

3. TDC 인터페이스

TDC 에 입력되는 신호는 검출기에서 출력된 아날로그 신호를 LVTTTL 이나 PECL 형태로 바꾸어 져야 한다. TDC 에 입력되는 시작-멈춤(Start-Stop) 신호에 따라 TDC 에서는 두 신호의 시간 차이 정보를 출력하게 된다. TDC 를 제어하기 위해 외부에서 DSP 를 이용하여 제어 및 데이터 신호를 전송한다. ACAM 에서 제작된 TDC 는 병렬이나 직렬로 제어가 이루어 지는데, 본 연구에서 사용된 칩은 직렬 방법에 의하여 제어가 이루어진다. 그림 3 에서는 직렬로 TDC 를 제어하는 인터페이스 타이밍을 보여주고 있다. DSP 에서는 SPI(Serial Peripheral Interface) 기능을 이용하여 제어 신호를 전송하였다. 제어 신호를 통하여 APSTNG 시스템의 TOF 를 알아내기 위한 TDC 의 측정 방법, 측정 시간 및 시간 해상도 등을 설정할 수 있다.

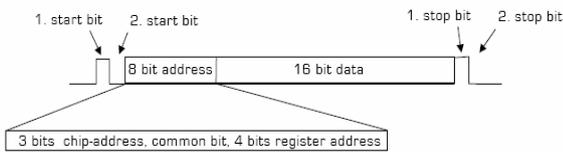


Fig. 3 Serial Interface timing

그림 4 에서는 TDC 인터페이스를 위한 블록도를 보여주고 있다. 시작-멈춤 신호를 실시간으로 저장하기 위해서 TDC 출력 단자에 FIFO 를 연결하여 DSP 에서 이를 읽어오도록 설계되었다. 또한 DSP 에서는 TDC 의 시간 정보를 저장하기 위해 FLASH 를 연결하였으며, USB 를 통하여 분석 시스템으로 시간 정보 데이터가 전송되도록 하였다.

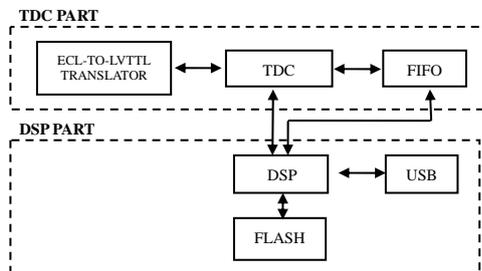


Fig. 4 Block diagram of TDC interface

2. 실험 및 결과

그림 5 에서는 제작된 TDC 와 DSP 보드를 보여주고 있다. TDC 보드에서는 ECL, LVTTTL 입력 단자, 2 개의 FIFO 및 TDC 칩으로 구성되어 있으며, DSP 보드는 Analog device 사의 DSP 칩, FLASH 칩 및 USB 칩으로 구성되어 있다. 또한 외부 데이터 저장을 위해 DSP 보드에서는 CF (Compact Flash) 기능이 설계되었다.

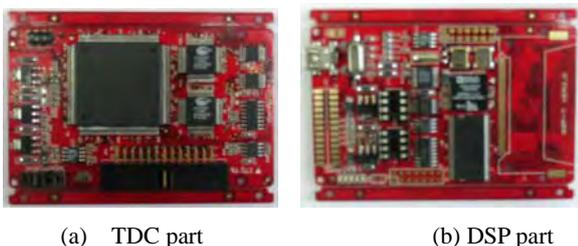


Fig. 5 TDC Module

제작된 TDC 모듈의 특성을 파악하기 위해 신호 발생기에서 400ns 의 폭을 가지는 시작-멈춤 신호를 발생시켜 TDC 의 입력 단자에 입력하였다. 입력된 시간 정보는 FIFO 에 저장이 되며, 저장된 후 ACK(Acknowledge) 신호가 발생되게 되는데, 그림 6 에서는 위에서 부터 각각 시작 신호, 멈춤 신호, FIFO 클럭 신호, ACK 신호를 보여주고 있다. 본 연구에서 사용된 TDC 칩을 이용할 경우 시간 해상도는 60ps 이며, 하나의 시작-멈춤 신호만 측정할 경우에 측정 범위는 대략 수 500 KHz 까지 측정이 가능하다. 또한 ACAM 에서 상용화된 dead-시간이 0ns 인 칩을 사용하면, 하나의 시작-멈춤 신호에 대한 측정 범위는 최대 9 MHz 까지 가능하게 된다.



Fig. 6 Timing signal of TOF

4. 결론

본 연구에서는 설계된 TDC 모듈은 입력되는 아날로그 신호를 디지털화 한 후에 이를 읽어 들여 TOF 를 측정하는 것이다. TOF 신호는 검색하고자 물체의 내부 성질과 위치를 알아내어 2D 및 3D 로 보여줄 수 있다. 현재 APSTNG 는 전 세계적으로 실용화 되어 보안 검색 장치에 활발하게 사용되고 있지 않지만, 본 연구를 통하여 APSTNG 시스템에 사용될 수 있는 고속 신호 처리 모듈을 설계하였다. 향후에 10ps 내외의 시간 해상도를 가지는 TDC 및 나노 프로세서가 가능한 프로세서 모듈 설계를 통해 측정 범위를 향상시켜 시스템에 접목하는 연구가 필요한 실정이다.

후기

본 연구 과제는 산업자원부에서 수행 중인 디지털 재난 방재 시스템 사업의 중성자 보안 검색 장치 핵심 부품 개발 사업의 일환으로 수행 되었습니다.

참고문헌

1. Mircea, B., et al., "A 96-channel FPGA-based Time-to-Digital Converter (TDC) and fast trigger processor module with multi-hit capability and pipeline," Nuclear Instrument and Methods In Physics Research, 444-457, 2005.
2. S.G. Lee, J.G. Bak, M. Bitter, M.K. Moon, U.W. Nam, K.C. Jin, K.N. Kong, K.I. Seon," Imaging x-ray crystal spectro-meters for KSTAR," Review of Scientific Instruments, 1997-2000, 2003.
3. M.K. Moon, V.T. Em, C.H. Lee, P. Mikula, K.P. Hong, Y.H. Choi, J.K. Cheon, U.W. Nam, K.N. Kong, K.C. Jin, "Optimization of bent perfect Si(220) crystal monochromator for residual strain/stress instrument-Part II," Physica B, 70-75, 2005.