



## **Study on ADC Stabilization of Small Embedded Board using LTC2400 Module**

**Ki Young Kim<sup>1</sup>, In Sik Hong<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Computer Engineering, Soonchunhyang University*

<sup>2</sup>*Department of Computer Science and Engineering, Soonchunhyang University*

### **ABSTRACT**

Demands for applications using sensor information have been increasing due to development Internet of Things technology, and necessity for setting sensors onto atmosphere, soil, ocean, forest and our living environment and organically collecting information also has been increasing. Data collected by sensors should be reliable to be used as a real data. Current researches usually focused on miniaturization of embedded device and increment of low voltage ADC. There has been little research about improving reliability of transformed data. In real field small embedded boards have a problem that sensor input data is not balanced during network connection or overloading motion. Battery voltages of 3V were measured through 2 ways and compared each other. As a result of the voltage measurement using Arduino's ADC, accurate voltage measurement was possible only when  $V_{REF}$  maintains at 5V. We also used WiFi to observe how much is the network load effect in small scale embedded board. Voltages were measured at the stage of connection and disconnection and we found  $V_{REF}$  voltage is not stable network and several loading condition. When voltage of 3V battery was measured using LTC2400 ADC module with regulator, we could observe exact battery voltage when applied  $V_{REF}$  was 4.096V or more which is input range of regulator. This paper proposed and confirmed a method in which regulator was used for accurate data collection of sensors. This method can make  $V_{REF}$  voltage in ADC stable, which would be a basic technology for the stabilization of data collection by sensors.

© 2015 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS :** ADC Stabilization, Arduino, Regulators, Sensor Data, IoT, LTC2400, Mobile Network

**ARTICLE INFO:** Received 16 April 2015, Revised 12 June 2015, Accepted 12 June 2015.

\*Corresponding author is with the Department of Computer Engineering, Soonchunhyang University, 22

Soonchunhyang-ro, Asan-si, Chungcheongnam-do, Korea  
E-mail address: ishong@sch.ac.kr

## 1. 서론

사물인터넷 기술의 발전으로 다양한 센서를 통한 정보를 요구하고 활용하는 서비스로 확대되면서, 센서를 통해 수집된 데이터와 축적된 대량의 데이터는 빅데이터의 특성을 가지게 된다.

초기의 빅데이터는 많은 양의 데이터를 의미했으나 현재의 빅데이터는 데이터를 효율적으로 관리할 하여 가치 있는 정보를 생산하는 것을 의미한다. 빅데이터는 데이터의 양을 의미하는 크기(Volume), 다양한 유형의 데이터의 형태를 표현하기 위한 다양성(Variety), 실시간으로 데이터를 생성하고 분석하는 속도(Velocity)의 V3라는 3대 요소의 특징을 갖는다[1].

이러한 빅데이터는 수집단계가 중요하다. 특히 수집된 데이터에 대한 신뢰성이 확보되어야 한다.

최근 저가의 소형 마이크로 컨트롤러를 이용하여 센서 데이터를 수집하고 어플리케이션에 이용하는 사례들이 빠르게 증가하고 있다. 소형 마이크로 컨트롤러의 특성상 센서의 아날로그 데이터를 디지털로 변환하기 위한 ADC(Analog to Digital Conversion)의 sampling rate의 bit 가 10-12bits 로 작은 단점이 있다. 이러한 특징은 외부전원의 불안정성과 마이크로 컨트롤러의 처리량에 따라 ADC로 공급되는 레퍼런스 전압이 흔들리는 상황이 발생하게 된다. 저가의 소형 마이크로 컨트롤러는 ADC의 레퍼런스 전압이 흔들릴 경우 센서 측정값의 오차율이 증가 하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 외부 전원이 불안정 할 경우 센서 데이터의 오차가 발생하는 것을 입증하고, ADC로 공급되는 외부 전원(레퍼런스 전압)의 안정화를 위한 방법을 제안하고 검증하고자 한다. 특히 네트워크 연결 시도 및 프로그램 실행 시 ADC의 레퍼런스 전압이 흔들리는 것을 실험을 통해 검증한다. ADC의 레퍼런스 전압을 일정하게 유지시키기 위한

방법으로 LINEAR Technology 사의 LTC2400 레플레이터를 이용한다.

2장에서는 관련연구에 대하여 기술하고, 3장에서는 LTC2400을 이용하여 저가, 소형 임베디드 보드의 ADC 안정화를 통해 데이터의 신뢰도를 높이기 위한 기술을 제안하고 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변환하기 위한 설계 기술 연구들이 진행되어 왔다.

유비쿼터스 지능화 사회로 발전해 가면서 휴먼 인터페이스를 위한 센서 기능 소자들의 수요가 증가함에 따라 센서 인터페이스 구현을 위한 고성능의 ADC에 대한 요구도 상응하여 증가하고 있다. 가속도 센서 및 자이로 센서 등과 같이 고해상도 및 작은 면적과 적은 전력 소모를 동시에 요구하는 센서 인터페이스 응용을 위한 12비트의 해상도와 1ks/s 65uA 0.35um CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) 알고리즘 ADC가 설계되었다[2].

델타-시그마 방식의 ADC는 다른 구조에 비해 저주파수 대역에서 전력 소모 대비 높은 해상도를 얻을 수 있다. 그에 따라 초 정밀성과 저 전력이 중요시 되는 계측 및 측정, 센서 분야에서 응용되고 있다. 델타-시그마 ADC의 장점을 그대로 가지면서 데이터의 빠른 변환을 위한 3차 모듈레이터와 MUX(Multiplexer)를 통해 멀티 채널의 입력을 처리할 수 있는 3차 1-bit incremental 델타-시그마 ADC가 설계되었다[3].

변환 속도를 증가시키고 파워 소모를 줄이기 위해서 SHA(Sample & Hold Amp) 회로가 없는 구조를 사용하였으며, 공정상 발생할 수 있는 커패시터 부정합에 의한 오차를 보정하기 위해서 새로운 커패시터 스위칭 방법을 적용한 센서 인터페이스를

위한 14비트 cyclic ADC가 설계되었다[4].

배터리로 구동되는 사물인터넷 장치의 센서 리드아웃 인터페이스를 구현하기 위해서는 작은 사이즈, 낮은 소비전력의 ADC가 필요하다. Incremental delta-sigma ADC는 센서 인터페이스에서 높은 에너지 효율을 얻을 수 있는 구조이다. PVT(Process, Voltage, and Temperature)변동을 최소화할 수 있는 설계와 이득을 부여하는 설계를 통해 전력효율과 면적효율을 개선하는 Incremental delta-sigma ADC가 설계되었다[5].

자동차를 포함하는 다양한 응용시스템에 사용되는 센서의 핵심부품으로 10b 해상도에서 수 MS/s ~ 수십 MS/s 수준의 처리속도로 동작하는 ADC가 요구되며, 다양한 SoC(System-on-a-chip)에 응용이 가능하도록 저전력 및 소면적이 필수적이다. 다양한 시스템 사양에 응용 및 수정보완이 가능하도록 10b 10MS/s의 사양을 가지면서 전력소모 및 면적을 최소화하기 위하여 증폭기를 사용하지 않는 디지털 회로기반의 SAR(successive approximation register) 구조의 ADC가 설계되었다[6].

CMOS 공정을 이용하여 구현된 저 전압용 비교기가 사용된 플래쉬 저전력 ADC와 이를 효율적으로 프로그램할 수 있는 제어기 블록으로 혼성 시스템 집적회로가 설계되었다[7].

모바일 정보기기의 배터리 전력 관리를 제어하는 IBS(Intelligent Battery sensor), BMS(Battery Management System)등의 PMIC(Power Management IC) 기술에 적합한 9b 2MHz 사이클릭 폴딩 ADC가 설계되었다[8].

### 3. 레귤레이션 칩을 이용한 시스템 구축

#### 3.1 구축환경

아두이노는 소형 임베디드 기기에 탑재되어 데

이터를 수집하기 위한 보드로서 ADC를 내장하고 있으며 다양한 센서 정보를 수집할 수 있다. 아두이노는 보드와 쉴드로 구성하며 다양한 센서를 부착하여 데이터 수집에 활용할 수 있는 시스템이다. 아두이노의 응용분야는 식물관리 시스템 개발[9]과 거리 센서를 이용한 열람식 관리 시스템 개발[10], 인체감지 센서를 이용한 LED(Light Emitting Diode) 컬러 제어[11], 사용자의 공포 정도 측정 장치 등의 개발이 이루어져 있다[12].

#### 3.2 검증 및 실험 분석

기존 연구를 분석해 보면, ADC의 성능향상과 관련하여 임베디드 기기의 소형화, 저전력의 ADC 향상을 위한 연구가 대부분이었다. 즉 송수신된 데이터의 신뢰성을 향상시키기 위한 기술 연구는 부재한 상황이다. 본 연구를 통해 ADC 안정화를 통한 센서 데이터의 신뢰도를 높이는 알고리즘을 제안하고자 한다.

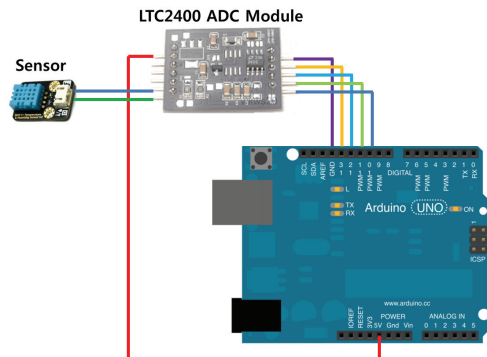


그림 1. LTC2400 모듈을 이용한 센서 측정 시스템  
Figure 1. Measurement of Sensor with LTC2400 Module

<그림 1>은 아두이노 우노에 LTC2400 ADC 모듈을 연결하여 각종 센서의 데이터를 측정하는 시스템이다. 레귤레이터가 포함된 LTC2400 ADC 모듈에 센서를 연결하여 아날로그 데이터를 디지털로

변환한다. 변환된 데이터는 아두이노 우노에 SPI 통신을 이용하여 전달한다. LTC2400 ADC 모듈의 동작 전원은 아두이노 우노에서 5V를 공급한다.

기존의 8bit AVR 마이크로컨트롤러를 사용하는 저비용의 아두이노 보드에 내장된 ADC를 이용하여 각종 센서의 데이터를 수집할 때, 센서 값의 오차가 많이 발생한다.

$$ADC = \frac{V_{IN} \times 1024}{V_{REF}} \quad (1)$$

식 1은 ADC의 측정값을 계산하는 공식이다.  $V_{REF}$ 는 레퍼런스 전압으로 일정한 전압이 계속 인가되어야 각종 센서의 측정된 값이 입력되는  $V_{IN}$ 값을 정확하게 산출할 수 있다.  $V_{REF}$  값은 보드의 동작상태 및 특성에 따라 값이 변하게 된다. ADC의  $V_{REF}$  전압을 일정하게 유지 할 수 있는 방법으로 ADC의  $V_{REF}$  입력 단 앞에 레귤레이터를 사용하여 각종 센서의 센싱 값을 정확하게 산출하는 방법을 제안한다.

제안 방법의 검증은 LINEAR Technology 사의 LTC 2400 ADC와 Texas Instrument사의 REF3040 Precision reference 레귤레이터를 사용한 모듈을 이용하여 ADC의  $V_{REF}$  에 일정한 전압을 공급함으로써, 센서의 정확한 값이 측정되는 것을 확인한다.

<그림 2>는 아두이노 우노의 내장된 ADC를 이용하여 배터리의 전압을 측정하는 그림이다. 파워 서플라이로 아두이노 우노 보드에 전원을 공급하고, 배터리의 + 라인을 아두이노의 아날로그 입력 포트인 A0에 연결한다. 배터리의 - 라인은 아두이노의 GND 포트에 연결한다. USB 방식의 RS-232 통신으로 배터리의 측정된 전압 값을 확인한다. 이때 USB의 전원과 파워 서플라이의 전원이 병렬로 동시에 공급되는 것을 막기 위해 USB 케이블의 전

원 라인을 차단하여 USB 케이블은 결과 확인을 위한 통신에만 사용하도록 한다.

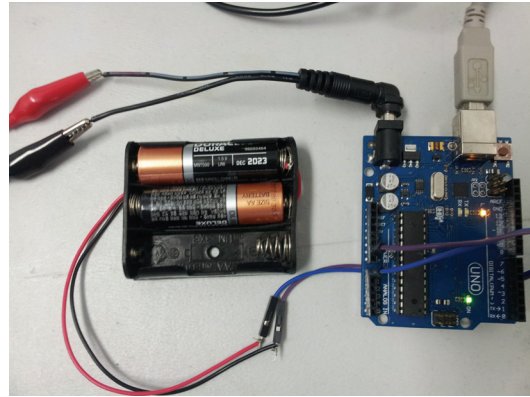


그림 2. 아두이노 우노를 이용한 배터리 전압 측정  
Figure 2. Measurement of Battery Voltage with Arduino Uno

<그림 3>은 아두이노 우노 보드에 전원을 공급하는 파워 서플라이의 입력 전압에 따른 ADC의  $V_{REF}$  전압 값을 나타내는 그림이다. 파워 서플라이의 입력 전압이 6.8V 이상이 되어야 ADC의  $V_{REF}$  전압이 5V로 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 식 1에 의해 계산 되어지는 센서의 측정값은  $V_{REF}$  전압이 일정하게 유지 되지 않을 경우 정확한 값을 얻을 수 없다는 것을 그림 3을 통해 알 수 있다.

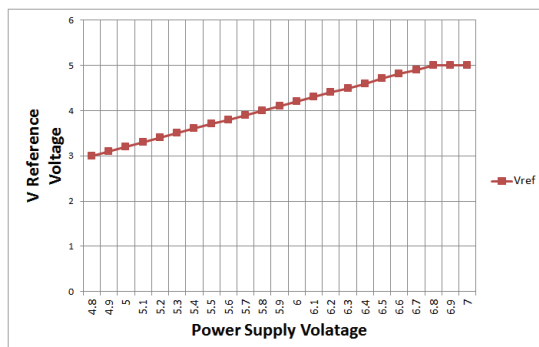


그림 3. 파워 서플라이 입력 전압에 따른  $V_{REF}$  전압  
Figure 3.  $V_{REF}$  according to the Power supply Input Voltage

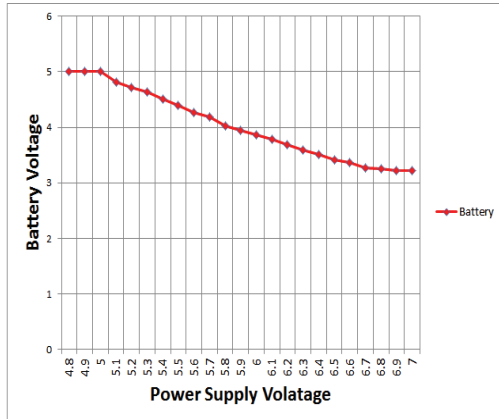


그림 4. 아두이노 ADC를 이용한 배터리 전압 측정값  
Figure 4. Measurement of Battery Voltage using Arduino ADC

<그림 4>는 1.5V 배터리 2개를 직렬로 연결하여 3V의 배터리 전원을 아두이노 보드의 ADC를 이용하여 측정된 결과이다. 파워 서플라이 입력 전압에 따른  $V_{REF}$  전압이 5V가 인가되는 시점인 7V 파워 서플라이 입력 값에서 정확한 3.2V의 배터리 전압을 측정할 수 있는 것을 확인 할 수 있다.

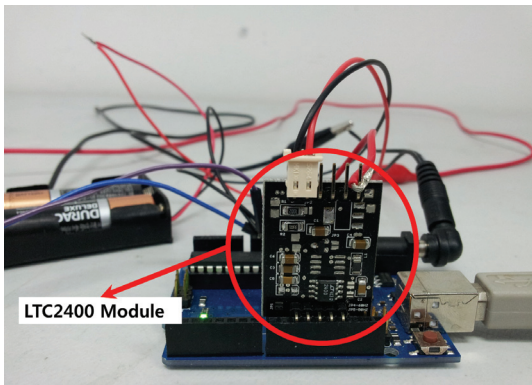


그림 5. LTC2400 모듈을 이용한 전압 측정 시스템  
Figure 5. Voltage Measurement System using LTC2400 Module

<그림 5>는 아두이노 누노 보드에 LTC2400 모듈을 연결하여 아두이노의  $V_{REF}$  가 일정하게 인가되지 않더라도 LTC2400 모듈을 이용한 정확한 배터리의 전압 값을 측정하는 그림이다.

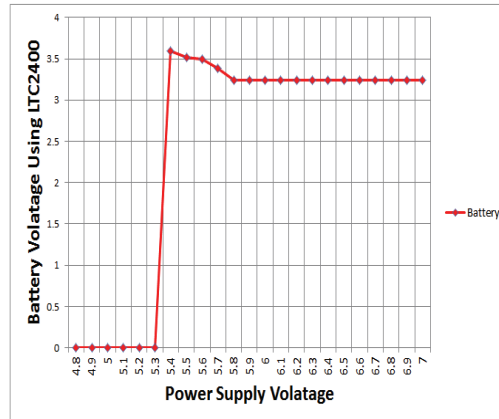


그림 6. LTC2400 모듈을 이용한 battery 전압 측정  
Figure 6. Measurement Battery Voltage using LTC2400 Module

<그림 6>은 1.5V 배터리 2개를 직렬로 연결하여 3V의 배터리 전원을 LTC2400 모듈을 이용하여 측정된 데이터를 보여준다. 일정 수준의 전압이  $V_{REF}$ 에 인가되지 않을 경우 0의 값을 출력하고, 4V 이상의 전압이  $V_{REF}$ 에 인가 될 경우 정확한 3.2V의 배터리 전압 값을 일정하게 얻을 수 있다.

이는 TI사의 REF3040 레귤레이터에 의해 ADC의  $V_{REF}$  전압이 일정하게 공급되면서 정확한 값을 산출할 수 있기 때문에 가능한 결과이다. 각종 센서의 측정값을 여러 어플리케이션에 적용하기 위해서는 수집된 센서의 정보를 서버와 같은 장비에 전송을 해야 한다. 이때, 메인 프로세서 외에 통신 모듈에서 전원을 추가로 사용하게 된다.

따라서 전체 보드에 공급되는 전원이 분산되면서  $V_{REF}$ 의 전압이 더욱 심하게 변화할 수밖에 없다.

<표 1>은 아두이노 보드에 WiFi 칩을 이용하여 무선 네트워크에 접속할 경우와 접속을 끊었을 경우의 전압 변화량을 나타낸다.

아두이노 보드의 입력 전압에 대해 무선 네트워크를 사용하지 않을 경우의  $V_{REF}$  전압과 무선 네트워크를 사용할 경우의 전압을 비교한 결과 무선

네트워크를 사용할 경우 전압이 0.1V 감소하는 것을 확인할 수 있다.

표 1. WiFi 아두이노의  $V_{REF}$  전압 변화와 배터리 전압 측정  
Table 1. Measurement of  $V_{REF}$  and Voltage with WiFi Arduino

Power Supply Voltage	arduino board $V_{REF}$	arduino board $V_{REF}$ using WiFi		Battery Voltage using LTC2400	
		connect	disconnect	connect	disconnect
5.0	3.2	3.1	3.15	0	0
5.1	3.3	3.21	3.26	0	0
5.2	3.4	3.28	3.34	0	0
5.3	3.5	3.4	3.45	0	0
5.4	3.6	3.52	3.58	0	0
5.5	3.71	3.64	3.69	0	4.6
5.6	3.8	3.77	3.82	3.5	3.46
5.7	3.9	3.84	3.88	3.4	3.36
5.8	4	3.94	3.99	3.3	3.27
5.9	4.1	4.05	4.09	3.22	3.21
6.0	4.2	4.16	4.2	3.21	3.21
6.1	4.31	4.19	4.24	3.21	3.21
6.2	4.4	4.34	4.39	3.21	3.21
6.3	4.5	4.39	4.44	3.21	3.21
6.4	4.6	4.49	4.54	3.21	3.21
6.5	4.71	4.58	4.63	3.21	3.21
6.6	4.81	4.67	4.73	3.21	3.21
6.7	4.9	4.81	4.85	3.21	3.21
6.8	5.01	4.87	4.92	3.21	3.21
6.9	5.01	4.99	5	3.21	3.21
7.0	5.01	5	5	3.21	3.21

이는 네트워크를 사용하면서 각종 센서의 데이터를 수집할 경우 센서 측정값에 오차를 발생 시킨다는 것을 알 수 있다.

기존 ADC에 관한 연구를 분석해 보면, ADC의 성능향상과 관련하여 임베디드 기기의 소형화, 저전력의 ADC 향상을 위한 연구가 대부분이었다. 이는 ADC의 분해능과 효율성 향상에 관련된 연구로 저가의 소형 임베디드 보드 전체의 부하 상황에 대한 연구는 아니다.

LTC2400 모듈을 사용하여 이러한 부하 상황에서 3V 배터리의 전압을 측정할 결과 표 1에서와 같이 4V 이상의 입력 전압만 인가되면 정확한 측정값을 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있다. 이는

ADC의  $V_{REF}$ 에 입력되는 전압을 레귤레이터를 통해 일정하게 공급해 줌으로써 부하 상황에서도 정확한 결과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 이때에도 레귤레이터의 입출력 범위에 따라 결과는 달라질 수 있다.

#### 4. 결 론

사물 인터넷 기술의 발전으로 센서 정보를 이용한 어플리케이션 수요가 증가함에 따라 대기, 토양, 해수, 산림, 생체, 우리 생활 주변 곳곳에 각종 센서를 배치하고 정보를 유기적으로 수집하여야 할 필요성이 증가되고 있다.

분명, 데이터의 수집 방법, 저장, 처리, 분석 등 여타 분야도 중요한 부분임에는 틀림없으나, 그 이전에 각종 센서를 통해 수집된 데이터의 정확한 정확도도 중요한 이슈이다. 데이터에 대한 신뢰도가 구축되어 있어야 데이터에 대한 상위 어플리케이션 개발도 가능하게 된다.

본 논문은 센서의 정확한 데이터 수집을 위한 방법으로 레귤레이터를 이용하여 부하 상황에서도 ADC의  $V_{REF}$  전압을 일정하게 유지시켜 주는 방법을 제안하고 검증함으로써 데이터의 안정화를 수행시키기 위한 기반 기술이 될 것이다.

#### References

[1] B. H. Kim, and B. J. Kim, *A study on the big-data analysis framework for internet-of-things*, Proceedings of the KICS Fall Conference. Vol. 2013, No. 11, pp. 181-182, 2013.

[2] M.-H. Lee, Y.-W. Kim, and S.-H. Lee, *A 12b 1kS/s 65uA 0.35um CMOS algorithmic ADC for sensor interface in ubiquitous*

- environments*, Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Part : Semiconductor and devices, Vol. 45, No. 3, pp. 69-76, 2008.
- [3] D.-B. Choi, Y.-H. Yoon, Y.-J. Jeong, Zhidong Wang, Q. Z. Duan, J.-J. Yeo, and J.-J. Roh, *Design of incremental ADC for sensor*, Proceedings of the IEIE Summer Conference. Vol. 2012, No. 6, pp. 31-32, 2012.
- [4] Y.S. Cho, S.-J. Park, H.-J. Park, and J.-Y. Sim, *A design of 14b cyclic ADC for sensor interface*, Proceedings of the IEIE Conference. Vol. 2011 No. 4, pp. 58-61, 2011.
- [5] W.J. Jo, S.-W. Song, H.S. Hwang, and Y.C. Chae, *A 280kS/s 80uW 13-bit incremental delta-sigma ADC for IoT devices*, Proceedings of the IEIE Summer Conference. Vol. 2014, No. 6, pp. 978-980, 2014.
- [6] H.L. Park, S.-P. Nam, S.-M. Myung, H.-J. Kim, and S.-H. Lee, *A 10b 10MS/s 0.13um CMOS SAR-Type ADC for various sensor applications*, Proceedings of the IEIE Summer Conference. Vol. 2011, No. 6, pp. 397-399, 2011.
- [7] H.-K. Lee, C.-S. Kim, J.-S. Kim, and K.-H. Choi, *Programmable ADC design for multifunctional sensor control*, Proceedings of the IEIE Summer Conference. Vol. 2004, No. 6, pp. 1603-1606, 2004.
- [8] M.N. Kwon, D.Y. Kim, and M.K. Song, *A 9-b 2MS/s cyclic folding ADC for battery management systems*, Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Part : Semiconductor and devices, Vol. 49, No. 3, pp. 1-7, 2012.
- [9] J. W. Kang, J. S. Kim, and Y. B. Jeon, *Smart plant management system using arduino*, Proceedings of the KCC 2014 Conference, Vol. 2014, No. 6, pp. 1818-1820, 2014.
- [10] J.W. Kim, H.J. Lim, and S.J. Lee, *Implementation of a reading room management system by using arduino and distance sensing*, Proceedings of the IEIE Summer Conference. Vol. 2014, No. 6, pp. 298-300, 2014.
- [11] S.K. Kim, and J.S. Cha, *LED color control using arduino and human motion sensors*, Journal of the Korea Society of Space Technology. Vol. 9, No. 2, pp- 69-73, 2014.
- [12] S.-H. Park, and J.-S. Park, *Measuring fear levels using arduino device*, Proceedings of the KCC 2014 Conference, Vol. 2014, No. 6, pp. 1933-1935, 2014.

---

## LTC2400모듈을 이용한 소형 임베디드 보드의 ADC 안정화에 관한 연구

김기영<sup>1</sup>, 홍인식<sup>2</sup>

<sup>1</sup>순천향대학교 컴퓨터학과

<sup>2</sup>순천향대학교 컴퓨터공학과

---

### 요 약

사물 인터넷 기술의 발전으로 센서 정보를 이용한 어플리케이션 수요가 증가함에 따라 대기, 토양, 해수, 산림, 생체, 우리 생활 주변 곳곳에 각종 센서를 배치하고 정보를 유기적으로 수집하여야 할 필요성이 증가되고 있다. 센서를 통해 수집된 데이터가 실 데이터로 활용되기 위해서는 신뢰성을 확보해야 한다. 기존의 연구들은 임베디드 기기의 소형화, 저전력의 ADC 향상을 위한 연구가 대부분이었다. 송수신된 데이터의 신뢰성을 향상시키기 위한 기술 연구는 부재한 상황이다. 실제 필드에서 소형 임베디드 보드들은 네트워크 연결 시나 부하가 동반되는 동작 시 센서 입력값의 변화치가 일정하지 못한 문제점을 가지고 있다. 3V의 배터리 전압을 2가지 방식으로 측정하여 비교하였다. 아두이노 자체 ADC를 이용하여 측정한 결과  $V_{REF}$  전압이 5V가 유지되는 상황에서만 정확한 전

압 측정이 가능했다. 또한 소형 임베디드 보드의 네트워크 부하의 영향이 어느 정도인지 파악하기 위해 WiFi를 이용했다. 접속 시도상황과 접속해제 상황의 전압을 측정하여 네트워크 및 여러 가지 부하 상황에서  $V_{REF}$  전압이 일정하지 않다는 것을 확인하였다. 레귤레이터가 포함된 LTC2400 ADC 모듈로 3V 배터리의 전압을 측정한 결과 레귤레이터의 입력범위인 4.096V 이상의  $V_{REF}$  전압만 인가되면 정확한 배터리의 전압값을 측정할 수 있었다. 따라서 본 논문은 센서의 정확한 데이터 수집을 위한 방법으로 레귤레이터를 이용하여 부하 상황에서도 ADC의  $V_{REF}$  전압을 일정하게 유지시켜 주는 방법을 제안하고 검증함으로써 데이터 수집 안정화를 피하기 위한 기반 기술이 될 것이다.



**In Sik Hong** received an M.S. and Ph.D. in the Department of Electronic Engineering from HanYang University in South Korea, in 1981 and 1988, respectively. He was senior researcher at Frontier Research Program for Water Resources from 2002 to 2011. He has been a professor at SoonChunHyang University in South Korea since 1991. His research interests include AR Technology, GIS, Embedded System and IT Convergence Technology.

*E-mail address:* ishong@sch.ac.kr

## 감사의 글

본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.



**Ki Young Kim** received the B.S. and M.S. degree and Ph.D. Course in the Department of Computer Science and Engineering from the Soonchunhyang University in 2003, 2005, and since 2014. He was a ARM Firmware Engineer at FCI Co., Ltd. from 2005 to 2008. He was a senior researcher at msilicon Co., Ltd. from 2009 to 2010. He was a senior researcher at PrimumDesign Co., Ltd. from 2010 to 2013. He has been a senior researcher at VirtualStorm Co., Ltd. since 2014. His current research interests include Agriculture Convergence, Network application, Home network, telematics, Embedded System, Application Specific Integrated Circuit, System on Chip.

*E-mail address:* k71077@nate.com