

정밀 중량 계측 신호처리를 위한 A/D 변환 시스템

*주 용 규, **전 찬 민, ***박 찬 원
*강원대학교 전기공학과 석사과정, *석사과정, ***교수
전화 : 033-250-6294 / 핸드폰 : 016-858-4675

An A/D Conversion System for Precision Weighing Signal Process

Yong Kyu Joo, Chan Min Jeon, Chan Won Park
Dept. of Electrical Engineering, Kangwon National University
E-mail : hl2xgw@hanmir.com

Abstract

This paper has been studied an A/D conversion system for precision weighing signal process in weighing system. A/D conversion has some problem.; offset drift voltage with environment situation and nonzero value of initial output voltage. The Offset voltage in analog circuit produces a drift of an output voltage before A/D conversion stage.

This paper suggested the method of reducing the offset voltage by switching analog chopping circuit and making the initial output close to zero to enhance the swing range by D/A converter.

Also, we have designed active filter and digital filter with Auto Zero Tracking algorithm for better signal process of the weighing system.

I. 서론

컴퓨터의 발달과 통신 방법의 발달을 통하여 여러 개의 시스템을 원격지에서 제어하는 기술이 발달하였다.[3] 제어가 시스템을 제어하기 위한 기본 데이터는 시스템의 여러 물리량이며 이를 디지털화 시키기 위한 A/D 변환 인터페이스가 필요하다. 이것을 센서와 인접하도록 장착하고 원격지 제어 시스템과 쌍방향 multi-drop 디지털 통신으로서 각 명령어와 데이터들을 상호 전송하는 방식의 구성이 많이 사용되고 발달되었다.[1]

본 논문에서는 아날로그인 물리량들을 디지털 데이터로 변환하고 원격지 제어 시스템으로 전송하는 A/D 변환 인터페이스에서 주위 온도 변화에 따라 변하는 OP-Amp 오프셋 전압[1,2]에 의한 영향을 아날로그 chopping 회로를 이용하여 보정하였고, 초기의 0이 아닌 결과 값에 의하여 좁아진 데이터 측정 범위를 확대하기 위한 D/A 컨버터의 이용에 대한 연구 결과를 보이고자 한다.

II. 하드웨어 구성

2.1 A/D 변환 인터페이스의 하드웨어 구성

본 연구에 사용된 아날로그 신호를 디지털로 변환하고 원격지 제어 시스템에 데이터를 전송하기 위한 변환 인터페이스 장치의 기본 구성은 그림 1과 같이 구성된다.

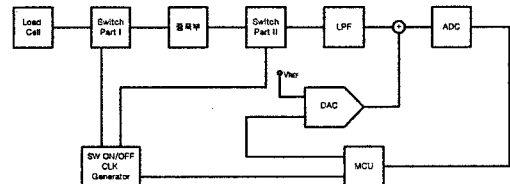


그림 1. 시스템 전체 블럭도

2.2 Offset voltage 보정회로 및 증폭회로

(1) Offset voltage 보정 회로

보정회로는 그림 2에 보인 것과 같이 스위치 Part I 과 Part II, 증폭회로, Sample & Hold 회로로 나뉘어진다.

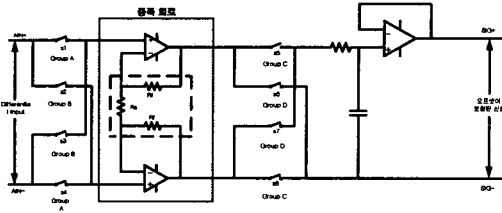


그림 2. Offset 보정 회로

중량 센서의 Differential Output을 주기적으로 교차시키면서 증폭 회로에 입력하여 동작 점을 중심으로 DC의 offset voltage를 일정 주기를 갖는 펄스로 만들어주고, 증폭 회로의 출력을 다시 주기적으로 교차시켜 신호를 일정한 A_{INP} , A_{INN} 신호를 만든다. 이때 차동 입력 신호에서 A_{INP} 는 +측 신호, A_{INN} 은 -측 신호를 뜻한다.

이와 같은 방법에 의해 만들어진 신호를 Sample & Hold 회로에 입력시키고, 이 부분에서 증폭회로의 offset을 보정하였다. 그림 3과 4는 펄스로 만들어진 입력신호와 보정된 신호를 보여준다.

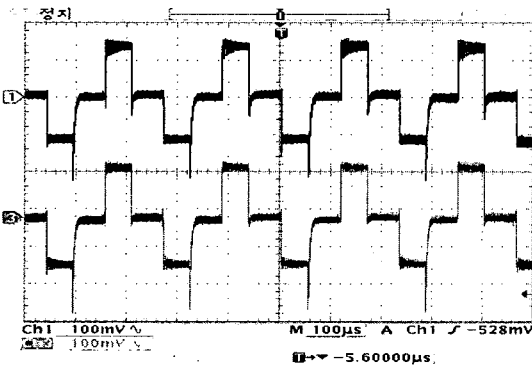


그림 3. 교차된 신호

그림 3은 offset을 포함하고 두 입력 신호가 교차된 파형을 보여준다. 위의 그림에서 보듯이 교차된 신호에는 offset의 값을 포함하면서 주기적으로 동작 점을 중심으로 봤을 때 +, -가 교차된다. 이 신호는 sample & hold 회로를 거치면서 offset 값이 서로 상쇄된다.

아날로그 회로를 이용하여 보정을 하였으므로 메인 프로세서에서 다루어야할 분량이 감소되는 이점 또한 갖게 된다.

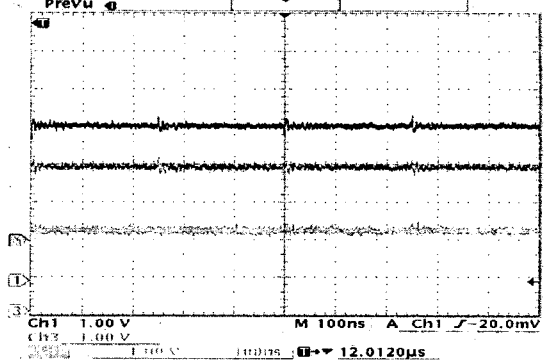


그림 4. Offset이 보정된 결과

첫 번째 파형은 Positive, 두 번째 파형은 Negative, 세 번째 파형은 (Positive - Negative) 값을 나타낸다.

(2) 증폭회로

CMRR이 우수한 계장용 증폭회로이고 중량센서의 Differential Output을 교차시켜 증폭을 시켜주는 역할을 한다. 증폭율은 $V_O = (1 + \frac{2R_f}{R_s})(V_{IN1} - V_{IN2})$ 이고 실험에 사용된 값은 약 81배 정도가 된다. 수십 μV 의 센서 출력을 수십 mV~수 V로 증폭시켜 A/D 컨버터의 입력으로 사용할 수 있도록 한다.[3]

2.3 LPF 및 D/A 변환기

(1) 저역 통과기(LPF)

아날로그 회로의 특성상 주변 및 기기 진동 등의 잡음 원들이 많다. 이들 잡음 중 고주파 성분은 LPF 회로를 거치면서 감소가 되고, 신호 성분을 제외한 나머지 저주파 잡음은 메인 프로세서에서 디지털 필터를 통하여 제거하게 된다.

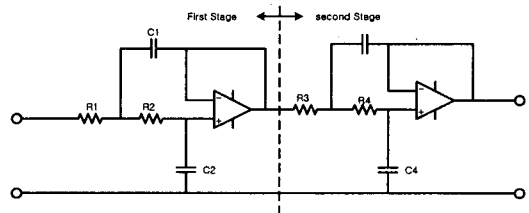


그림 5. LPF

그림 5의 LPF는 VCVS형의 2차 Butterworth LPF를 2단 직렬 연결한 것으로서 그 주파수 특성 및 위상

특성은 그림 6과 같다.[2]

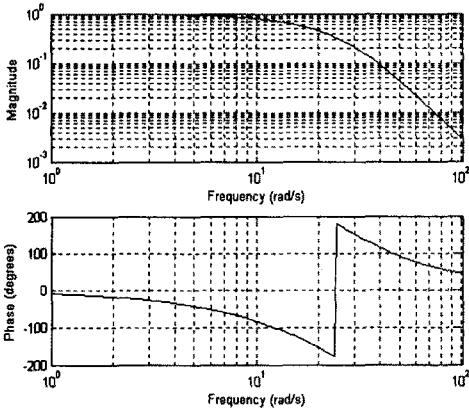


그림 6. LPF의 주파수 및 위상응답 곡선

(2) D/A 변환기

중량 계측 장비에는 중량센서에 설치되어 있는 장치들에 의한 초기 값이 존재하게 된다. 이 값에 의해 발생하는 초기 전압 역시 Offset으로 생각할 수 있다. D/A 변환기를 이용하여 A/D 변환 입력 단에서 초기 값의 약 20% 정도로 조정해 줌으로서 중량센서의 Zero에 대한 전압 값을 변경시킬 수 있게 된다.

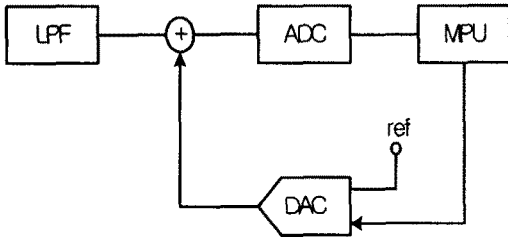


그림 7. D/A 변환기 블록도

그림 7은 실험에 사용된 D/A 변환기에 대한 블록도를 나타낸 것이다. 실험을 통하여 DAC 출력 값을 구한 후 소프트웨어에서 Zero 상태의 AD 변환 결과 값을 계속 검사한다. 실험에 의한 기준 값을 넘어가는 AD 변환 값을 얻었을 경우 DAC를 통하여 일정 전압을 출력하여 시스템 초기 AD 변환 출력의 약 20% 정도를 유지할 수 있도록 한다.

20% 정도의 여유를 주는 것은 하중이 반대 방향으로 주어졌을 경우를 대비하여 음의 값을 가질 수 있도록 하기 위함이다.

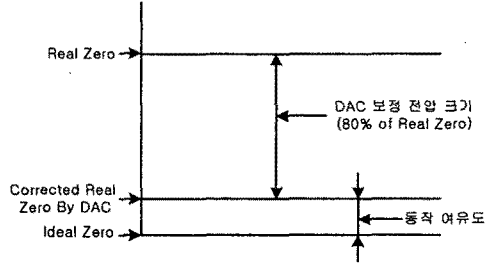


그림 8. D/A 변환기의 동작

2.4 A/D 변환기 및 메인 프로세서

(1) A/D 변환기

BURR BROWN사의 ADS1210을 이용하였으며, Main Clock 2MHz, Gain 2, TMR 8, 변환 결과 데이터 출력 주파수 60Hz로 설정하여 Sampling 주파수 62.5kHz, Modulation 주파수 31.25kHz로 실험하였다. 다음 식으로부터 각 주파수들을 구할 수 있다.

$$f_{SAMP} = G \cdot TMR \cdot f_{XIN}/512$$

$$f_{MOD} = TMR \cdot f_{XIN}/512$$

$$f_{DATA} = f_{XIN} \cdot TMR/(512 \cdot Decimation Ratio)$$

여기서 G는 Gain, TMR은 Turbo Mode Ration, f_{XIN} 은 A/D 컨버터의 메인 클럭을 나타낸다. 데이터 출력 주파수는 A/D 변환기에 내장되어 있는 디지털 필터의 응답에서 특별한 주파수를 걸러낼 수 있도록 설정하는 데 사용된다. 60Hz로 설정한 것은 전원 잡음을 걸러내기 위하여 설정한 것이다.

(2) 메인 프로세서

A/D 변환기와 SPI 통신을 이용하여 제어 데이터 및 변환 결과를 읽어오며, 디지털 필터를 구동시켜 하드웨어 LPF를 통해 제거되지 않은 잡음을 제거한다. 그리고 Zero 상태에서 만큼 변화하는 A/D 변환 결과 값에 대하여 Auto Zero Tracking 알고리즘을 수행하여 항상 Zero에서 계측이 될 수 있도록 하는 소프트웨어를 통하여 동작한다. 사용된 프로세서로는 Atmel 사의 ATmega103을 이용하였다.

III. Software의 구성과 동작

3.1 Software의 구성

본 연구의 소프트웨어의 흐름도를 보면 그림 9와 같이 각 주변 소자들에 대한 설정, A/D 변환기로부터 데이터를 읽기, 디지털 필터, 데이터 안정화 알고리즘,

Auto Zero Tracking, D/A 변환기 제어, 계측 결과 값 표시 부분으로 나뉘어 질 수 있다.

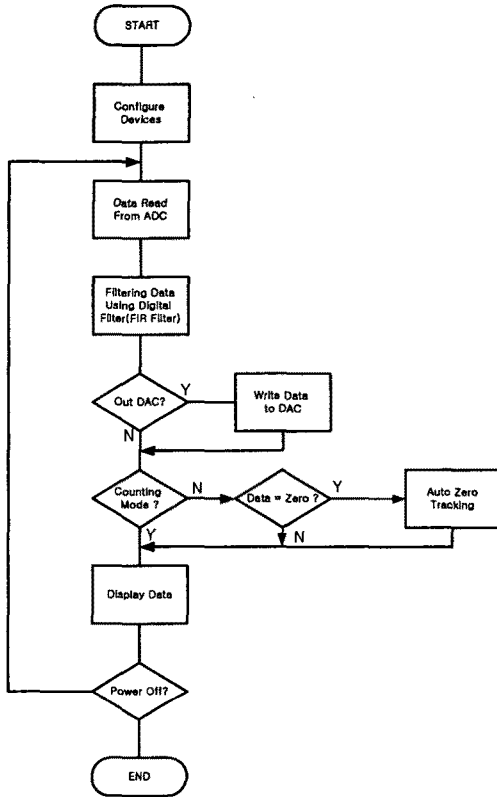


그림 9. 시스템 전체 프로그램 흐름도

시스템이 계측 동작을 수행하지 않고 있을 경우는 초기값을 유지할 해야 한다. 그러나 주위의 온도 변화 및 시스템의 경년 변화 등과 같은 요인 때문에 초기치가 변동하게 되므로, Zero 상태일 경우 계측 상태가 아님에도 불구하고 안정 상태를 벗어나는 A/D 값의 변화가 발생할 경우를 감지하여 Zero 상태의 값을 변화 시켜 주는 동작을 수행하여야 한다.

변환이 완료된 데이터는 ADC의 ΔL 변환 기법의 특성상 최하위 비트의 데이터가 유효하지 않고, 하드웨어 필터를 통과한 신호에 남아 있는 잡음과 기타 잡음에 의해 유효한 비트 수가 제한이 된다. 그러므로 유용한 데이터를 얻기 위하여 안정화 알고리즘을 이용한다. 본 논문에서는 안정화를 위하여 유효하지 않은 하위 비트들은 비트 시프트를 통하여 제거하였으며, 5-Point Moving Average Filter를 통과 시켜 데이터를 안정화 시켰다.

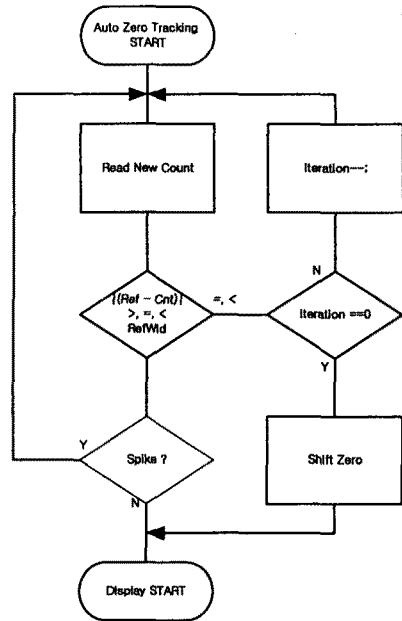


그림 10. Auto Zero Tracking

IV. 결론

Multi-drop 방식의 원격 계측 시스템이 발전하는 것과 함께 아날로그 신호를 디지털로 변환 시켜주고 제어 시스템으로 데이터를 전송하는 형태의 A/D 변환 인터페이스도 발전해야 한다. 요즘 정밀 OP-Amp가 생산되고 보급 되고 있으나 그 가격 또한 무시하지 못하므로, 증폭기의 Offset Voltage의 보상 및 계측할 수 있는 범위의 확대 및 Zero Point의 조정에 대한, 본 논문의 결과는 계측 장비의 센서와 가까이 설치하여 데이터를 변환하고 원격지의 계측 및 제어장비로 데이터를 전송해 줄 수 있는 A/D 변환 인터페이스 분야의 기술 자료로서 활용이 될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] 박찬원, 안광희, “계량설비용 디지털 출력 로드셀의 개발”, 한국조명전기설비학회 논문집, Vol.11, No.1, pp114-122, 1997. 2
- [2] 최규석 외, “싱글칩 마이크로프로세서에 의한 프로그래머블 2중적분형 A/D 컨버터 개발”, 대한전기학회 추계 학술대회 논문집, p335-337, 1993, 11
- [3] Berlin, H. M. “OP-Amp Circuits and Principles”, SAMS, 1991.