

초정밀 동기용 시간 지연 발생기 제작

장대식, 차병헌, 김철중

A precision Time Delay Generator for Use in Laser Systems

Dae Sik Chang · Byung Heon Cha · Cheol Jung Kim

Abstract - 레이저 시스템의 정밀한 동작시점 제어를 위해서 초정밀 동기용 시간 지연 발생기(time delay generator)를 제작하였다. 제작된 장치는 8 비트 delay line IC를 조합하여 구현하였으며 사용자 프로그램에서 지연 시간과 펄스폭을 설정할 수 있도록 하였다. 또한 RS232 통신 방식으로 설정 값을 전달할 수 있도록 하였고 모듈 단위로 2 개의 채널을 사용할 수 있도록 하였으며 7 비트 어드레싱 방식의 I²C(Inter IC Bus)를 이용할 경우 최대 127 개의 모듈을 동작시킬 수 있도록 하였다.

1. 서 론

레이저 시스템을 정밀 제어하기 위해서 time delay generator를 제작하였다. 레이저 시스템은 발진기, 전치증폭기, 주증폭기로 구성되며 레이저의 동작 시작 타이밍을 나노초 단위로 제어할 수 있는 time delay generator가 필요하다.

Time delay generator는 아날로그 time delay generator와 디지털 time delay generator로 구분지을 수 있다. RC 회로의 특성을 이용한 아날로그 time delay generator는 시간이 덜 중요한 어플리케이션에서 채택되며 디지털 time delay generator에 비하여 구성하기가 쉽고 가격이 저렴하다. 디지털 time delay generator는 타이밍 소스로써 크리스탈을 사용하여 아주 높은 안정성을 얻을 수 있다. 오실레이터의 매우 높은 Q값 때문에 클락 지터가 매우 작은 generator를 구성할 수 있으며 온도 제어가 가능한 오실레이터를 사용할 경우 더욱 작은 지터를 가지는 generator의 제작도 가능하다.[1]

또 다른 장점으로 디지털 time delay generator는 시간 지연과 펄스폭을 전면부 패널을 통해서 수동으로 설정할 수 있지만 원격리제어를 이용하여 설정할 수도 있다.

본 논문은 윈도 기반의 사용자 인터페이스를 기반으로 RS232 통신 방식의 원격리제어가 가능하며 시간 지연과 펄스폭을 나노초 단위로 제어할 목적으로 제작된 time delay generator에 대하여 기술한 것이다. 본 장치는 microchip사의 PIC16F877로 delay line IC에 대한 제어와 I²C를 구현하였으며 다수의 채널로 확장 가능한 장치이다.

2. 본 론

2.1 장치 설계

장치는 시간 지연과 펄스폭을 제어 할 수 있어야 하며, 추가로 발생할 수 있는 채널 수요에 대비할 수 있도록 설계되어야 한다. 장치는 원격리에서 제어 가능해야 하며 편리한 사용자 인터페이스를 제공하도록 제작되어야 한다

2.1.1 시간 지연 발생 회로

많은 회사에서 delay line IC를 제조하고 있으며 delay line IC가 병렬모드로 설정되었을 때 그림 1과 같이 동작한다. 기본적으로 delay line IC는 본태성 delay를 가지고 그 만큼 입력 신호를 지연시키지만 8 비트 버퍼를 가진 경우 버퍼에 0~255 사이의 스텝 값을 설정하면 본태성 delay에 버퍼에 설정된 스텝 값을 더한 만큼 출력이 지연된다. delay line IC로 Dallas 사의 DS1020-100을 사용하였고 소자의 본태성 delay는 10 ns이고 설정할 수 있는 스텝 당 delay는 1 ns 이다.[2]

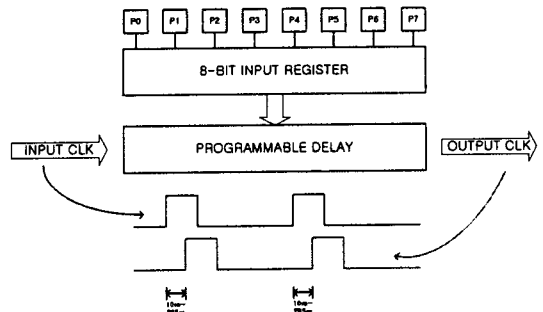


그림 1 Delay line IC의 병렬 동작 원리.

2.1.2 펄스폭 가변 회로

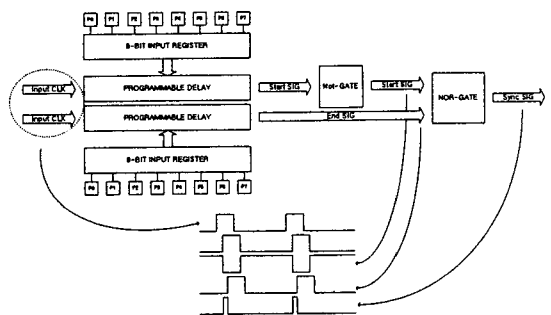


그림 2. Nor 소자를 이용한 펄스폭 가변 원리.

그림 2는 펄스폭 가변 회로의 동작을 간단하게 도시한 것이다. 그림에서와 같이 한 쌍의 프로그램 가능한 시간 지연 발생 회로가 필요하며 그 중 하나의 시간 지연 발생 회로의 출력 신호를 inverter 소자로 처리하고 이를 나머지 시간 지연 발생 회로의 출력 신호와 nor 소자로 처리하면 복잡한 회로 구성을 피하면서 버퍼에 설정된 스텝의 차이에 해당하는 펄스폭을 얻을 수 있다.

2.1.3 제어 방법

Time delay generator는 신호를 만들어내는 장치(Target)와 원격리에서 사용자 인터페이스를 제공해 주

는 컴퓨터(Host)로 구성 되어 있다.

Target은 마이크로컨트롤러 PIC16F877을 사용하여 delay line IC 버퍼의 내용을 갱신하고 출력을 제어하며 Host 컴퓨터와 통신도 수행한다.

PIC16F877은 두 종류의 직렬 통신 방법을 제공한다. MSSP(Master Synchronous Serial Port)를 사용하여 Target에서 마스터 역할을 하는 보드와 슬레이브 역할을 하는 보드 사이에 I²C 통신을 구현하였고 USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)를 사용하여 Target과 Host 사이에 RS232 통신을 구현하였다.[3]

실험자가 Host에서 윈도 기반의 사용자 프로그램에 직접 수치로 지연 시간과 펄스폭을 입력하면 해당 데이터는 물리적으로 COM 포트를 통하여 RS232 통신 방식으로 Target에 전송된다.

Target은 채널의 확장과 유지 보수의 용이함을 확보하기 위해서 마스터 보드와 슬레이브 보드의 회로를 동일하게 제작하였으며 하나의 마스터 보드와 다수의 슬레이브 보드 구조가 되도록 제작하였다. 또한 VME backplane을 통하여 I²C 통신을 구현하였다.

그림 3은 Host와 Target 사이, Target상의 마스터 보드와 슬레이브 보드 사이의 통신 및 제어 방법을 간략히 도시한 것이다.

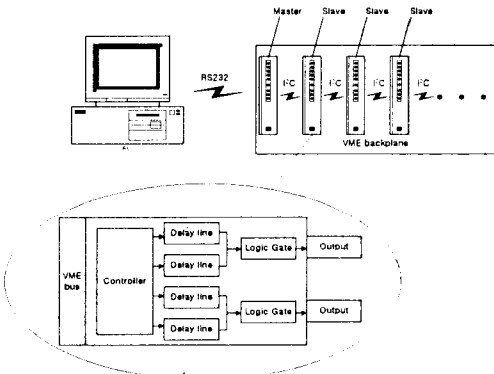


그림 3. 장치의 제어 방법.

2.2 장치 제작

고려된 항목을 바탕으로 장치를 제작하였다. 3U VME 카드 사이즈로 보드를 제작하였고, Host측 프로그램 작성을 위해서 Measurement Studio와 Visual C++를 사용하였다. Target측 프로그램 작성을 위해서 MPLAP 2000 개발환경과 CCSC 컴파일러를 사용하였다.

2.2.1 보드 제작

PIC16F877의 포트 A는 신호 출력과 delay line IC 제어에 관계되는 신호를 위해, 포트 B는 I²C 통신에 필요한 포트의 주소와 출력 스위치 신호를 위해 할당되어 있다. I²C 통신에 필요한 주소는 DIP스위치로 설정하여 각 슬레이브 보드마다 고유한 값을 가진다. I²C는 7 비트 어드레싱 모드와 10 비트 어드레싱 모드를 지원하나 본 장치의 프로그램 보드는 7 비트 어드레싱 방법을 사용하되 하드웨어 구성은 하위 4 비트만을 사용하도록 설계 제작하였다. 즉 마스터 보드를 제외할 경우 15개의 슬레이브 보드를 사용할 수 있으며 보드마다 2개의 채널을 가지므로 30개의 채널을 통하여 레이저 시스템의 타이밍을 제어할 수 있다.

PIC16F877의 포트 C는 I²C와 RS232 통신에 필요한 물리적인 인터페이스 구현을 위해, 포트 D는 병렬모드로 사용되는 4개의 지연 발생 소자들의 8비트 데이터 버스를 위해 할당하였다.

그림 4는 제작된 보드로 마스터 보드와 슬레이브 보드의 하드웨어는 동일하다. 다만, 탑재되는 소프트웨어에 의해서 기능이 구분되며 모든 보드를 동기 시키는 신호는 마스터 보드의 PWM 출력을 이용하거나 별도의 외부 보드에 의해서 만들어진다.[4]

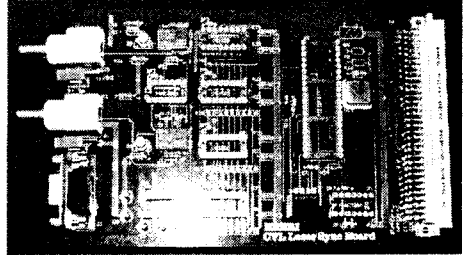


그림 4. 제작된 보드.

2.2.2 소프트웨어 구성

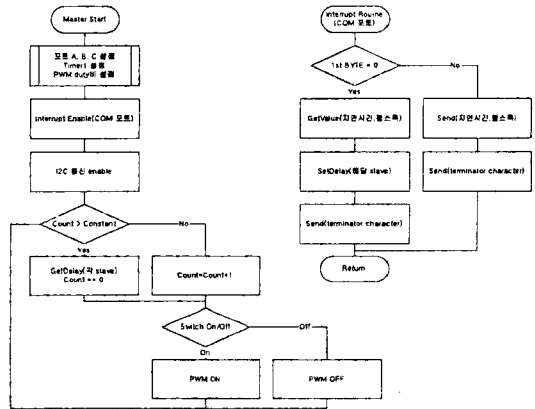


그림 5. 마스터 보드의 순서도.

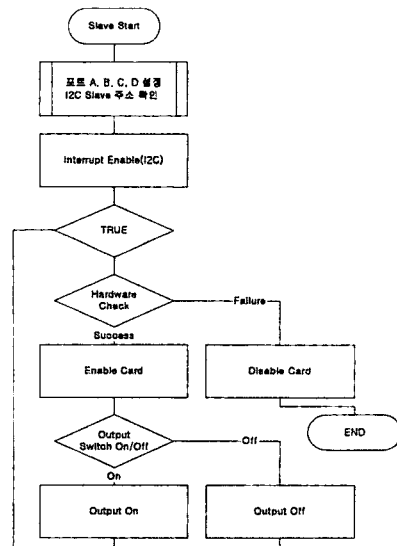


그림 6. 슬레이브 보드의 순서도.

Visual C++를 이용하여 Host측 프로그램을 작성하였다. Host측 프로그램은 Target과 통신을 설정하고 Target의 상태를 확인하며 사용자 프로그램 상에 수치

입력이 있는 경우에 Target의 설정치를 변경한다.

Target 측은 마스터 보드와 슬레이브 보드에 탑재되는 두 종류의 프로그램이 있으며 그림 5과 6은 마스터 보드와 슬레이브 보드의 동작 순서도이다.

마스터 보드는 전원 투입과 동시에 하드웨어 상태를 확인하며 각 포트와 PWM을 동작시키기 위하여 필요한 timer와 duty비의 설정치를 설정한다. 또한 Host와 통신하기 위해 필요한 인터럽트를 활성화시키고 무한루프를 수행한다. 만일 COM 포트에 신호 변화가 있으면 마스터는 인터럽트 루틴을 수행하여 첫 번째 바이트가 문자 '0'일 경우 전송되는 데이터를 임시 메모리에 저장하였다가 I²C 통신을 통하여 VME bus 상의 해당 슬레이브 보드에 전달한다.

슬레이브 보드는 전원 투입과 동시에 하드웨어 상태를 확인하며 마스터 보드와 통신하기 위해서 필요한 인터럽트를 활성화시키고 무한루프를 수행한다. I²C 통신과 관계된 신호 변화가 있을 때마다 DIP스위치로 설정된 자신만의 고유한 하드웨어 어드레스를 비교하여 자신의 어드레스에 해당할 경우에만 데이터를 처리하여 delay line IC의 버퍼 내용을 갱신하고 새로운 신호를 발생시킨다.

2.2.3 제작된 장치

그림 7은 제작된 장치의 운전 화면이며 그림 8은 장치의 출력 파형이다.

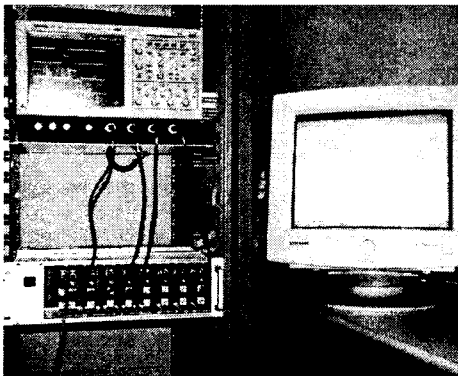


그림 7. 운전 화면.

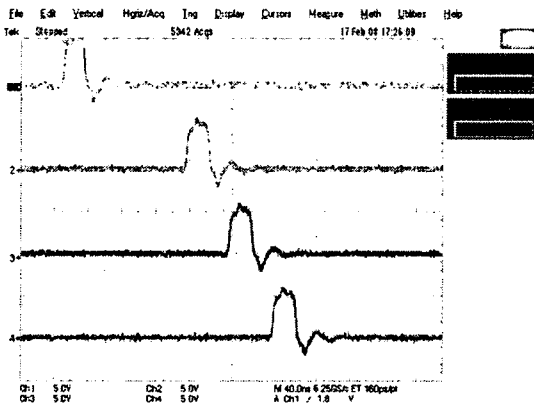


그림 8. 출력 파형.

3. 결 론

본 time delay generator는 레이저 시스템의 방전 시작 타이밍을 제어하기 위해서 제작되었다. 윈도우 기반의 사용자 인터페이스를 사용하여 지연 시간과 펄스폭을

나노초 단위로 원거리에서 제어할 수 있으며, VME backplane을 채용하여 채널을 확장하거나 유지 보수가 필요할 경우 해당 모듈을 추가하거나 교체하기가 용이하다.

[참 고 문 헌]

- [1] Andrew Murray, Peter Hammond, "Delay generators for time of flight", Meas. Sci. Technol, 10, 225-231, 1999
- [2] Dallas Semiconductors, "DS1020/DS1021 8-Bit Programmable Delay Lines Application Note".
- [3] Phillips Semiconductors, "The I2C-bus specification".
- [4] Microchip Technology, " PIC16F87X DataSheet".