

마이크로프로세서에 의한 생체신호용 저역 디지털 필터의 설계 및 구현에 관한 연구

이영욱*

목 차

- I. 서론
- II. 마이크로프로세서의 인터페이스 설계
- III. 저역통과 디지털 필터의 신호 설계
- IV. 저역통과 디지털 필터링 소프트웨어
- V. 결론
- 참고문헌
- Abstract

I. 서론

현재 어떤 일정한 신호(주파수) 대역에서 원하는 필요한 신호만 통과시키는 필터들은 일반적으로 하드웨어적 전자회로 등에 의하여 설계되어 필요한 신호특성에 따라 대개 4가지 종류의 필터를 단독 또는 조합 설계하여 사용하고 있다. 일반적으로 여러 산업분야에서 전기적 또는 전자적 기기에는 물론 의학분야 등 여러 가지 응용분야에 널리 사용되는 전기적 필터들은 필요한 신호 대역에서 원하는 신호를 사용하기 위하여 미약한 전기적인 신호를 증폭시켜 증폭된 신호들을 사용하거나 감소 또는 인가된 그대로의 신호들로부터 필요 없는 신호들을 제거하고 필요한 신호들만 사용할 수 있도록 필터링하여 사용하는 필터링 기술을 이용한다. 필터기능을 갖는 회로에 있어

서 패스(Pass)는 어떤 주파수 대역(Band of frequencies)을 통과하는 통과대역(Passband)을 나타낸다. 비통과 대역 또는 비통과 주파수 대역은 정지대역(Stopband)이라고도 부르며 이러한 주파수 대역에서는 전압이득이 거의 0으로 된다.

일반적으로 기존의 전자회로 구성에 의한 필터들은 저항(Resistor)과 캐패시터(Capacitor) 및 인덕터(Inductor) 등의 선형특성을 갖는 전자소자들로 구성되는데 필터 사용 시에는 이들 구성소자들을 2개 이상 조합하여 설계하는 것이 보통이다. 필터는 증폭기(대개 연산증폭기)가 함께 사용되는 능동 필터와 그렇지 않은 수동 필터로 구분된다. 수동필터(Passive filter)는 대부분 저항소자들을 사용하며 이러한 저항소자들만으로 구성된 수동필터는 전력이득(Power gain)이 발생되지 않는다. 또한, 수동필터는 설계 시 물리적으로 구성이 간단하고 전원이 필요하지 않은 반면 고정된 주파수에서 동작하므로 해당회로의 소스 임피

* 세명대학교 컴퓨터학부 부교수

던스와 부하 임피던스(Source and load impedances)의 특성을 고려하여야 한다.

한편, 능동필터의 경우는 몇 가지 형태의 증폭 회로(Amplifying circuit)를 사용함으로써 전력이득(Power gain)을 발생시키며 필터의 각 단(Each stage) 사이에 연결되어 있는 증폭기(버퍼)는 단순히 각 단의 전달함수(Transfer function)들을 곱하기만 하면 필터의 전달함수 특성을 쉽게 얻을 수 있다. 능동필터는 연산 증폭기(Operational amplifier) 등의 능동회로와 고입력 임피던스 회로의 구성으로 입력 측에 우수한 차단능력을 가질 수 있다.

디지털 필터는 일반적으로 저역(Low pass), 대역(Band pass), 고역(High pass) 및 대역소거(Band reject)의 기능을 갖는데 어느 일정한 주파수이하에서만 작동하는 저역 필터는 모든 필터의 기본적인 필터로서 사용되고 있으며 이 저역 필터를 기본으로 고역이나 대역 및 대역소거 필터 등을 설계할 수 있다. 의학용으로 사용하는 저역 디지털 필터는 인간의 각 신체부위와 신체 기능에 따라 얻어질 수 있는 신호의 주파수 대역들이 대개 DC- 10KHz 대의 저역통과 필터의 출력신호 범위 내에 있기 때문에 생체신호용으로는 저역통과 필터가 많이 사용된다.¹⁾²⁾³⁾

본 연구에서 구현하고자 하는 필터는 8051 마이크로프로세서와 8비트 0808 DAC 디지털-아날로그 변환 칩 및 0809 ADC 아날로그-디지털 변환 칩을 인터페이스 시켜 마이크로프로세서에 의한 디지털 필터를 구현하기 위한 마이크로프로세서 시스템을 설계하고 설계된 마이크로프로세서 시스템을 사용하여 디지털 필터링을 소프트웨어적 알고리즘에 의하여 구동시키고자 한 것이다. 이와 같이 마이크로프로세서와 그 주변장치와의 인터페이스에 의한 디지털 필터의 구현방법은 기존의 전자적 필터회로 설계에 의한 방법보다도

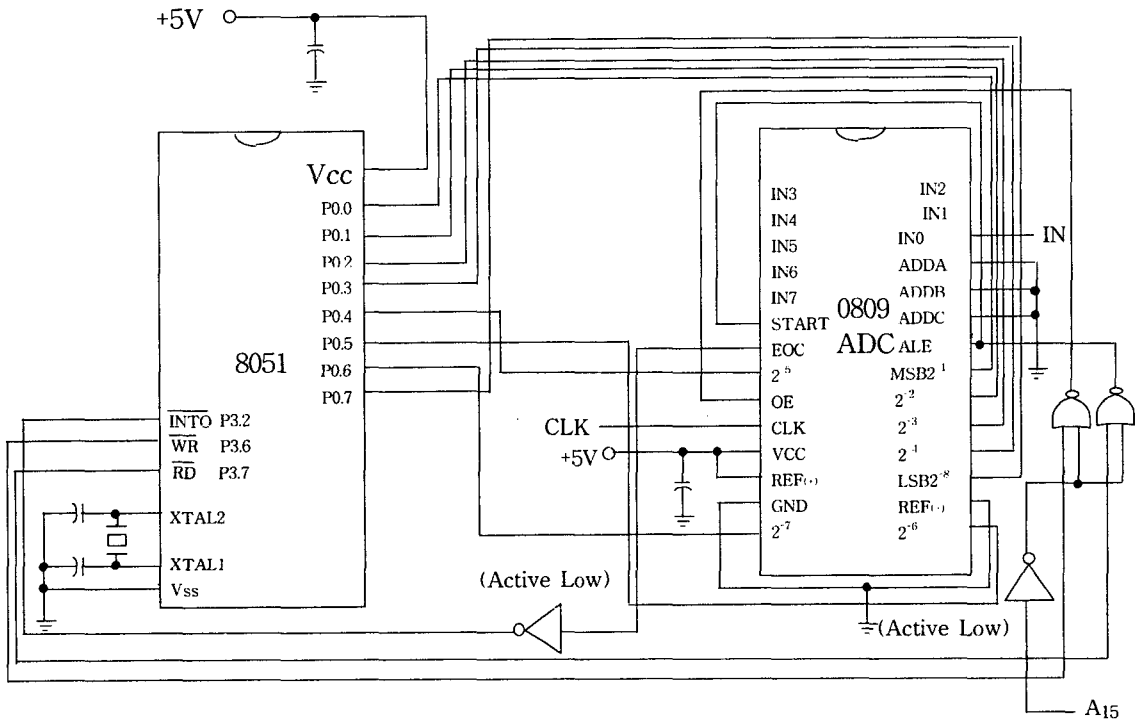
간단하고 용이하며 소프트웨어적 방법으로 구동할 수 있다는 장점을 들 수 있으며 마이크로프로세서에 의하여 구현되므로 휴대가 가능하고 여러 가지 산업 및 의학 분야 등에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 제1장은 서론으로서 기존의 전자적 필터회로의 개념과 저역통과 디지털 필터를 구현하기 위한 마이크로프로세서 시스템의 하드웨어적 및 소프트웨어적 구현방법을 설명하였고 제2장에서는 마이크로프로세서와 아날로그-디지털 변환기 칩 및 디지털-아날로그 칩과의 인터페이스 설계를 다루고 제3장에서는 저역통과 디지털 필터의 샘플링과 주파수 특성에 따른 신호설계를 다루었다. 제4장에서는 디지털 필터링의 소프트웨어적 구현내용을 다루었으며 제5장은 결론부분을 다루고 있다.

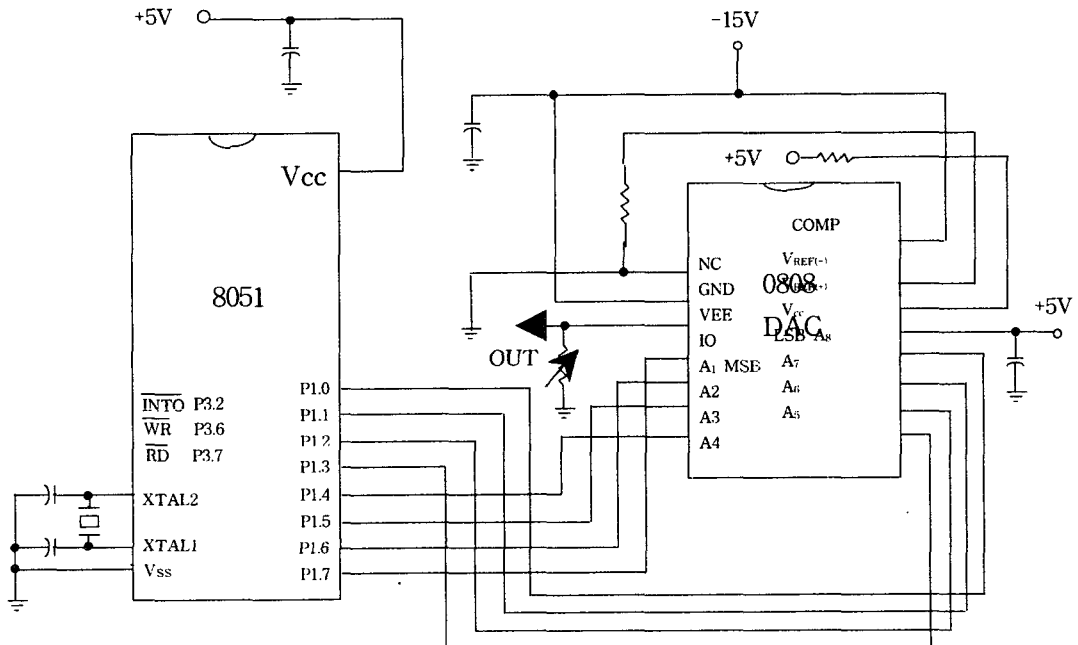
II. 마이크로프로세서의 인터페이스 설계

2.1. 마이크로프로세서와 아날로그-디지털 변환기와의 인터페이스 설계

8051 마이크로프로세서에 의하여 디지털 필터를 구현하기 위한 마이크로프로세서와 아날로그-디지털 변환기와의 하드웨어적 인터페이스를 설계하면 그림 1과 같다. 메모리 장치는 생략하였다. 그림 1로부터 마이크로프로세서 8051과 아날로그-디지털 변환기 칩 0809 ADC를 인터페이스 시켜 아날로그 입력 핀 IN0에 인가된 0~5V의 아날로그 입력 전압으로부터 아날로그-디지털



(그림 1) 마이크로프로세서 8051과 ADC와의 인터페이스



(그림 2) 마이크로프로세서 8051과 DAC와의 인터페이스

털 변환기 0809 ADC 칩의 출력측 편 $2^8 \sim 2^{-1}$ 으로부터 변환된 8비트의 디지털 값을 얻을 수 있다. 이 경우 축차비 교형 디지털 변환기능을 갖는 0809 ADC 칩의 정확도는 디지털 값 1을 얻기 위한 아날로그 값으로부터 구할 수 있으므로 약 $\pm 0.0000763V$ 의 정확도를 갖는다고 볼 수 있다.

2.2. 마이크로프로세서와 디지털-아날로그 변환기와의 인터페이스 설계

8051 마이크로프로세서에 의하여 디지털 필터를 구현하기 위한 마이크로프로세서와 디지털-아날로그 변환기 DAC와의 하드웨어적 인터페이스를 설계하면 그림 2와 같다. 메모리 장치는 생략하였다. 그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 8비트의 디지털 값을 아날로그 값으로 변환시키는 0808 DAC 칩으로부터 변환된 아날로그 출력을 IO 핀으로부터 얻을 수 있다. 입력된 8비트의 디지털 입력은 칩 내부의 비교기를 거쳐 디지털 값에 대응하는 아날로그 값으로 변환된다.

III. 저역통과 디지털 필터의 신호 설계

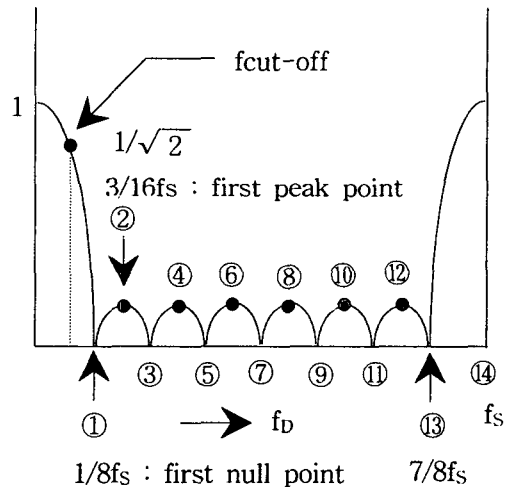
디지털 저역필터는 다음 식 (1)로부터 구할 수 있다. 즉,

$$Y_n = x_n + x_{n-1} + x_{n-2} + \dots + x_{n-7/8} \quad (1)$$

이므로 그림 (3)으로부터 저역통과 디지털 필터의 이득이 -3DB로 감소한 $1/\sqrt{2}$ 되는 지점의 차단 주파수는 식 (2)로부터 구할 수 있다.

$$G = \frac{\sin(n\pi fD/fs)}{n\sin(\pi fD/fs)} \quad (2)$$

여기서, Moving Average Filter의 포인트 수 $n = 8$, Sampling Frequency $f_s = 7,143KHz$, Data Frequency f_D , 이득 $G = 1/\sqrt{2}$ 및 차단 주파수 $f_c = 0.89/16$ 이다. 따라서 차단 주파수를 구하면 397Hz를 얻는다. 실제 실험값은 392Hz로 약 1.3% 이내의 오차 범위 내에서 만족하였다.



(그림 3) 디지털 저역통과필터의 주파수 응답

이제 그림 3으로부터 Sampling Point의 주파수를 구하면 표 1과 같다. 표 1로부터 Sampling Point에 관한 주파수를 계산한 값과 실험값을 비교하였다. 계산 값과 실험값의 오차는 Sampling 주파수 7.143KHz의 경우에 0.02%(3/16)~5.53%(5/16)의 오차범위에서 만족하게 필터링 되는 것으로 나타났다.

〈표 1〉 Sampling Point에 관한 주파수

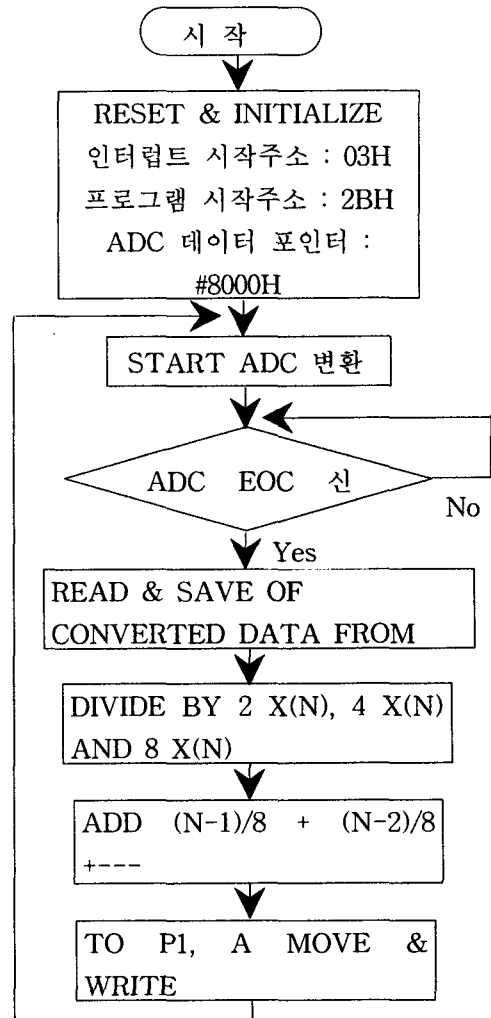
Sampling Point 주파수			
계산 값(Hz)		실험 값(Hz)	
① 893 (1/8)	⑩ 4911(11/16)	① 882 (1/8)	⑩ 4901(11/16)
② 1339(3/16)	⑪ 5357 (6/8)	② 1336(3/16)	⑪ 5337 (6/8)
③ 1785 (2/8)	⑫ 5804(13/16)	③ 1767 (2/8)	⑫ 5796(13/16)
④ 2232(5/16)	⑬ 6250 (7/8)	④ 2115(5/16)	⑬ 6237 (7/8)
⑤ 2679 (3/8)	⑭ 7143 (8/8)	⑤ 2576 (3/8)	⑭ 7143 (8/8)
⑥ 3125(7/16)		⑥ 3107(7/16)	
⑦ 3572 (4/8)		⑦ 3498 (4/8)	
⑧ 4018(9/16)		⑧ 4000(9/16)	
⑨ 4464 (5/8)		⑨ 4432 (5/8)	

IV. 저역통과 디지털 필터링 소프트웨어

다음 그림 4는 저역통과 디지털 필터링을 소프트웨어적으로 구현하기 위한 플로우차트(Flow-chart)이다. 저역통과 디지털 필터링을 소프트웨어적으로 구현하기 위하여 8051 마이크로프로세서와 아날로그-디지털 변환기 칩 0809 ADC 칩과 디지털-아날로그 변환기 칩 0808 DAC를 인터페이스 시킨 후 8051 Assembly language로 프로그래밍하였다. 프로그램 시작 전 시스템 RESET와 인터럽트 시작주소, 프로그램 시작 주소, ADC 데이터 포인터 값 및 인터럽트 인에이블 등의 이니셜라이즈(initialize)가 필요하다. 입력 신호 0~5V의 Sinewave 신호에 관한 디지털 변환 후 디지털화한(digitized) 출력신호를 얻게 된다.

V. 결론

심전도, 뇌전도 및 근전도 등 인간의 생체신호는 대부분 DC~10KHz대의 미약한 저역신호들이다. 이러한 저역신호들을 분석하고 의학용으로



(그림 4) 저역통과 디지털 필터링 플로우차트

이용하기 위하여는 저역통과 필터링이 필수적이다. 그러나 기존의 필터링 방법은 주로 전자회로 등에 의한 구현이 대부분이었다. 인간의 미약한 생체신호에 관한 필터링은 신호의 증폭에 따른 추가적인 전자회로의 구성과 잡음 등의 대책이 필요하다.

오늘날 컴퓨터 기술과 성능의 발달로 마이크로프로세서와 디지털 변환 칩 등 마이크로프로세서 주변장치와의 인터페이스 기술을 이용하여 생체신호용 저역필터링을 소프트웨어적으로 구현할 수 방법이 가능하게 되었다. 기존의 전자회로 등에 의한 저역 필터링 방법에 비하여 본 논문에서 제시한 저역통과 디지털 필터링 방법은 마이크로프로세서와 디지털 변환기와 인터페이스 기술을 개발하고 간단히 컴퓨터 알고리즘에 의해 설계할 수 있는 생체신호용 능동 저역 디지털 필터의 설계 알고리즘의 구현을 가능하게 할 것이다.

향후 생체신호 측정 및 분석에 필수적인 마이크로프로세서와의 디지털 필터링 인터페이스 기술 및 능동 필터 설계 알고리즘의 응용에 관한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것이다. 그 밖에 필터링 개발방법에 관한 디지털 능동 필터 설계 알고리즘에 관한 연구도 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. J. G. Webster, *Medical instrumentation, application and design*, Houghton Mifflin Co., Boston, 1978.
2. Arthur C. Guyton, *Textbook of medical physiology*, W.B. Saunders Co., 1986.
3. 이영욱, "생체신호용 능동 필터 설계를 위한 컴퓨터 알고리즘에 관한 연구", 『한국정보 기술 전략혁신학회』, 제6권 3호, 2003년 9월, pp. 33-42,
4. J. C. C. Nelson, *Basic operational amplifiers*, Butterworths Co., 1988.
5. C. F. Wojslaw and E. A. Moustakas, *Operational amplifiers*, John Wiley & Sons, 1986.
6. E. J. Kennedy, *Operational amplifier circuits, theory and applications*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1988.
7. Clare D. McGillem and George R. Cooper, *Continuous and discrete signal and system analysis*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1974.
8. David J. Comer, *Microprocessor-based system design*, HRW Saunders College Publishing, 1986.

Study on Design and Implementation of the Low Pass Digital Filter for Biological Signals by a Microprocessor

Young-Wook Lee*

Abstract

This study is for the contents of development to the hardware system and software driving algorithm to implement the frequency band of about 7KHz low pass digital filter which has the cut-off frequency of 392Hz by interfacing of a microprocessor with its peripheral analog-to-digital converter chip and digital-to-analog converter chip.

The simplicity of digital filter design without difficulty and the implementation of programmed digital filter can be realized by providing the interfacing method to implement the low pass digital filter for the biological signals and the realization method of computer algorithm by a microprocessor.

Key words: Digital Filter, Biological Signals, Microprocessor

* Dept. of Computer Science, Semyung University

