

반지형 맥파센서 (초단증폭회로 내장)

개요 (Overview)

RP320은 연속광 방식으로 맥파를 검출할 수 있는 능동 센서이다. 센서는 피검체(손가락)와 마주보도록 배치된 광 소자(RED LED, Photo-Diode)로써 반사식으로 맥파를 검출할 수 있도록 구성되어 있다.

센서 크기에 맞는 손가락에 장착하여 연결된 도선에 +3V~+5V의 단전원과 LED 구동 전류를 인가하면 신호 선에서 일차 검출된 맥파 파형을 얻을 수 있다. 통상적인 맥파 파형을 관찰하기 위해서는 센서 출력 신호를 차동 증폭하고 필터링하는 회로를 추가하여 극성 반전이 이루어지도록 구성하여야 한다.

센서 출력신호에 포함된 DC 성분을 제거하기 위해 고주파 통과 필터(HPF)를 사용할 수도 있지만, 단전원 시스템을 구성하고자 할 경우에는 DC 성분을 그대로 유지할 수 있는 차동 증폭기를 구현하여 신호만 증폭하는 회로를 구현해야 할 필요가 있다. 또한, 외부 잡광에 의해 유입된 전원 잡음(60Hz 잡음)을 충분히 제거하기 위해 저주파 통과 필터(LPF)를 최종적으로 구비해야 한다. DC 성분이 포함된 회로의 경우에는 LPF 회로에서는 이득이 1이 되도록 설정해야 한다. 센서 출력 신호는 DC-coupling 되어 있으며, DC 성분의 크기는 인가 전원의 크기, LED 구동 전류, 피사체에서 빛의 반사량 등에 의존한다.



[맥파 센서 외형]



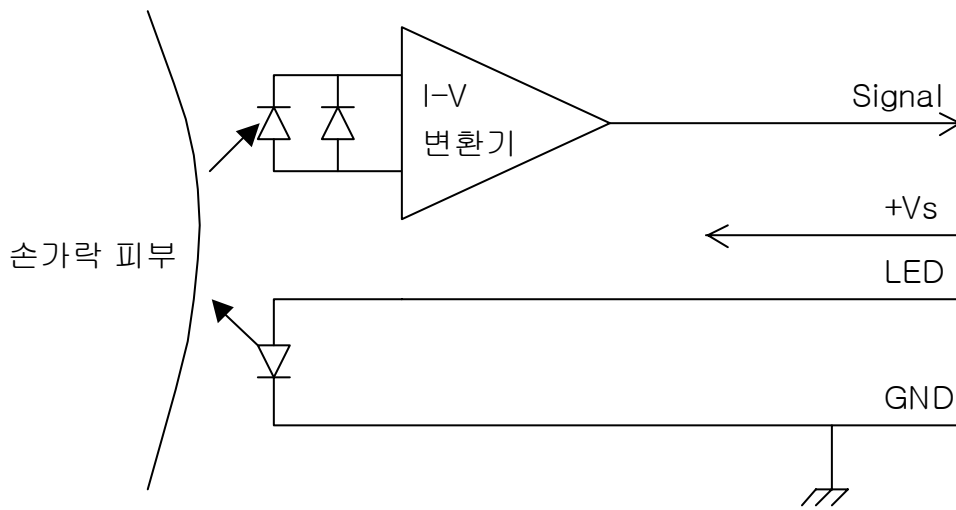
[손가락에 센서를 장착한 모습]

기능 & 주요특징 (Functions & Key Features)

- 기능
 - 본 센서는 손가락에 끼울 수 있는 외장을 지닌 몸체와 센서 구동 및 신호 출력을 위한 연결선으로 이루어져 있다. 센서 몸체에는 맥파 검출을 위한 광 소자로서 red LED와 photo-diode를 포함하는 맥파 검출 회로가 구비되어 있으며, 연결 선은 네 가닥으로 이루어져 있다. 전원 인가용, 접지용, red LED 전류 인가용 그리고 신호 출력용이 그것이다.
 - 전원 인가 선에 +VDC 단 전원을 연결하고, red LED에 전류를 인가하여 센서 몸체를 손가락에 끼우면 신호 출력 선에서 일차 검출된 맥파 신호를 관찰할 수 있다. 이 신호는 매우 약해서 후단 처리를 해야만 올바르게 관찰할 수 있다.
 - 센서는 반사식-연속광 방식으로 동작되며, 연속광의 세기는 red LED 구동 전류의 크기에 의해 조절된다. 최대 인가전류는 20mA 수준이며, 이때 LED 전압은 1.85V 정도이다.
- 주요특징
 - 반사식-연속광 방식의 능동 맥파 센서
 - 4 가닥 연결선 (+Vs, GND, LED, Signal)
 - 유연한 반지형 센서 몸체 (손가락 크기에 맞도록 반지 고리의 반경 조절 가능)
 - DC-coupling 출력 전압
 - red LED와 Photo-diode 사용

반지형 맥파센서 (초단증폭회로 내장)

블록도(Block Diagram)



기능 블록도

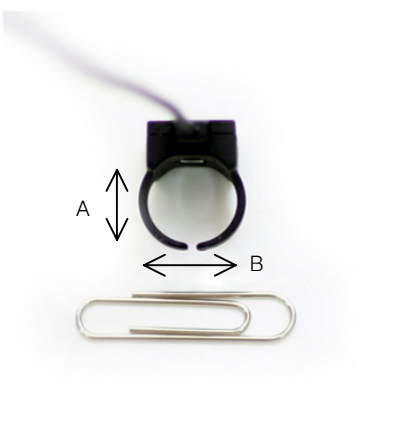
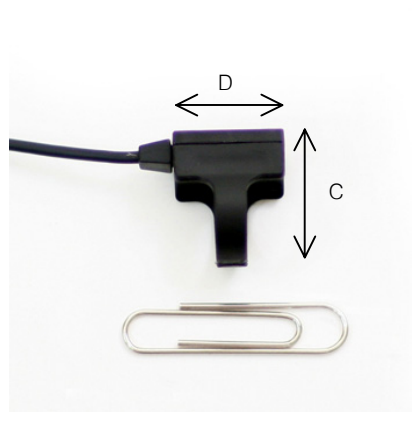
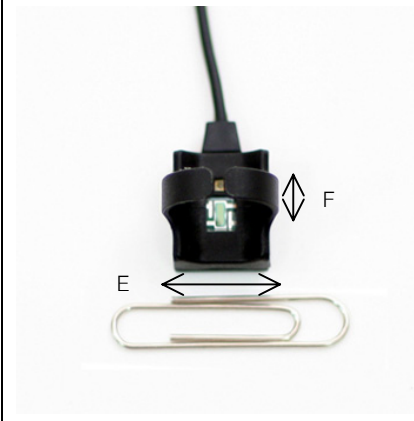
작동원리(Principle of Operation)

- 맥파 파형은 심장 박동에 의한 혈액과 혈관의 운동학적 특성이 반영된 것이다.
- 연속광을 피부 조직에 조사하여 반사되는 광량을 광-다이오드로 검출한다. 광-다이오드는 입사 광량에 비례하는 전류를 생성하며 그 전류를 전압으로 변환하는 회로가 출력 신호를 생성한다.
- 심장 박동 신호에 대응하는 요동하는 광량은 반사량의 1% 이내이며, 이는 센서 출력 신호의 DC 성분(입력 광이 연속 광 이기 때문에)에 1% 수준의 AC 성분이 포함되어 나타나는 것으로 확인된다.
- ‘블록도’에서 출력 신호(Signal)의 DC 성분 크기는 LED 구동 전류의 세기와 피부에서 반사되는 광량 등에 의해 결정되며, DC출력이 인가전압에 포화 되지 않도록 구동 전류를 적절히 조절해야 할 필요가 있다.
- 센서 출력신호는 반사광에 의한 광-다이오드 전류를 전압으로 변환하여 얻은 것이다. 출력신호는 DC성분에 미약한 AC(대략 DC 성분의 1% 수준) 성분이 포함되어 있는 형태이다.
- 센서 장착 부위가 외부 광원에 노출되면 안정적인 출력 신호를 얻기 어렵다.
- DC 성분이 그대로 출력되기 때문에 출력 신호는 어떠한 신호 왜곡도 포함하지 않는다.

반지형 맥파센서 (초단증폭회로 내장)

사양 (Specification)

항목	내용	값	단위	비고
Vs	구동 전압(센서 입력 전원)	3~5	V	DC 단전원
Is	구동 전류(센서 인가 전류)	20 이하	mA	사용자 임의
Voff	출력 신호에 나타나는 DC 성분의 전압 크기	Vs 이하	V	인가 전류와 광의 피부 반사량에 의존
Rs	출력 임피던스	100	Ω	-
λ_p	LED 중심 파장	640	nm	RED LED (single)
L	센서 도선 길이	1.5	m	-
Coupling	출력 신호 결합 방식	DC	-	-
맥파 검출 방식	혈관 요동을 검출하는 방식	연속광-방식	-	피검체에 연속광을 조사
		반사식	-	피검체에서 반사된 광량의 변화를 검출하는 방식
Topr	동작 온도	-30 ~ 85	°C	-
Tstg	운송 및 보관 온도	-40 ~ 100	°C	-

		
단면 크기 : A(안)=13mm, B(안)=14mm	측면 크기 : C=18mm, D=16.5mm	평면 크기 : E(바깥)=16mm, F = 4.9mm

반지형 맥파센서 (초단증폭회로 내장)

사용법 (Applications)

손가락에 센서 착용

[주의 사항1] 센서면이 손톱에 위치하도록 착용할 경우에는 손톱에 매니큐어를 바르지 않도록 주의가 필요함.

[주의 사항2] 피부 표면이 광학적으로 불투명하게 처리되지 않도록 주의가 필요함.

[주의 사항3] 손가락 피부 탄성을 억제할 만큼 손가락을 너무 꽉 쥐면 신호 세기가 줄어들기도 하고 신호 왜곡이 발생할 수도 있으므로 센서가 손가락에 너무 꽉 끼지않도록 주의가 필요함.



[센서 활성면이 손바닥에 놓이는 경우]



[센서 활성면이 손등에 놓이는 경우]



[모든 손가락에 장착한 모습(센서 활성면이 손바닥)]



[모든 손가락에 장착한 모습(센서 활성면이 손등)]



[센서 반경이 작아서 맞지 않을 경우 크기를 키울 수 있음]



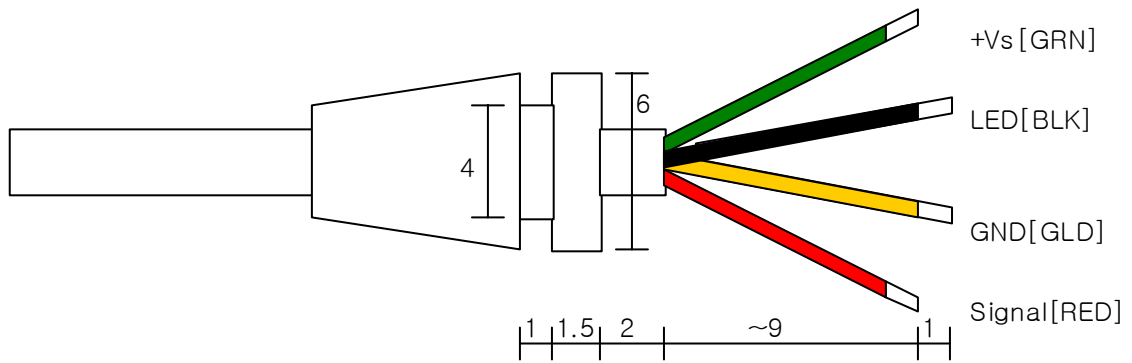
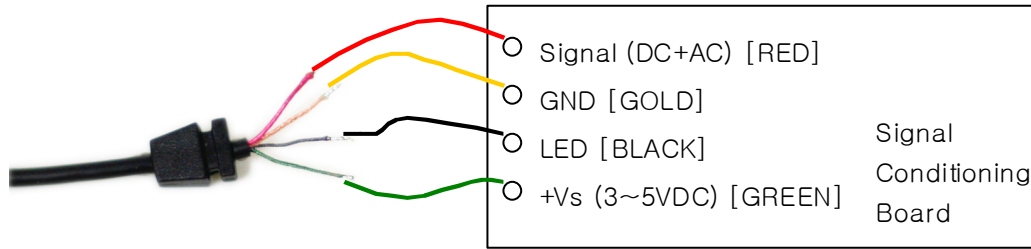
[센서 반경이 커 맞지 않을 경우 크기를 줄일 수 있음]

[센서를 손가락에 착용하는 예]

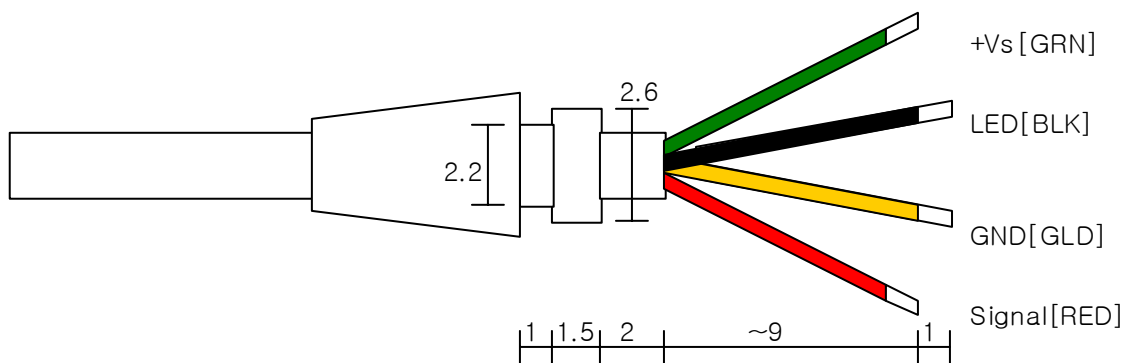
반지형 맥파센서
(초단증폭회로 내장)

결선

본 맥파 센서는 능동 센서로서 LED 구동 전류와 센서 전원을 인가하면 DC 결합된 신호 출력을 얻을 수 있다. 결선 방식은 아래 그림과 같다. 출력이 포화되지 않도록 LED 구동 전류를 적절히 조절할 필요가 있다.



[참고1 : 연결 도선에 구비된 도선-지지대의 구조(평면)와 치수]

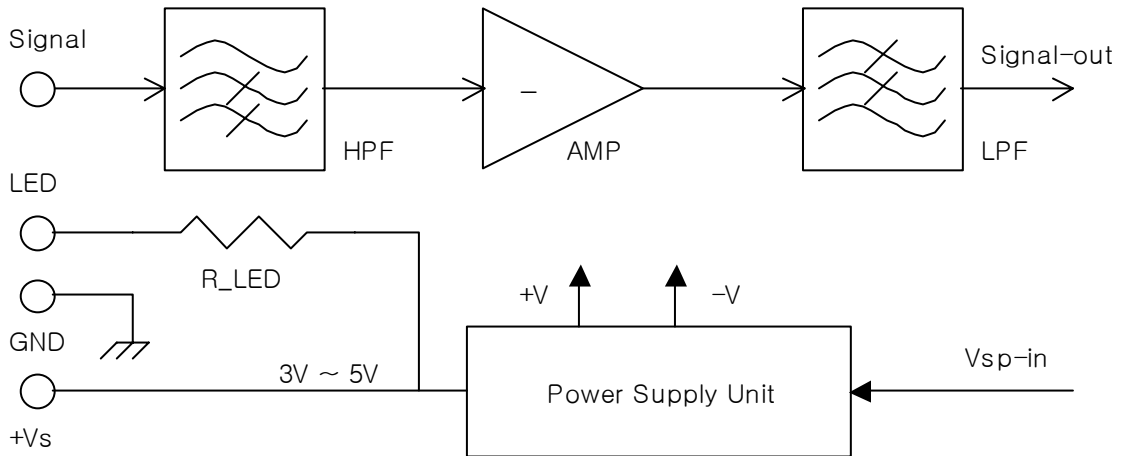


[참고2 : 연결 도선에 구비된 도선-지지대의 구조(측면)와 치수]

반지형 맥파센서
(초단증폭회로 내장)

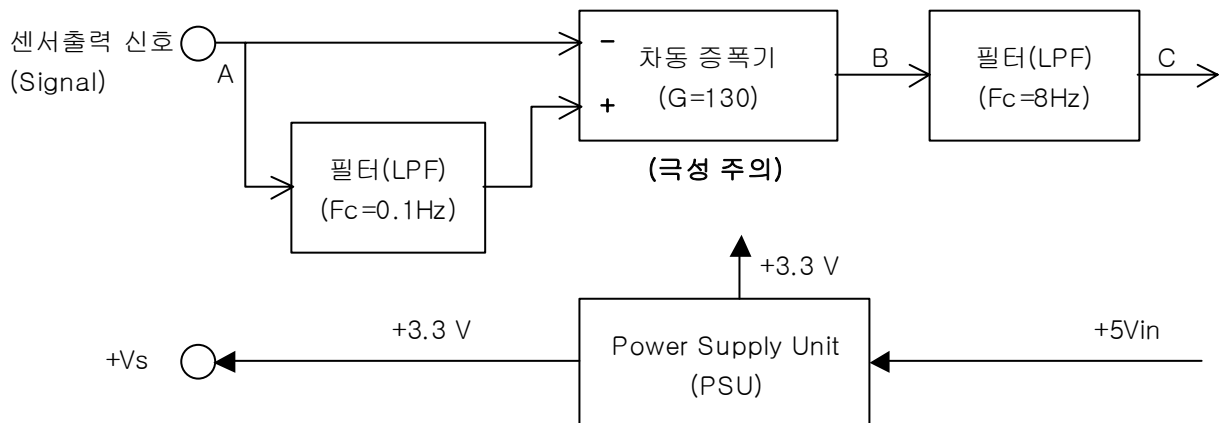
센서 후단 신호처리회로 구성과 출력 파형

본 센서 출력 신호를 활용하기 위한 후단 신호 처리용 전형적인 회로 구성은 다음 그림과 같다.



[센서 활용을 위한 전형적인 회로 구성 예 : HPF는 센서 출력 신호(Signal)에 포함된 DC 성분을 제거하기 위한 것으로 대략 0.1Hz 수준의 차단 주파수를 갖도록 구현하고, AMP는 HPF의 출력 신호를 **반전 증폭**하도록 구현한다. 신호 크기에 따라 다르지만 대략 100배 수준의 이득을 갖는 것이 바람직하다. 마지막으로, LPF는 신호에 포함된 잡음 성분(특히 60Hz 전원 잡음)을 줄이기 위한 것으로 대략 10Hz 수준의 차단 주파수를 갖도록 구현한다. 이 회로 구성도는 양전원($\pm V$) 사용 회로에 대한 것이다.]

센서 출력에 포함된 DC 성분 크기를 유지하는 단일 전원 회로로 후단 신호 처리 회로를 구성할 수도 있는데 이 경우 그 구성도는 아래 그림과 같다.



[단일 전원을 사용할 경우의 센서 활용을 위한 후단 신호 처리 회로 구성 예]

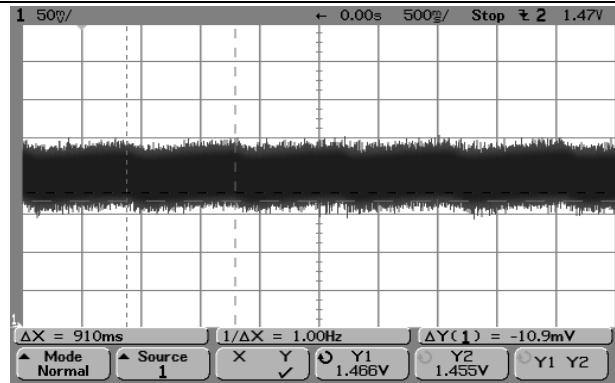
반지형 맥파센서
(초단증폭회로 내장)

이 구성도에 따른 회로 구현으로 각 단(A, B, C)에서 얻은 신호 형태는 아래 그림과 같다(회로 및 센서에서 사용하는 전원 전압은 +3.3 VDC 이다).

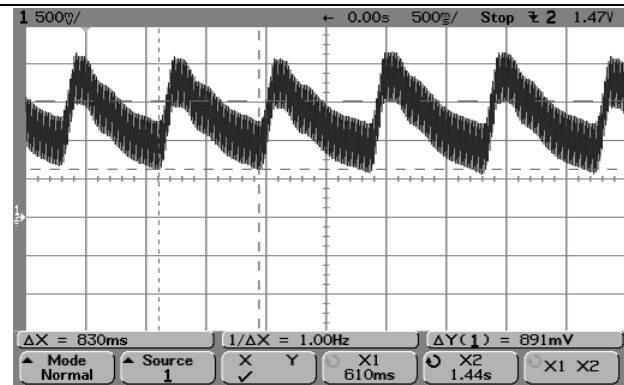
단일 전원으로 동작하는 회로이기 때문에 센서 출력의 DC 성분을 계속 유지하고 있음을 알 수 있다.



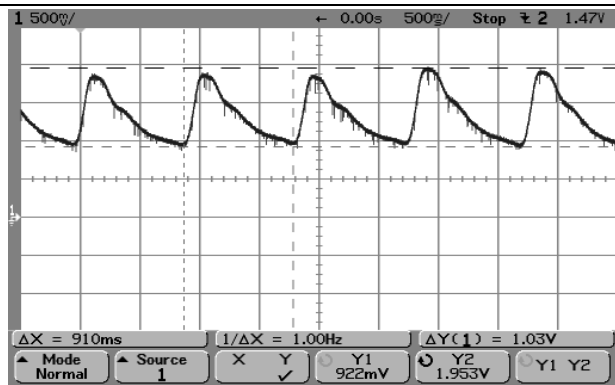
[주] 손가락이 너무 꽉 끼지 않도록 해야 함. 피부 탄성이 억제되면 신호가 약하고 왜곡될 수 있음.



(A: 센서 출력 신호 중 AC 성분만 표시)



(B : 차동 증폭기 출력 신호)

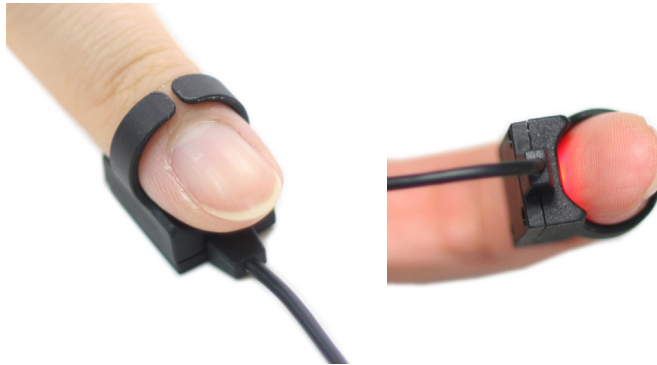


(C : 저주파 통과 필터(LPF) 출력 신호)

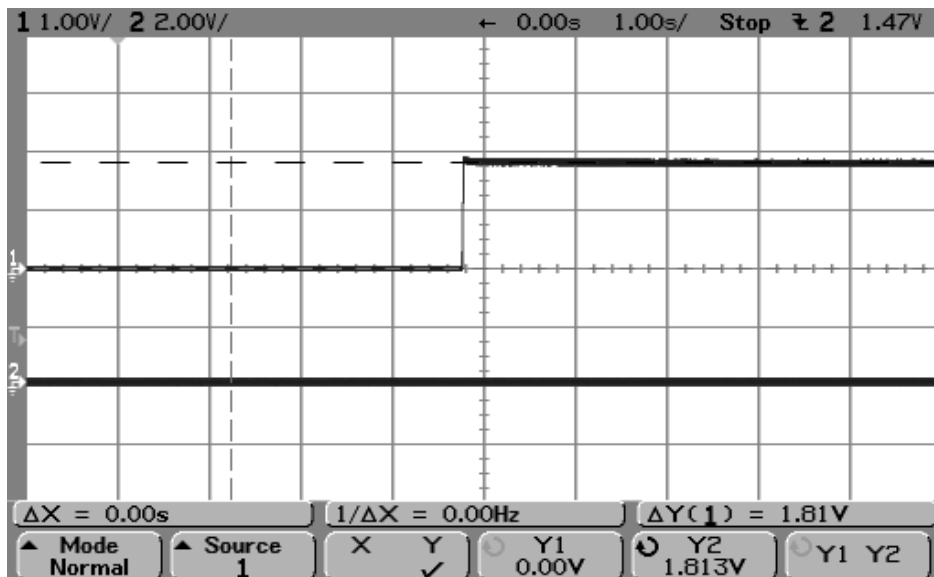
반지형 맥파센서
(초단증폭회로 내장)

전원 인가 시 동작 특성

센서에 전원을 인가한 후 얻은 출력 신호 모양을 아래에 나타낸다. 센서는 손가락에 장착한 상태에서 인가 전압을 3.3 VDC로 설정하고, LED 구동 전류를 결정하는 저항을 $R_{LED} = 180 \Omega$ 으로 둘 경우, 얻은 센서 출력 파형을 오실로스코프로 직접 얻은 것이다. 출력 신호에는 DC 성분과 AC성분이 포함되어 있다. DC성분의 크기는 LED 구동 전류와 반사광 세기에 전적으로 의존하며, AC 성분은 대체로 DC 성분의 1% 수준 크기를 갖는다. AC 성분을 증폭하여 얻는 파형을 앞 절에서 확인하였다. 대체로, 전원 전압이 일정하게 유지되면, 출력 신호에 포함된 DC 성분의 크기 비교적 일정하게 유지된다.



[센서 장착 상태]



[$R_{LED}=180\Omega$, $V_s=3.3VDC$ 전원을 인가한 경우, 전원 인가 후 곧바로 얻은 출력 신호. DC 성분 크기 1.8VDC]