

2중 경사형 A/D 컨버터의 하이브리드 모듈화 설계와 성능 개선

박찬원*, 이종호**
 *강원대학교 전기공학과, **춘천기능대학 전기과

Design and Improvement of a hybrid module for Dual Slope A/D converter

Chan-Won Park* · Jong-ho Lee**
 *Kwangwon National University, **Chunchon Polytechnic Collage

Abstract - In this paper describes the design and improvement of a hybrid module for dual slope A/D converter. Since the input voltage to be converted is very sensitive and small. A/D converter must have the temperature stability, low-drift, and the high-resolution the conversion . A dual slop A/D converter circuit which is controlled by microprocessor has been developed to reduce the offset voltage and the drift characteristics of operation amplifiers, and to improve the A/D conversion speed . Also hybrid module has been adapted to obtain the to obtain the stable and accurate A/D conversion for low cost use.

The evaluation of the designed hybrid module has been shown as having a good performance, which will give usefull application to the industrial measurements use.

1. 서 론

밀러 적분기를 이용한 2중 경사형 A/D 변환 방식은 구조가 간단하면서 비교적 정밀한 장점으로 현재까지도 변환속도가 크게 문제가 되지 않는 DVM이나 계측용 센서 신호의 A/D 컨버터로서 많이 사용되고 있다. 그러나 보다 안정되고 정밀한 계측용으로 사용하고자 할 때 변환 회로 내에 사용되는 OP AMP의 특성이나 오프셋과 드리프트에 대한 영향이 크고 이에 대한 섬세한 처리가 요구되어 주변회로와 더불어 가격상승의 요인이 된다. 또한 정밀도를 높일수록 변환 속도의 저하는 단점 요소로 작용한다.

본 연구에서는 이러한 단점들을 개선하기 위해 OP AMP와 아날로그 스위치로 구성되는 아날로그 부분과 디지털 로직회로와 카운터를 하이브리드 모듈로 구성하여 마이크로프로세서의 제어 신호에 의해 동작되는 2중 적분형 A/D 컨버터 모듈을 설계하였다. 성능의 개선으로는 오프셋과 드리프트의 자동보상이 가능하고 영점 보상 피이드백 회로의 지연요소를 개선하여 변환 속도를 증가시킴으로서 안정된 정밀 A/D 변환이 가능하도록 함과 동시에 하이브리드 모듈화에 의한 양산성과 재현성을 추구하였다. 본 연구의 결과 실용적으로는 41/2 ~ 51/2 정밀도급의 A/D 컨버터의 성능을 만족하였다.

2. 본 론

2.1 설계회로의 특징

본 연구에서 설계된 2중 경사형 하이브리드 모듈은 바이폴라와 CMOS 혼재형의 하이브리드 IC로서 밀러형 적분기를 이용한 2중 적분형 A/D 컨버터의 동작을 기본원리로 한다. 본 모듈의 특징은 다음과 같다.

1. 입력 전압 적분기간을 변경 가능하게 하여 임의의 분해능을 실현할 수 있다.

2. 정제환형 2차 Low Pass Filter를 내장하였으며 외부신호에 의해 필터와 버퍼의 절환이 가능하다.
3. 적분기와 비교기의 오프셋 전압을 보정하는 auto-zero 회로를 내장하였다.
4. 내부결선의 변경에 의해 정, 부 양 전압의 입력에 대한 대응이 가능하다.
5. 영점 보상기간을 줄임으로서 변환속도를 향상 시켰다.

2.2 내부구성과 동작

그림 1은 개발된 모듈의 내부 블록 도이다.

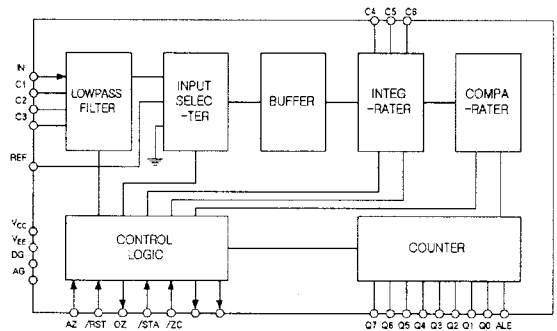


그림 1. 개발된 하이브리드 모듈의 내부 블록도

마이크로프로세서와 같은 외부 제어신호에 의해 제어되는 제어 로직회로를 통하여 각 단계의 아날로그 스위치를 전환하는 동작에 의해 2중 경사형 A/D 변환기의 동작이 이루어지도록 설계하였으며 적분기의 캐패시터 만이 수동 소자로서 외부 연결을 필요로 한다. 또한 내장된 카운터로서 마이크로프로세서의 타이밍 부담을 줄이는 한편 interrupt random-delay에 의한 오차를 줄일 수 있도록 배려하였다.

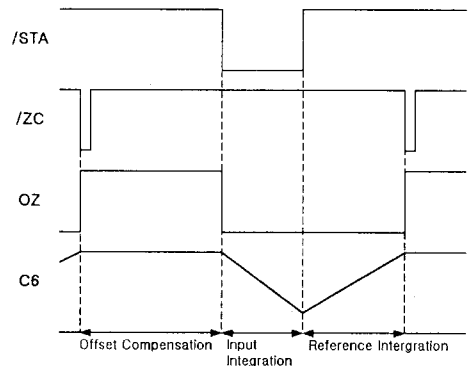


그림 2. 2중경사 A/D 변환의 타이밍도

그림 2는 A/D 변환 동작 중 주요 타이밍 파형을 보여주는 것으로서

/STA는 입력전압 적분기간의 타이밍 신호이며 이를 가변 함으로서 임의의 분해능을 조절할 수 있으며 auto span adjust 기능도 수행할 수 있도록 하였다.

/ZC 신호는 기준전압 적분이 종료하여 zero crossing이 되었을 때 비교기의 출력이 반전됨을 알리는 신호로서 이때 내장 카운터가 정지하게 된다. OZ신호는 auto zero 기능을 확보하기 위한 적분기와 비교기의 오프셋 전압 보정 기간에 정 논리를 나타내며 후술하는 피드백 신호의 안정화를 확보하여 이기간을 줄임으로서 A/D 변환 속도를 향상 시켰다. 한편 내장된 filter는 그림3과 같이 OP amp를 이용한 정격환형 2차 low pass filter로서 아날로그 스위치의 on, off에 의해 필터와 버퍼의 전환이 가능하여 아날로그회로의 드리프트 보상 타이밍에는 버퍼로 전환된다.

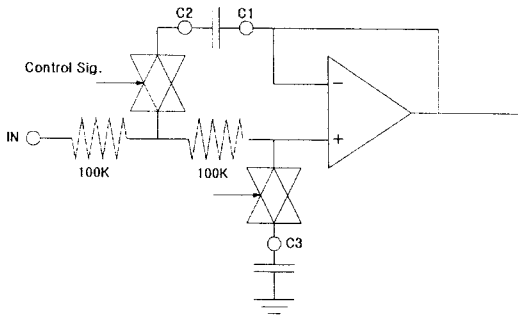


그림 3. 사용된 low pass filter / buffer

2.3 외부회로와의 연결

그림 4는 개발된 본 모듈의 외부 회로와의 연결도이다. IN단자에는 단일극성 혹은 바이폴라형 센서증폭회로의 출력이 연결되며 기준전압 단자인 REF의 전압을 기준으로 2중 적분 A/D 변환 동작이 이루어진다.

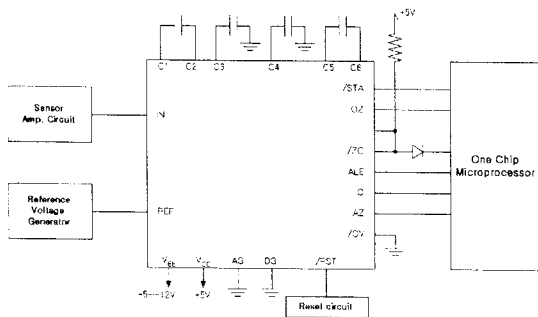


그림 4. 개발된 모듈의 외부 회로의 연결도

C1~C6의 외부접속 콘덴서는 auto zero용과 적분 콘덴서이다. 기본적으로 외부에서 마이크로프로세서의 제어에 의해 모듈 내부의 제어 로직으로 기능의 전환이 이루어지도록 설계하였다.

2.4 동작모드와 성능개선

적분회로에 일정한 시간 T_s 동안 피측정 전압(V_s)을 인가하고 아날로그 스위치 동작으로 반대극성의 기준전압(V_{ref})으로 전환하여 방전하면 적분기의 출력은 비교기로서 zero crossing을 검출한다. 이때 적분기의 출력에서 극성전환점에서의 출력 V_T 는

$$V_T = -\frac{1}{CR} \int_0^{T_s} V_{ref} dx = -\frac{V_s T_{ref}}{CR} \quad (1)$$

의 관계로 나타내고 이로부터 입력전압 $V_{s\pm}$ 는

$$V_s = \frac{T_{ref}}{T_s} \cdot V_{ref} \quad (2)$$

로 되어 두 기간의 카운트의 비로 나타난다. 즉 미지수인 T_{ref} 값이 입력전압에 비례하게 되며 고정 값 T_s 의 가변으로 임의의 분해능의 변화를 실현할 수 있다.

본 개발 모듈은 그림5와 같이 3개 동작 모드로 구분되는데 각각 Auto-zero 기간(오프셋 전압 보정 기간), 입력전압 적분기간, 기준전압 적분기간으로 구분된다.

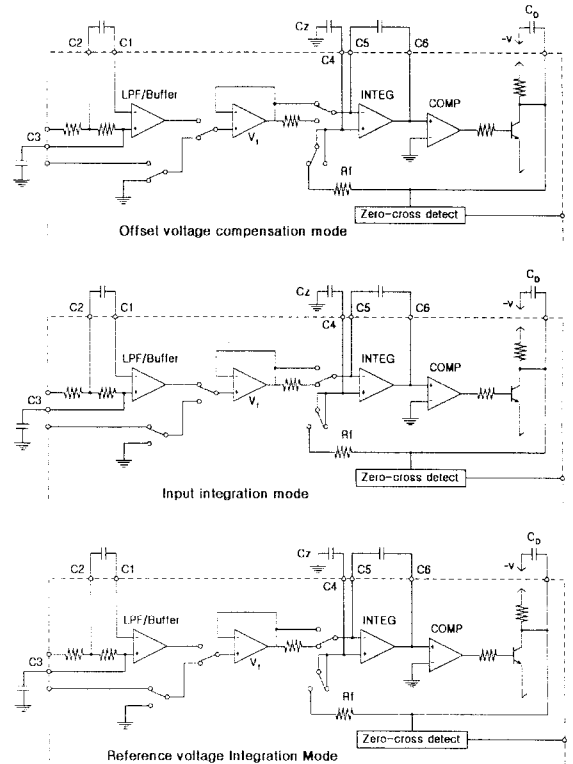


그림 5. A/D 변환 3개 동작 모드의 회로 구성도

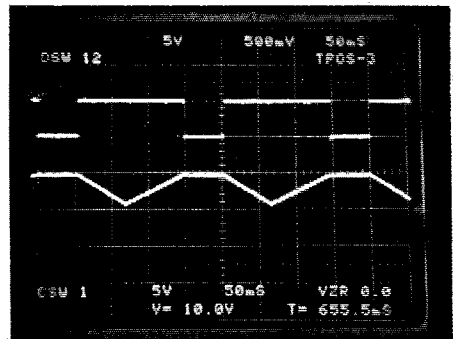


사진 1. 기존 방식의 비교기(上)와 적분기(下) 파형

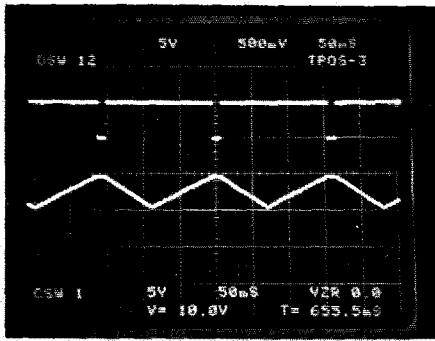


사진 2. 속도가 개선된 제안 방식의 출력파형

한편 auto-zero 기간에서는 콘덴서 C_D 와 저항 R_F 의 지연 감쇄 피드백 동작으로 C_2 에 신속히 보상함으로써 이기간을 줄일 수 있어 기존의 방식보다 약 30% 정도 동작속도의 성능개선을 실현하였다.

사진1과 2는 기존의 방법과 본 연구에서의 결과와 비교기와 적분기 파형의 비교를 보여준다.

3. 결 론

본 연구에서는 양산성을 고려한 바이폴라와 CMOS를 혼합한 2중 경사형 하이브리드 A/D 컨버터 모듈을 설계하였으며, 아올러 오프셋과 드리프트가 자동 보상되어 정밀도를 향상시키고 영점 보상기간을 줄임으로서 변화속도를 개선하였다. 성능시험 결과 통상의 단일 칩 마이크로프로세서의 명령주기인 $1\mu S$ 클럭 속도에서 15bit의 분해능으로 80mS의 샘플링 주기를 갖는 비교적 고성능이면서 low cost형의 모듈화 설계를 실현함으로써 양호한 특성을 입증하였다.

본 연구의 결과는 DVM이나 정밀급 센서 신호변환용도로서 실용적인 활용이 기대된다.

[참 고 문 헌]

- (1) Macromodeling of Integrated Circuit Operational Amplifiers, IEEE Solid-State-Circuits, Vol. SC-9, No.6, 1974.
- (2) Muhammad Akbar and Michael A. Shanblatt, "A Fully Integrated Temperature Compensation Technique for Piezoresistive Pressure Sensors", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 42, NO. 3, JUN. 1993.
- (3) Gordon, B., "Linear Electronic Analog/Digital Conversion Architectures, Origins, Parameters, Limitations, and Applications", IEEE Trans. Circuit and Systems CAS-25(7), pp. 391-418, 1978.
- (4) Frank M.L. Van Der Goes, Paul C. De Jong and Gerard C.M. Meijer, "Concepts for Accurate A/D Converters for Transducers", The 7th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators.
- (5) David F. Hoeschele, "Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Conversion Techniques", John Wiley & Sons, 1994.
- (6) Kevin M. Daugherty, "Analog to Conversion a Practical Approach", Mc Graw-Hill, INC. 1995.