

2014 년 1 학기 생체계측 중간고사

각 문제 20 점 (풀이 과정을 반드시 기술하시오)

- (1) 압력 측정기의 입력범위는 0-250mmHg 이고, 압력 센서는 1mV/mmHg 의 민감도를 가지며 선형적으로 동작한다고 가정하시오.
- (a) 압력 측정의 정확도를 나타내는 오차의 크기를 $\pm 0.02\%$ FS(full scale) 로 할 때, 측정 압력의 DR(dynamic range)를 구하시오.
- (b) 압력 센서의 전압을 증폭해서 입력범위가 0-5V 인 ADC 에 연결하고자 한다. 전압 증폭기의 전압 이득을 계산하시오.
- (c) 입력범위가 0-5V 인 N -bit ADC 의 입력에 평균값이 2.5V, peak-to-peak 전압이 $5V_{pp}$ 인 정현파가 입력되는 경우를 가정하고, 양자화 잡음에 대한 ADC 의 SNR(signal-to-noise ratio)을 구하시오.
- (d) 위 (a)와 (c)의 결과를 고려해서 ADC 의 bit 수인 N 을 정하시오.
- (e) 전압 증폭기의 출력에는 평균이 0 이고 분산이 σ^2 인 Gaussian 분포를 가지는 잡음전압이 존재한다. 이 잡음전압의 최대치 추정치 (estimate of the maximal noise value)를 얼마로 제한하는 것이 필요한가? 이때 σ 의 값은?
- (f) 이렇게 제작한 압력 측정기의 SNR 을 실험적으로 측정하는 방법을 기술하시오.
- (2) K^+ 이온 만을 투과하는 반투막을 가진 가상의 세포의 내부와 외부에 서로 농도가 다른 KCl 용액이 채워져 있다. 세포막 내부와 외부에서의 K^+ 이온의 몰 농도는 각각 $[K^+]_{in}$ 과 $[K^+]_{out}$ 으로 표기한다.
- (a) $[K^+]_{in} = 10 \times [K^+]_{out}$ 일 때, 동적 평형 상태에서 세포막 근처의 전하 분포를 도시하고 설명하시오.
- (b) 세포막 내부와 외부의 전위차를 표현하는 식을 구하시오.
- (c) 막전위를 측정하는 방법을 그림으로 설명하시오.
- (3) 두 개의 전극을 NaCl 용액 내에 설치하고 두 전극 사이에 dc 전원과 전류측정기를 연결했다. 인가 전압을 0V 에서부터 서서히 증가시키면서 전류를 측정할 때, 양극과 음극에서 발생하는 현상을 기술하시오.
- (a) 두 개의 전극이 모두 carbon 전극인 경우

- (b) 두 개의 전극이 모두 Ag/AgCl 전극인 경우
 - (c) 전극-전해질 인터페이스의 등가회로모델을 도시하고, 위 두 종류 전극의 특성이 어떻게 다른지 등가회로모델에 포함된 dc 전원 및 소자 값들로 설명하시오.
 - (d) 전극-전해질 인터페이스의 등가회로모델에 포함된 dc 전원, 저항, 커패시터의 값들을 실험적으로 측정하는 방법을 기술하시오.
 - (e) 두 종류 전극 각각의 용도에 대해 설명하시오.
- (4) 환자의 팔을 대상으로 신경에서 action potential 의 전달 속도(nerve conduction velocity)를 측정하고자 한다.
- (a) 운동신경을 대상으로 팔 표면에 전극을 부착하는 방법과 측정장치의 구성도를 도시하고 측정방법을 설명하시오. 측정되는 신호를 도시하고 대략적인 크기와 시간 간격을 표기하시오.
 - (b) 위 (a)를 감각신경에 대해 반복하시오.
 - (c) 측정한 신호의 크기가 잡음 보다 작은 경우에 대한 대책을 제시하시오. 단, 잡음은 random noise 라 가정하시오.
- (5) 머리 표면에서 뇌파를 측정하는 뇌파 증폭기를 설계하고자 한다. 뇌파의 크기는 $\pm 10\mu\text{V}$ 이고, 0.1-30Hz 의 주파수 성분을 가진다. 뇌파 증폭기의 출력은 입력범위가 $\pm 5\text{V}$ 인 16-bit ADC 에 연결한다. 전극의 dc offset 전압은 $\pm 300\text{mV}$ 이며 전원은 $\pm 9\text{V}$ 이고 연산증폭기는 $\pm 6\text{V}$ 에서 포화된다.
- (a) 무왜곡 측정을 위한 뇌파 증폭기의 이상적인 주파수 특성(크기 및 위상)을 도시하고 설명하시오.
 - (b) 다수의 연산증폭기와 저항 및 커패시터를 사용해서 뇌파 증폭기를 설계하시오. 이때, 연산증폭기 1 개를 사용한 각 전압 증폭기의 최대 이득은 200 이하로 하시오. 또, 연산증폭기를 이용한 각 전압 증폭기 출력에는 $\pm 10\text{mV}$ 의 dc offset 이 발생한다고 가정하고 이에 대한 대책을 뇌파 증폭기 설계에 포함하시오.
 - (c) 설계한 뇌파 증폭기의 주파수 특성(크기 및 위상)을 도시하고 (a)의 주파수 특성과 비교하시오.
 - (d) 제작한 뇌파 증폭기의 주파수 특성(크기 및 위상)을 실험적으로 측정하는 방법을 기술하시오.
 - (e) 제작한 뇌파 증폭기의 차동성분 전압이득(differential-mode voltage gain)을 실험적으로 측정하는 방법을 기술하시오.
 - (f) 제작한 뇌파 증폭기의 CMRR(common-mode rejection ratio)을 실험적으로 측정하는 방법을 기술하시오.