

반도체식 센서 활용방법 개선에 관한 연구

한상배 · 김남호*

부경대학교

A Study on the Improvement of Semiconductor Sensor Utilization Methods

Sang-Bae Han · Nam-Ho Kim*

Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

본 논문은 반도체식 센서의 개선된 활용방법에 관한 것이다. 보편적으로 사용되는 반도체식 센서는 기초적인 사용법이 알려졌지만, 제각기 사용방법에 따라 측정되는 데이터는 정확도에서나 안정성이 떨어져 사용 면에서 제한적이다. 반도체식 센서의 특성에 맞는 사용방법을 개선하여 안정성과 정확도를 높이는 방법을 제시하고자 한다.

ABSTRACT

This paper relates to an improved method for using an semiconductor sensor. Although the basic usage of the commonly used semiconductor sensor is known, the data measured according to each usage method is limited in terms of use due to poor accuracy and stability. We propose a method to improve stability and accuracy by improving the method of use according to the characteristics of the semiconductor sensor.

키워드

Semiconductor sensor, Gas sensor

1. 서 론

현재 우리의 생활환경에는 많은 종류의 위험한 가스가 존재하고 있고, 최근 일반 가정 및 산업현장에서의 가스 중독, 폭발 사고 및 오염 등에 노출되어 있다. 그러나 인간의 감각 기관으로는 위험 가스의 농도를 정량하거나 종류를 거의 판별할 수 없으므로 인간 의 후각을 대신할 수 있는 가스 센서의 역할은 매우 중요하며 또한 넓은 응용 분야를 가지고 있다[1].

이러한 가스 센서는 전기적 신호를 매개로 하여 농도와 성분을 결정하므로 인간의 생활환경뿐만 아니라 산업현장에서도 그 역할이 매우 중요하다.

현재 가스 센서는 그 감지 방법에 따라 전기화학식(electrochemical) 센서, 광학식(optical) 센서, 반도체식(semiconductor) 센서, 촉매(catalytic) 센서로

크게 나누어진다[2-4].

반도체식(semiconductor) 센서는 다양한 종류가 있으나 손쉽게 구할 수 있는 MQ-7 센서를 본 연구에서 다루고자 한다. MQ-7 센서는 일산화탄소(CO)를 검출하는 가스 센서다. 비용이 저렴하고 다른 응용 분야에 적합하다. 금속산화물 반도체(산화아연, 산화주석 등) 표면에 일산화탄소(CO) 가스 분자가 달라붙어 반도체 내의 전자 구조를 변화시키면 전기 전도도가 증가하는 것을 이용한다. 센서 내부에 있는 하얀색의 세라믹에 연결된 선으로부터 전류를 흘려 받아 열을 발생시킨다. 이 열로 인해서 공기 중의 특정 가스가 촉매 반응을 하게 되고, 저항값을 변경시킨다. 그리고 변경된 저항값으로 인해서 전압의 변화가 생기고, 이를 통해 가스 농도를 유추하게 된다. 따라서 검출되는 가스 농도가 높을수록 아날로그 출력전압이 높아진다.

특징으로는 광범위한 가연성 일산화탄소(CO) 가스 등 천연가스에 대한 높은 감도와 넓은 감지 범

* corresponding author

위 그리고 빠른 반응과 안정적인 성능, 긴 수명, 저렴한 비용으로 사용할 수 있다. 그러나 MQ-7 센서의 사용방법은 보편적인 방법이 많이 알려져 있으나 대다수가 기초적이거나 구현 방법에 따라 안정성, 정확도에서 신뢰성이 다소 떨어진다. 그러므로 본 연구에서는 arduino와 MQ-7을 활용한 안정적 회로 구성과 정확한 측정을 표 1과 같은 기준에 맞게 제시한다[5-6].

표 1. CO monoxide concentration

농도(ppm)	건강 영향	노출시간
30	8시간 작업 시 노출 기준	8시간
200	가벼운 두통과 불쾌감	3시간
600	두통, 불쾌감	1시간
1,000~2,000	정신 혼란, 메스꺼움, 두통	30분
	현기증	
2,000~2,500	심계항진(두근거림)	30분
	의식불명	

II. 관련 연구

MQ-7 센서는 표 2와 같이 사용 전압 및 전류를 정확히 적용하기 위해 별도의 간단한 회로 구성을 해야 한다.

표 2. Standard work condition

Parameter name	Technical condition
circuit voltage	5V±0.1
Heating voltage (high)	5V±0.1
Heating voltage (low)	1.4V±0.1
Load resistance	Can adjust
Heating resistance	33Ω±5%
Heating time (high)	60±1 seconds
Heating time (low)	90±1 seconds
Heating consumption	About 350mW

그림 1과 같이 MOSFET를 사용하여 히터 전류 제어를 하였다. 표 2의 heating voltage를 60초 동안 가열하기 위해 arduino의 digital 출력을 5V로 이후 90초 동안 1.4V 출력을 그림 2와 같이 조절하도록 하였다.

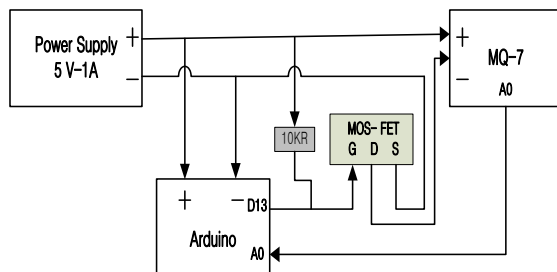


그림 1. Arduino heater driving circuit diagram

이 과정에서 그림 2와 같이 실제 측정되는 시점은 5초간의 delay가 발생하며 이 시점에 sensor reading 한다.

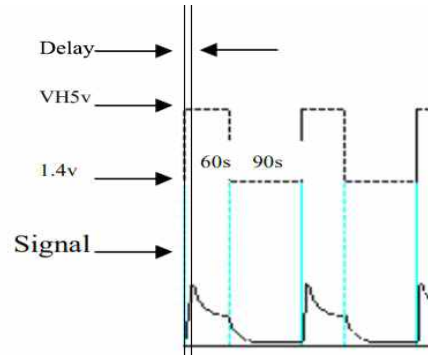


그림 2. MQ-7 Sensor reading to values

이러한 과정을 차례대로 처리하게 되면 중간 가열과정에서의 delay를 맞출 수 없게 된다. 실제 arduino는 Non-OS embedded board이다. 그러므로 multi tasking을 지원하지 않는다. 그러나 유사한 기능을 할 수 있는 multi thread 방식을 적용하여 시간 배분을 활용하여 두 개의 thread를 만들 그림 3과 같이 동시에 가열 시간과 측정 시간을 실행하게 하였다. 그리고 10초 동안 10번 값을 측정하여 평균하였다.

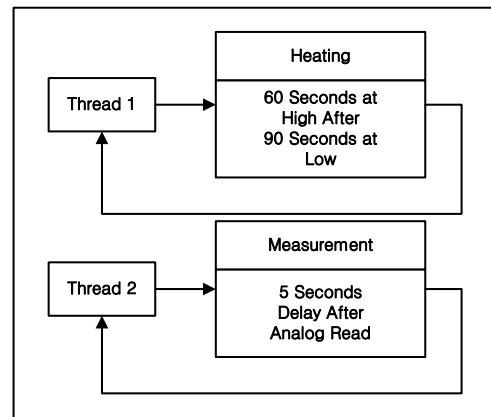


그림 3. Multi threaded structure

위 과정을 통해 측정한 ADC 값을 식 (1) ~ (4)를 적용하여 ppm으로 환산하였다.

$$V_{in} = ADC \text{ 변환값} / 1023 \times 5.0 \quad (1)$$

$$R_s = (5.0 - V_{in}) / V_{in} \quad (2)$$

$$ratio = R_s / R_0 \quad (3)$$

$$ppm = (1538.46 \times ratio)^{-1.709} \quad (4)$$

측정결과와 정확도를 위해 Honeywell사의 Minimax X4 복합가스 측정기와 사용하여 비교 측정하였다. 그리고 CO gas를 발생시키기 위해 chamber에 양초를 발화시켜 측정하였다.

- [6] 신중엽, 조정환, 전기준, “혼합가스 식별을 위한 반도체식 가스 센서의 온라인 드리프트 보상”, 대한전기학회, 학술대회논문집, 2005.10, 130-132(3 pages)



그림 4. Gas detector and gas chamber

III. 결 론

본 논문에서 제안된 MQ-7 센서는 저렴하면서 응용이 쉬운 센서이지만 응용방법에 따라 다양한 형태로 적용할 수 있는 제품이다. 장시간 가열하게 되면 센서 성능이 저하되고 수명을 다하게 된다. 이에 본 연구를 통해 MOSFET를 이용하여 전압 제어를 하여 장시간 사용해도 안정적 제어를 하였고, 정확한 측정을 위해 arduino의 multi thread 기능을 구현함으로써 정확도를 높였다. 반도체식 (semiconductor) 센서는 대부분이 이와 유사한 형태로 구성되어있어 적용할 수 있으리라 사료 된다.

References

- [1] 고용노동부, “밀폐공간작업 질식 재해 예방 종합 매뉴얼”, 안전보건공단, 2017.
- [2] 정성인, 손정대, 이서현, 이형호, “고체 전해질을 이용한 전기화학식 CO₂센서 모듈 개발”, 대한전기학회, 전기학회논문지, 56(P),191-194,2007.12
- [3] 이정현, 조정환, 전기준, “반도체식 가스 센서와 패턴 인식방법을 이용한 혼합가스의 정량적 분석”, 대한전기학회, 학술대회논문지, 2005.10, 138-140(3 pages)
- [4] 한상배, “밀폐된 공간의 유해가스 검출을 위한 원격 계측 시스템에 관한 연구”, 부경대학교 석사논문, 2021.08.
- [5] 강세종, 손동구, 임기창, 김종면, “반도체식 가스센서 어레이와 DNN 기술을 이용한 가스 분류 및 농도”. 한국가스학회, 학술대회논문집 2019.10, 44-44(1 pages)