

---

# SPARTAN-3E를 사용한 임베디드 시스템 설계

문상국

목원대학교 전자공학과

## Design of an Embedded System Using SPARTAN-3E

Sangook Moon

Mokwon University, Department of Electronic Engineering

E-mail : smoon@mokwon.ac.kr

### 요 약

현대의 반도체기술은 매우 발전하여 FPGA에 주문형 반도체 기능회로를 집적할 수 있는 차원을 넘어 마이크로프로세서 기반의 시스템온칩을 설계할 수 있는 형태로 발전하였다. Xilinx 사의 SPARTAN-3E는 50만 게이트 급의 FPGA를 사용하며 소프트 코어 형태의 마이크로블레이즈 (MicroBlaze) 프로세서를 사용하여 주변기기를 설계할 수 있는 버스 시스템을 갖추고 있다. 본 논문에서는 이러한 FPGA 시스템을 사용하여 간단한 마이크로컨트롤러 형태의 임베디드 시스템을 구현하는 방법에 대하여 논하고, 주변기와 버스 프로토콜을 소개하고 이러한 형태의 임베디드 시스템의 확장성에 대해 논의한다.

### ABSTRACT

Recent semiconductor design technology has been substantially developed that we can design a micro-system on a chip as well as implementing an application specific IC in an FPGA. SPARTAN-3E developed by Xilinx is equipped with an FPGA that holds as much as 500 thousand transistors connected with MicroBlaze softcore microprocessor bus system. In this paper, we discuss a method of implementing an embedded system using the SPARTAN-3E. We also explain the peripherals and the bus protocols and the expandability of this kind of embedded systems.

### 키워드

임베디드시스템, Xilinx, 마이크로블레이즈, FPGA

## I. 서 론

반도체 집적기술의 발달로 1990년대 하드디스크로 구현하던 저장 용량보다 수십 혹은 수백배의 용량을 최근에는 엄지손톱보다도 작은 플래쉬 메모리를 사용하여 저장할 수 있게 되었다. 이와 마찬가지로, 1990년대에 수억원 이상의 비용을 들여 ASIC (application specific integrated circuit)으로 구현하던 마이크로프로세서 시스템을 최근에는 논리 소자들을 마치 레고 (Lego) 블록을 조립하듯이 사용자의 요구에 맞도록 구현할 수 있는 방식의 FPGA가 개발되어 다양한 시스템을 엄청나게 빠른 시간에 구현할 수 있는 시대가 도래하였다. 이러한 FPGA에는 마이크로프로세서

와 버스 시스템이 플랫폼 형식으로 구현되어 있어 외부 주변기기 (peripheral)을 사용자가 구현하여 프로세서와 프로토콜을 맞추면 하드웨어와 소프트웨어 모두에 대한 검증을 빠른 시간 안에 구현할 수 있다. 본 논문에서는 Xilinx의 SPARTAN-3E FPGA를 이용한 개발 시스템을 이용하여 빠른 시간 안에 사용자의 요구에 맞출 수 있는 임베디드 시스템을 개발하는 방법을 제안한다.

## II. 소프트웨어 마이크로프로세서

마이크로블레이즈는 Xilinx FPGA 안에서 코드

블록을 조합하여 바로 회로합성하여 사용하는 형식의 가상 마이크로프로세서이다. 이러한 소프트웨어 형태의 장점은 필요한 만큼의 프로세서를 복제해서 사용할 수 있다는 점이다 [1].

마이크로블레이즈는 32비트 하버드 RISC 구조를 따르되, FPGA 안에서 자동합성 되기에 최적화 구조로 설계되었고, 분리된 32비트의 명령어와 데이터버스는 내부메모리는 물론 외부 메모리에도 접근이 가능하다. 전체적인 구조는 싱글이슈의 3단계 파이프라인 구조로 되어있고 32개의 일반 레지스터, ALU, 쉬프터, 두 레벨의 인터럽트로 이루어져 있고 배럴 쉬프터, 나눗셈기, 곱셈기, FPU, I/D 캐쉬 등의 확장구조로 사용이 가능하다. 이러한 구현의 유연성은 사용자가 원하는 타겟의 성능에 맞추어 면적대속도비를 적절히 조절할 수 있는 장점이 있다 [2] (그림 1).

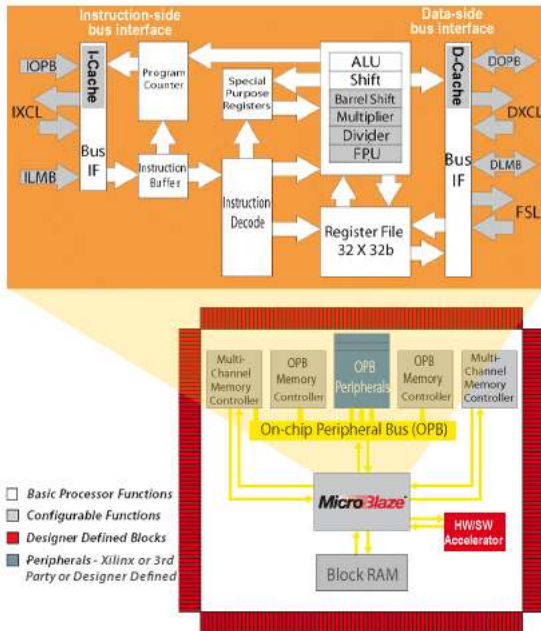


그림 1. 마이크로블레이즈 시스템 구성

### III. OPB (On-Chip Peripheral Bus) 시스템

Xilinx FPGA 개발 소프트웨어를 사용하여 마이크로블레이즈를 합성할 수 있을 뿐만 아니라, 버스시스템도 동시에 구현하여야 한다. 이 EDK (embedded system development kit)는 OPB (on-chip peripheral bus) 혹은 PLB (Processor Local Bus)로 주변기기들을 연결시킬 수 있는데, 본 논문에서는 OPB를 사용하여 주변기기를 구현하는 방법을 논의한다. 그림 2에서 보듯이 사용자의 최상위 레벨 모듈은 OPB 신호 프로토콜에 맞는 이름을 포함하여야 한다. 이러한 몇 가지의 지정된 프로토콜을 사용함으로써 사용자가 작성한

주변회로와 마이크로블레이즈간 통신을 빠르게 구현할 수 있다 [3].

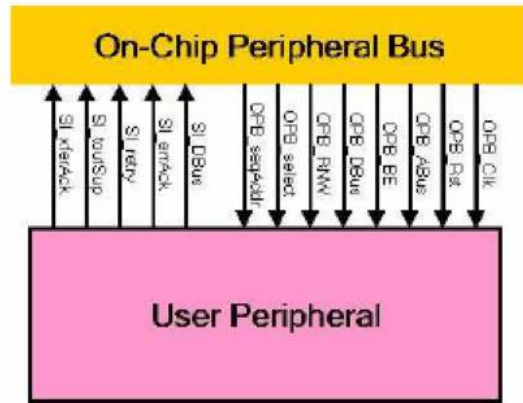


그림 2. OPB 버스 프로토콜

### IV. 임베디드 시스템 구현

EDK에서 프로세서와 버스 시스템 플랫폼을 사용하여 임베디드 시스템을 구성하기 위해서는 하드웨어 스펙과 소프트웨어 스펙을 정의하는 MHS (microprocessor hardware specification) 파일과 MSS (microprocessor software specification) 파일을 생성하여야 한다. 이후, EDK의 base system builder로 마이크로블레이즈의 동작속도와 캐쉬 크기, OPB 버스 시스템을 선택한 이후, 사용자가 구성하는 주변기기를 버스프로토콜에 맞추어 추가하면 간단한 임베디드 시스템을 구성할 수 있다. 필요에 따라 디버그 인터페이스를 추가하여 추후 구현된 하드웨어 레지스터의 내용을 확인할 수 있다. 사용자 주변기기는 32비트 곱셈기를 VHDL로 구현하였다.

테스트용 32비트 곱셈기를 VHDL로 구현하여, XPS 내에서 마이크로블레이즈 OPB 버스 시스템에 추가한 후, 프로토콜을 맞추고 자동합성하여 하드웨어 이미지 파일을 SPARTAN-3E 보드에 전송하고, 테스트용 소프트웨어 프로그램도 같이 전송하여 모니터용 터미널로 회로의 동작을 확인하였다. SPARTAN-3E 보드는 그림 3과 같고, PC와 USB 케이블을 사용하여 하드웨어 이미지와 소프트웨어 프로그램을 전송하고, XMD 디버거를 사용하여 프로그램 실행과정을 확인할 수 있었다. 임베디드 시스템의 검증은 소프트웨어 C 프로그램으로 곱셈 테스트 백터의 결과와 사용자 도메인에서 추가한 하드웨어 곱셈기에 테스트 백터를 삽입하여 계산된 결과를 비교하여 같은 결과를 확인하였다.



그림 3. SPARAN-3E 보드

## V. 결 론

본 논문에서는 Xilinx 사의 SPARTAN-3E 임베디드 개발보드를 사용하여 빠른 시간 내에 임베디드 시스템을 구현하는 방법에 대하여 논하였다. 이러한 방법을 사용하는 데에는 마이크로블레이즈, OPB 등 Xilinx 혹은 다른 회사에서 제안한 프로토콜과 구조에 대한 선행학습이 필요하며, 이 구조와 프로토콜 진화하고 발전함에 따른 후속적인 스터디와 follow-up이 필요하지만, 일단 이러한 선행학습이 이루어진 후에는 커스텀 임베디드 시스템과는 비교할 수 없는 속도로 임베디드 시스템을 개발할 수 있는 장점을 가진다. 추후 수년간은 이러한 방식의 플랫폼을 가진 FPGA를 사용한 임베디드 시스템의 개발이 매우 유리할 것으로 생각되며, 이는 다른 임베디드시스템을 이해하고 개발하는데 매우 유리할 것이다.

## 참고문헌

- [1] "Xilinx UG230 SPARTAN-3E Starter Kit Board User Guide", <http://www.xilinx.com>
- [2] "Microblaze tutorial", <http://www.xilinx.com>
- [3] "Microblaze microprocessor reference guide", <http://www.xilinx.com>