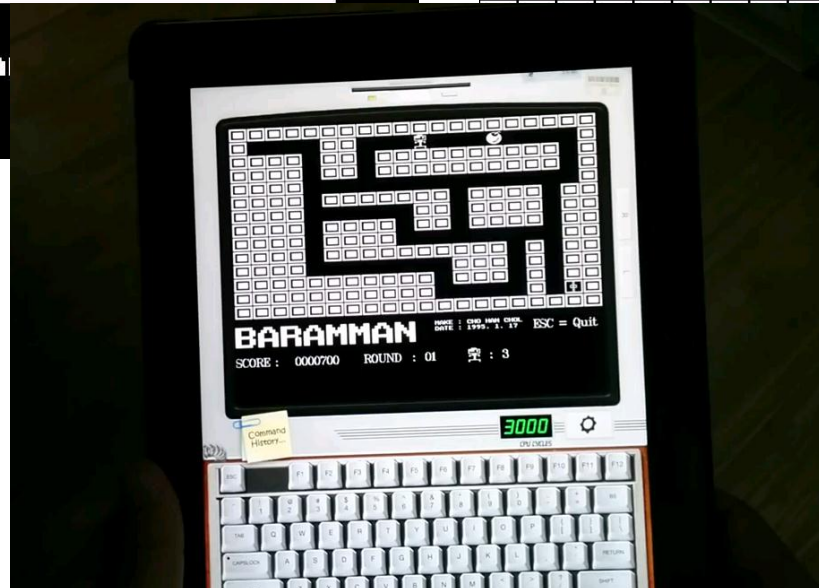
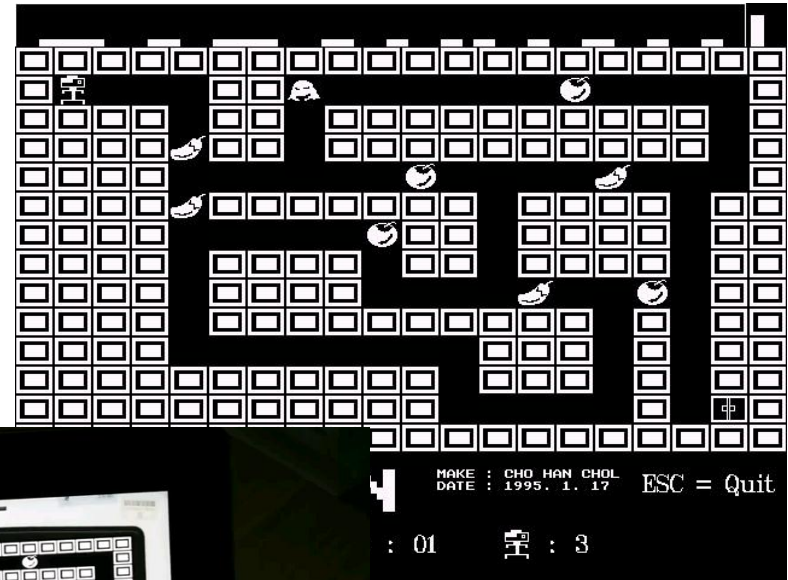


아두이노와 FPGA를 이용한 로봇 제작

조한철(Baram)

2015. 11. 7.

Baram ?



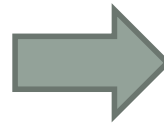
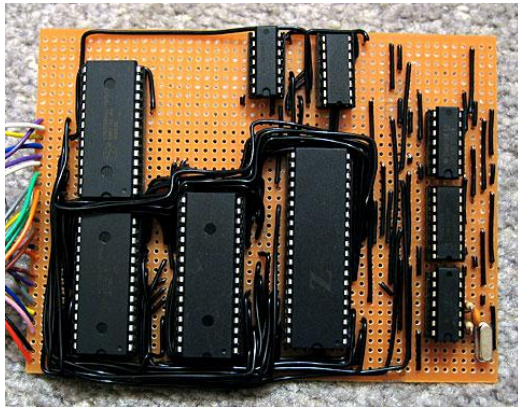
목차

- FPGA
- FPGA 사용예
- FPGA for DIY
- Why FPGA?
- DIY Microcontroller?
- ZPUino
- ZPUino 주변장치 추가
- 카메라/LCD 제어
- 로봇 제작

FPGA

- FPGA란?

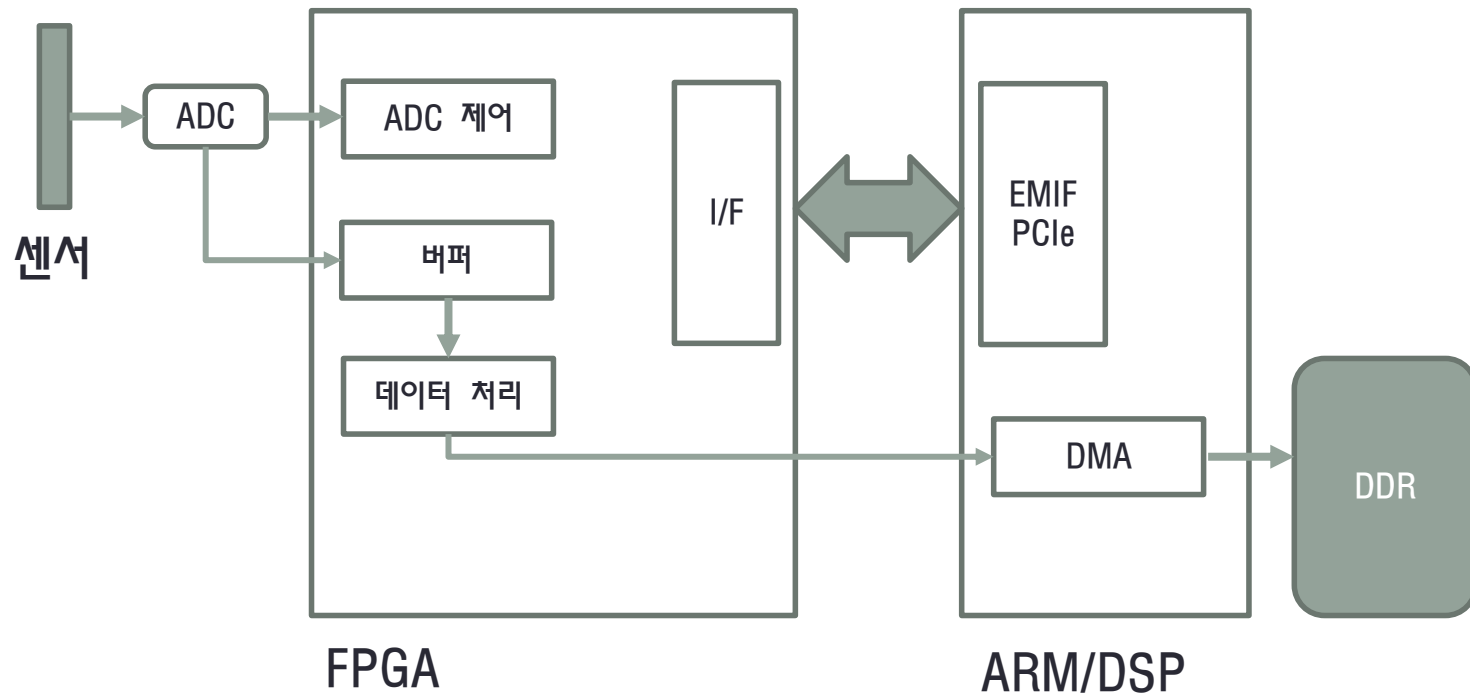
- Field Programmable Gate Array로 논리요소를 프로그래밍을 통해 구현 가능
- 프로그래밍 언어
 - VHDL
 - Verilog



- FPGA 제조사

- Altera
- Xilinx

FPGA 사용예



FPGA for DIY

- 가격이 높다
- 새로운 언어 습득 필요
 - VHDL/Verilog 언어
- 하드웨어 개념 이해 필요
 - 프로그래밍 하듯이 하드웨어를 설계 할 수 있지만 실제 하드웨어로 구현되기때문에 팬인/팬아웃/클럭타이밍과 같은 하드웨어 회로 요소를 고려하여 작성 필요
 - 동일한 설계가 10Mhz에서는 동작하지만 100Mhz에서는 동작하지 않을 수도 있음
- 정보 부족
 - FPGA를 사용하여 DIY를 사람들이 적기 때문에 참조 할 수 있는 정보가 제한적

Why FPGA ?

PWM이 100개가 필요할때?

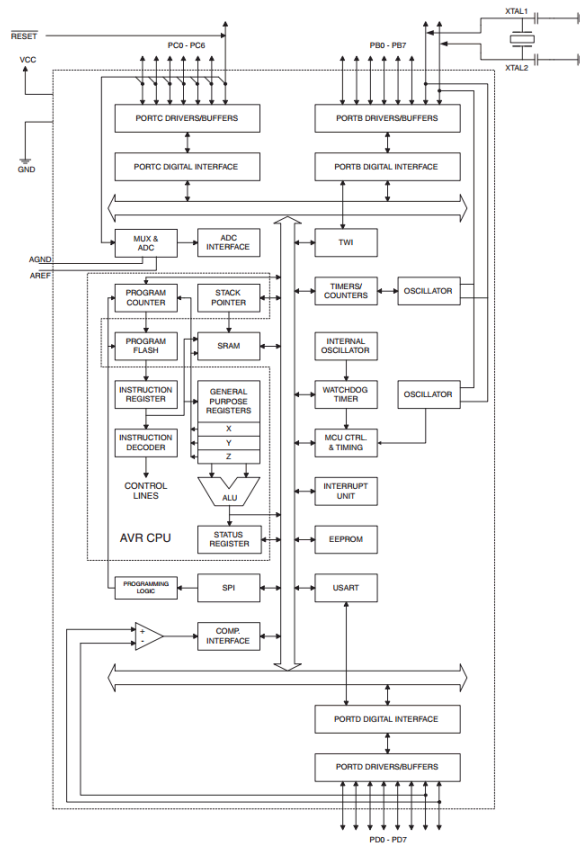
UART가 100개가 필요할때?

초음파센서를 100개 제어 필요할때?

100Mhz 센서데이터를 실시간 처리 필요할때?



DIY Microcontroller?



<ATMEGA8 구조>

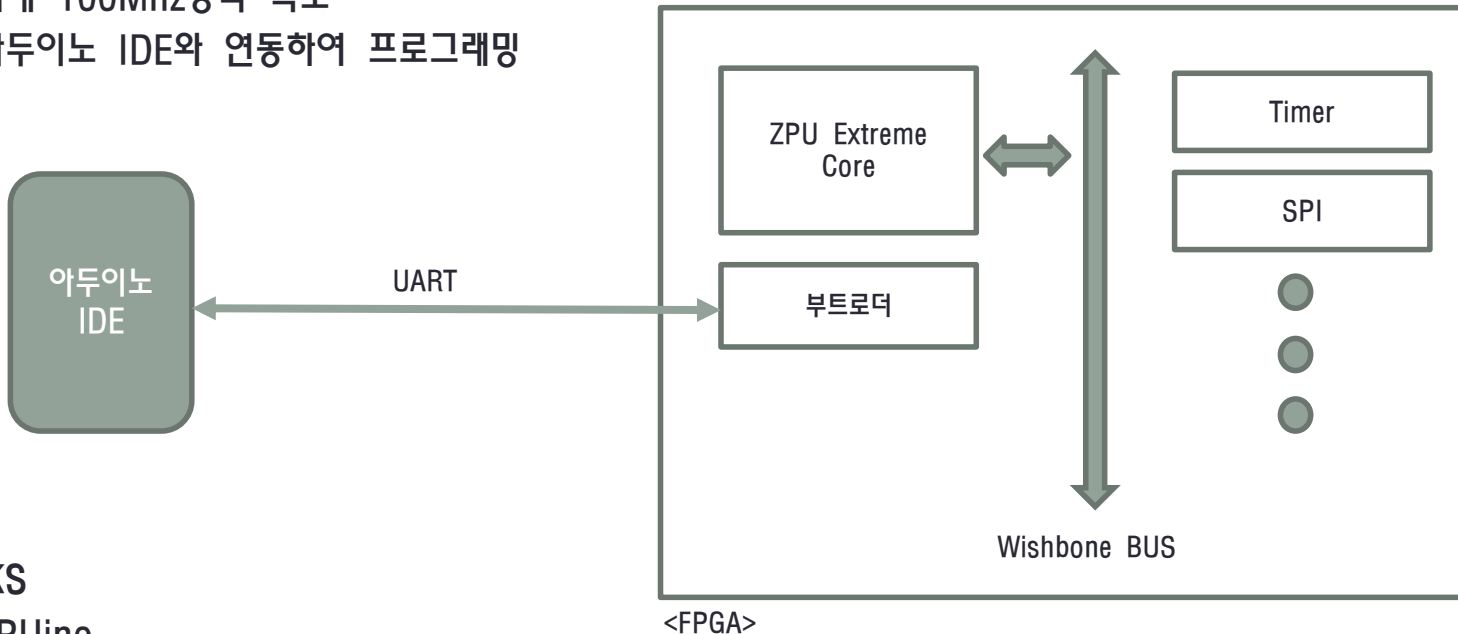
Processor				
Project	Files	Statistics	Status	License
16 Bit Microcontroller	●	Stats	wbc	LGPL
16-bit CPU based loosely on Caxton Foster's Blue architecture	●	Stats		LGPL
16-bit Open uRISC core Processor	●	Stats		LGPL
1664 microprocessor	●	Stats		Others
32 Bit RISC Processor Design	■	Stats		LGPL
4004 CPU and MCS-4 family chips	●	Stats		Others
6502VHDL	●	Stats		
6502 Verilog Design	■	Stats		LGPL
6809 and 6309 Compatible core	●	Stats		LGPL
68hc05	●	Stats		
68hc08	●	Stats		
8-bit microcontroller with extended peripheral set	●	Stats		LGPL
8051 core	●	Stats	wbc	
8080 Compatible CPU	●	Stats	done	
A-Z80 CPU	●	Stats	done	LGPL
ae18	●	Stats	done wbc	LGPL
aeM8	●	Stats	done wbc	LGPL
ag_6502 soft core with phase-level accuracy	●	Stats	done	GPL
AltOr32 - Alternative Lightweight OpenRisc CPU	●	Stats	done wbc	LGPL
Alwcpu - A light weight CPU	●	Stats	done wbc	LGPL
★ Amber ARM-compatible core	●	Stats	done wbc OCCP	LGPL
An inventory of soft processor cores	■	Stats		LGPL
ao486	●	Stats		BSD
ao68000 - Wishbone 68000 core	●	Stats	wbc	BSD
aoR3000	●	Stats		BSD
Apollo Guidance Computer NOR eMulator	●	Stats		GPL
Aquarius	●	Stats	wbc	GPL
ARM4U	●	Stats	done	GPL
ASPIDA sync/async DLX Core	●	Stats	wbc	

< <http://opencores.org/> >

ZPUino

■ ZPUino

- ZPU 32bit core의 소프트웨어프로세서
- Wishbone 오픈소스 버스를 사용하고 추가적으로 필요한 주변장치 추가 가능
- 최대 100Mhz동작 속도
- 아두이노 IDE와 연동하여 프로그래밍



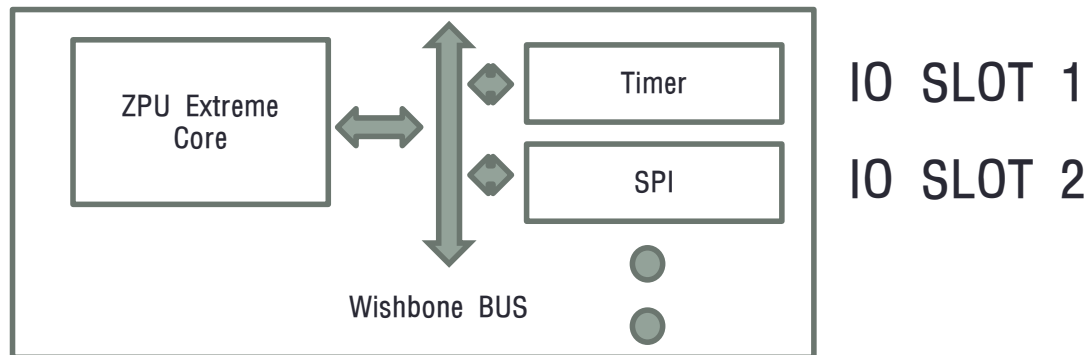
■ Links

- ZPUino
 - <http://www.alvie.com/zpuino/>
- ZAP(ZPUino Arduino Papilio) IDE 2.3.0
 - <http://forum.gadgetfactory.net/index.php?/files/file/8-zap-zpuino-arduino-papilio-ide/>

주변장치 추가

■ IO SLOT

- ZPUino에서 주변장치는 IO SLOT로 Wishbone 버스에서 하나의 독립된 메모리 공간으로 할당됨
- 기본 16개의 IO SLOT이 존재하며 변경 가능

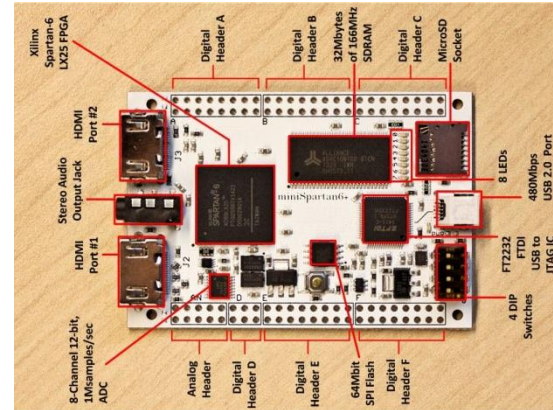


• IO SLOT 기본 인터페이스

```
slot14: zpuino_empty_device
port map (
  wb_clk_i    => wb_clk_i,
  wb_rst_i    => wb_rst_i,
  wb_dat_o    => slot_read(14),
  wb_dat_i    => slot_write(14),
  wb_adr_i    => slot_address(14),
  wb_we_i     => slot_we(14),
  wb_cyc_i    => slot_cyc(14),
  wb_stb_i    => slot_stb(14),
  wb_ack_o    => slot_ack(14),
  wb_inta_o   => slot_interrupt(14)
);
```

miniSpartan6+ 보드

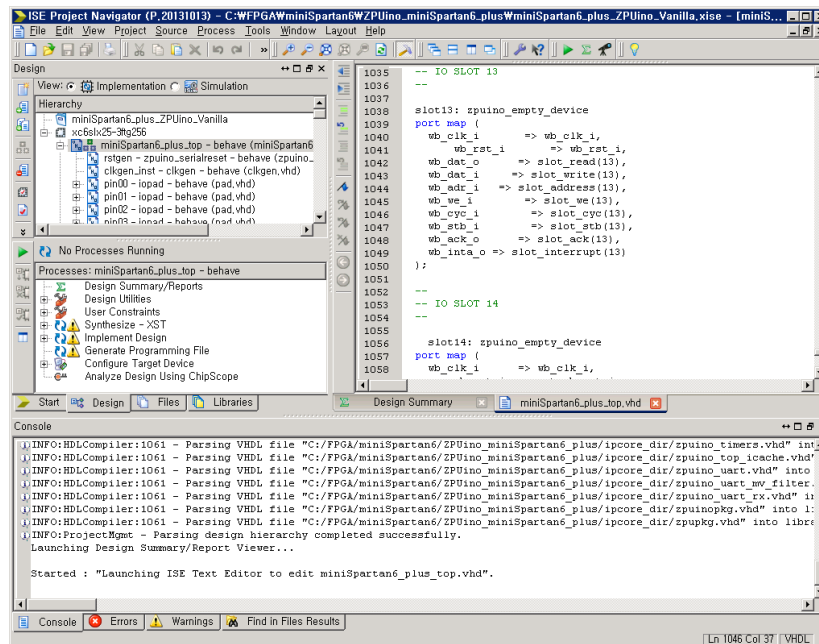
- Kickstarter를 통해 펀딩에 성공함
- 사양
 - SPARTAN6 LX9(75\$) or LX25(105\$)
 - SDRAM 32MB
 - 8Ch ADC
 - <https://www.scarabhardware.com>



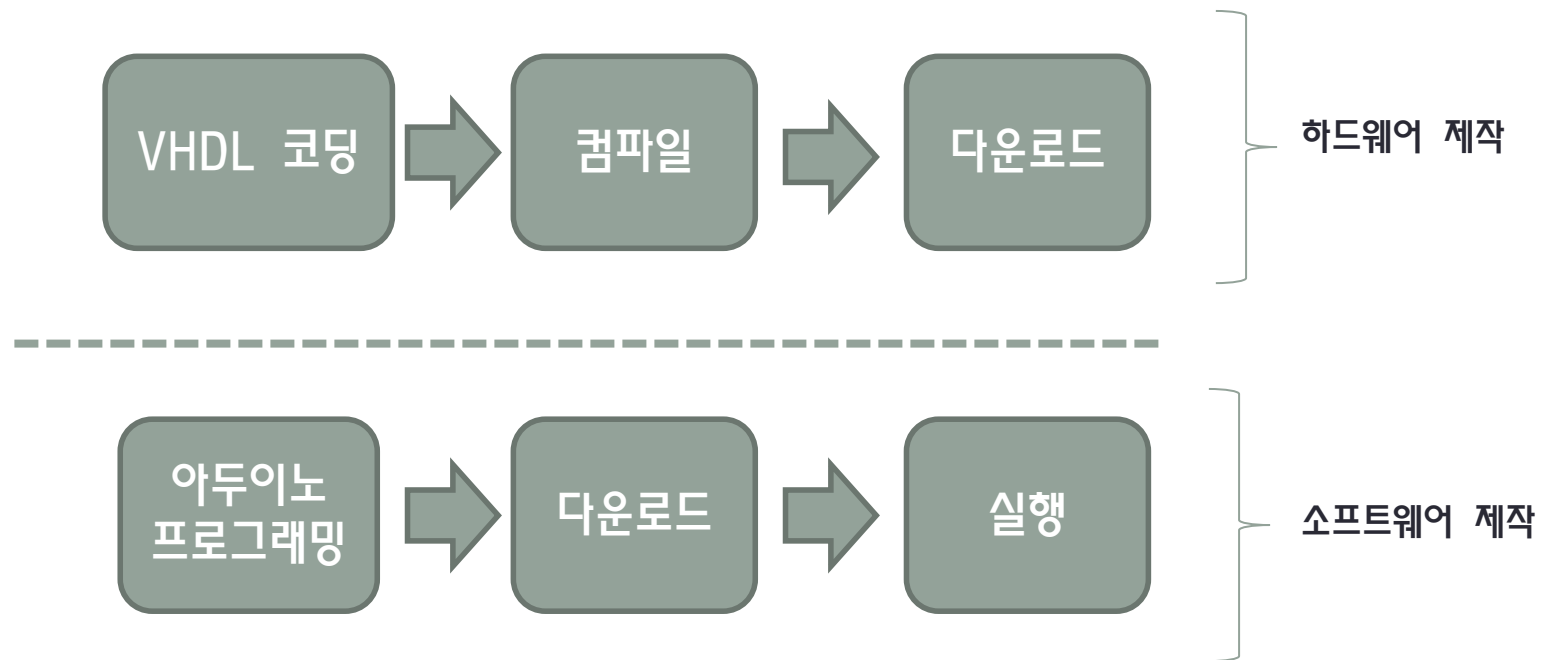
ISE Design Suite

■ Xilinx사의 FPGA 설계 Tool

- VHDL/Verilog를 통한 프로그래밍
- 다운로드
- <http://www.xilinx.com/support/download/index.html/content/xilinx/en/downloadNav/design-tools.html>
- 현재는 업데이트 종료된 상태이며 새로운 Tool인 Vivado가 출시되었음



개발 과정



카메라/LCD 제어

- SPI/UART

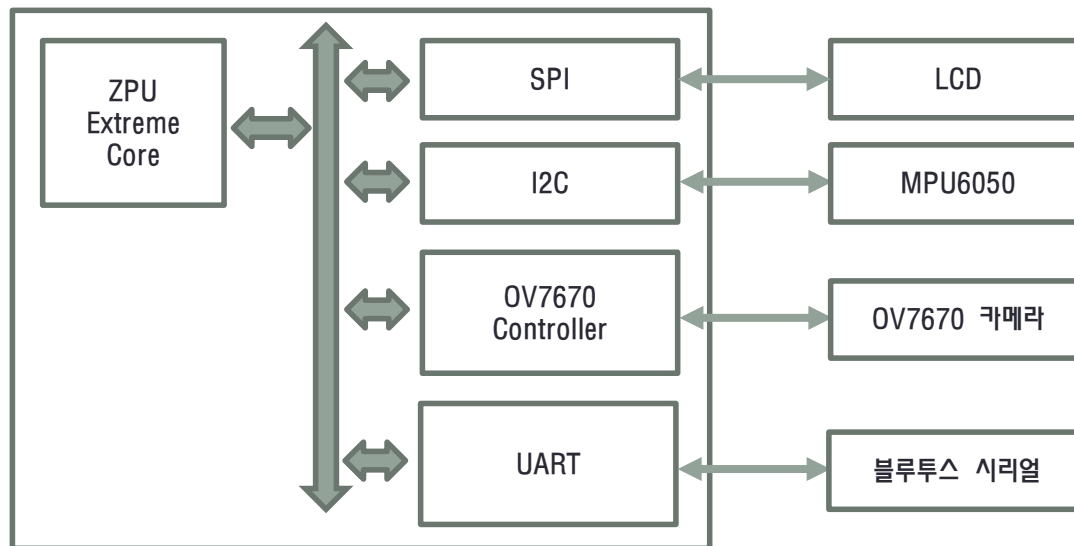
- LCD 제어를 위한 SPI 및 UART는 기본 구현되어 있는 SPI 장치를 사용함

- I2C

- <http://sourceforge.net/projects/fpgalibre/files/I2C%20Wishbone%20Master/> 오픈소스 포팅

- OV7670

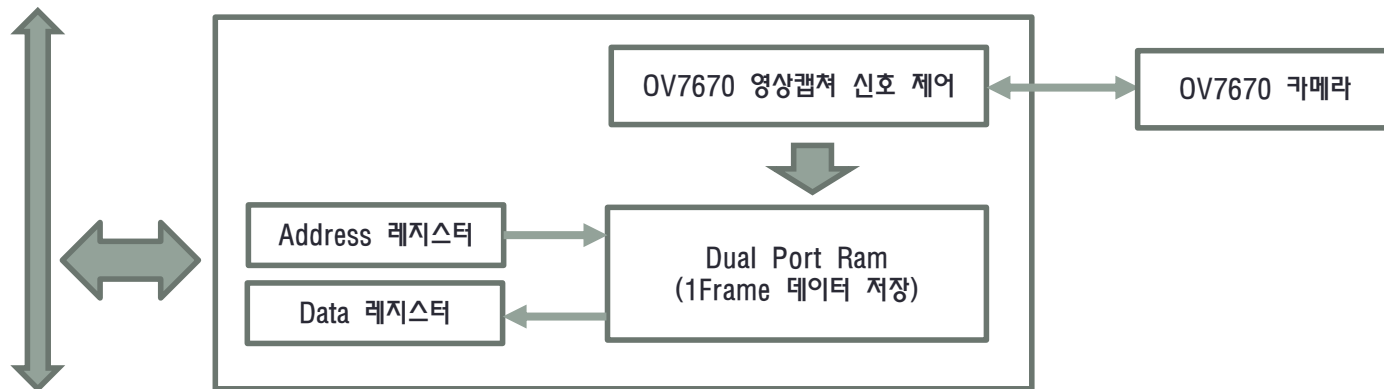
- http://hamsterworks.co.nz/mediawiki/index.php/OV7670_camera 오픈소스 포팅



<FPGA>

카메라/LCD 제어

- 카메라 영상 1Frame 데이터를 Dual Port Ram에 저장
- Address/Data 레지스터를 통해서 캡처된 이미지 데이터를 읽어옴



```
for( i=0; i<length; i++ )  
{  
    REGISTER(IO_SLOT(12), 0) = i;    // Dual Port Ram 주소 입력  
    pixel = REGISTER(IO_SLOT(12), 0); // 해당 주소에서 데이터 읽기  
    pImage[i] = pixel;               // 1픽셀 데이터 버퍼에 저장  
}
```

<1Frame 이미지 가져오기 코드>

카메라/LCD 제어 아두이노 코드

```
IMU_Class      IMU;
OV7670_Class   OV7670;
GLCD_Class     GLCD;

void setup()
{
    bool ret;
    u32 i;
    Serial.begin(115200);
    OV7670.begin( 17, 16, 18, 19 );
    OV7670.setColorSpace(YUV422);

    GLCD.begin();
    GLCD.setCursor(0,0);
    GLCD.print("OV7670 Test");
    IMU.begin();
}

void loop()
{
    display_gray();    // LCD에 이미지 출력

    IMU.loop();        // MPU6050 계산

    GLCD.setCursor(0,4);
    GLCD.print("Roll      : ");
    GLCD.print(IMU.kalAngleX);

    GLCD.setCursor(0,5);
    GLCD.print("Pitch     : ");
    GLCD.print(IMU.kalAngleY);
}
```

```
void display_gray()
{
    //-- 이미지 캡처
    //
    OV7670.read_image( ImageBuf, 80*60, 2 );

    //-- 영상원본 출력
    //
    for( i=0; i<80*60; i++ )
    {
        pixel = (ImageBuf[i]>>8);

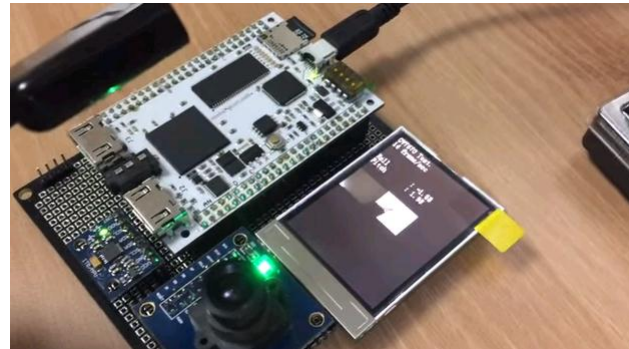
        ImageBuf[i] = pixel;
    }
    GLCD.drawGray( 0, 120, 80, 60, ImageBuf );

    //-- 영상 이진화
    //
    for( i=0; i<80*60; i++ )
    {
        if( ImageBuf[i] < 30 ) ResultBuf[i] = 255;

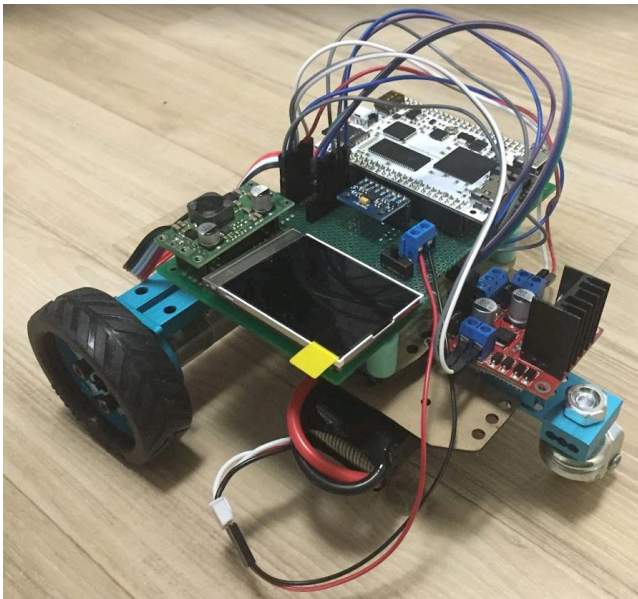
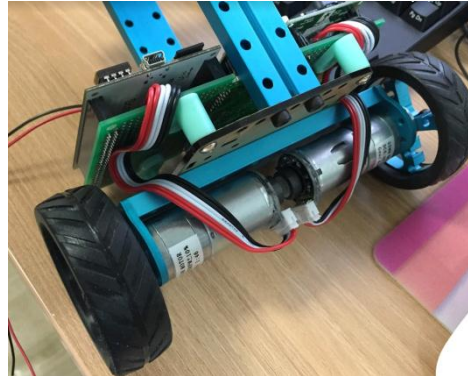
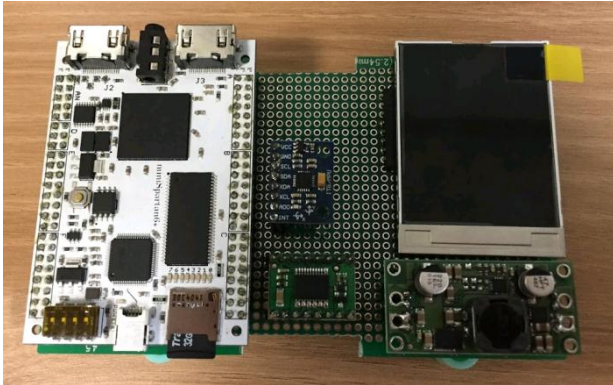
        else                      ResultBuf[i] = 0;
    }
    GLCD.drawGray( 0+80, 120, 80, 60, ResultBuf );
}
```


카메라/LCD 시험 영상

- LCD 시험
 - <https://youtu.be/hWFfAau006w>
- OV7670 카메라(컬러)
 - <https://youtu.be/6bzeTHWBTKs>
- OV7670 카메라(흑백 이진화)
 - <https://youtu.be/YjaKDJpGefs>

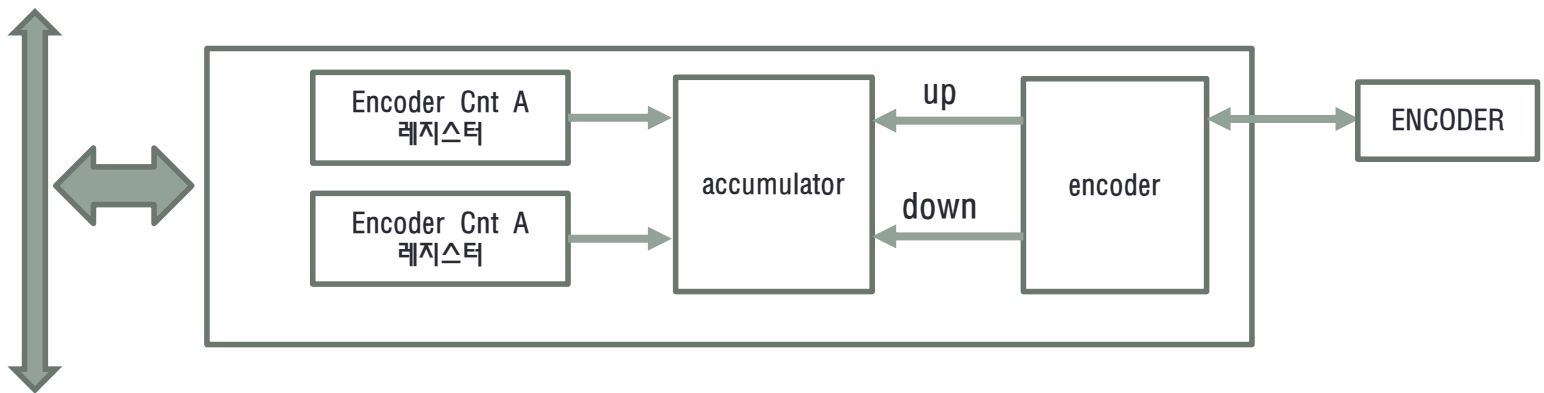


로봇 제작



로봇 제작

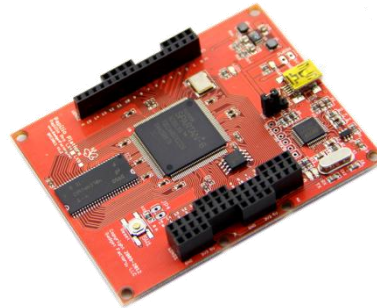
- 엔코더 입력 펄스를 4체배하여 카운트
 - 시험영상
 - <https://youtu.be/JkppZ71Z9IA>



FPGA 보드

■ Papilio Pro

- SPARTAN6 LX9 (84\$)
- SDRAM 8MB
- <http://papilio.cc/>



■ XuLA2-LX9

- SPARTAN6 LX9 (69\$)
- SDRAM 32MB
- 소형 사이즈
- <http://www.xess.com/>



■ RASPGA EVM 보드

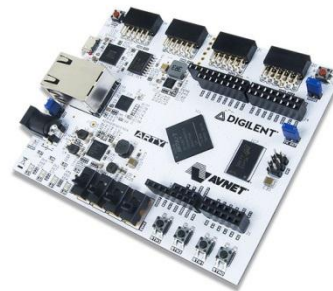
- SPARTAN6 LX16(77,000원)
- SDRAM 128MB
- 라즈베리파이 Shield 형태의 보드
- <http://www.pu.elogics.net/>



FPGA 보드

▪ ARTY

- Artix-7 FPGA (99\$)
- 256MB DDR3
- <http://digilentinc.com/>



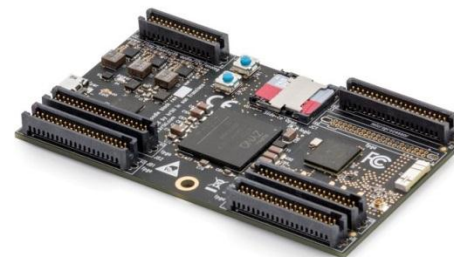
▪ Z-turn Board

- Zynq SoC 7010 (99\$)
- Dual-core ARM Cortex-A9 667Mhz
- 1GB DDR3
- <http://www.myirtech.com/>



▪ snickerdoodle

- Zynq SoC 7010 (55\$)
- Dual-core ARM Cortex-A9 667Mhz
- 512MB DDR
- 현재 크라우드펀딩 중이며 2016년 3월 배송 예정
- <https://www.crowdsupply.com/krtkl/snickerdoodle>



Links

- 작업 소스코드

- <https://github.com/chcbaram/FPGA>

- FPGA 관련

- <http://hamsterworks.co.nz/>
 - FPGA관련 개인 프로젝트 공개
- <http://opencores.org/>
 - 다양한 부분의 FPGA 오픈소스
- <http://www.zynqbook.com/>
 - Xilinx의 SoC인 Zynq에 대한 책으로 PDF로 무료로 다운로드 가능
- <http://www.yes24.com/24/goods/5468475?scode=032&OzSrank=2>
 - VHDL 프로그래밍 바이블 책
- <http://fpgacenter.com/>
 - FPGA관련 내용 및 VHDL 문법

감사합니다.