maka

ketergantungan pada produksi processor bisa berkurang dan tidak perlu terlalu khawatir lagi terhadap cepatnya “usang” atau out of date dari prosesor.

Pengetahuan tentang FPGA dan pemrograman dengan bahasa HDL adalah dasar dalam merancang soft-processor. Hal ini menjadi masukan kepada institusi pendidikan perguruan tinggi untuk memasukkan materi FPGA pada Kurikulum Program Studi Teknik Elektro sebagai bagian dari pembelajaran mahasiswa, demikian juga memberikan wacana baru bagi tugas akhir mahasiswa pada bidang FPGA.

Daftar Pustaka

- [1]. Fletcher Bryan H.,” FPGA Embedded Processors, Revealing True System Performance”, Embedded Training Program Embedded Systems Conference San Francisco, Memec San Diego, California, 2005.
- [2]. Xilinx Manual Book, “MicroBlaze™ Processor Reference Guide, Embedded Development Kit (EDK) version 14.1”, 2012
- [3]. Xilinx Embedded Processor Design Presentation Slides, “Embedded System Design & Hardware / Software CoDesign using Xilinx EDK Embedded Development Kit”, 2004
- [4]. Xilinx Embedded Processor Design Presentation Slides, “Software Development”, 2004