

소모전력 감소를 위한 단일 전원 휴대용 방사선 검출장치 구현

오재균¹ · 남혜진² · 김영길^{3*}

Realization of single supply to reduce power on portable radiation detection device

Jae-kyun Oh¹ · Hye-Jin Nam² · Young-kil Kim^{3*}

¹Department of Electrical Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

²Department of Electrical Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

^{3*}Department of Electrical Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

요 약

현재 해운물류의 안전과 보안이 국제적으로 강화되고 있다. 그로 인해 국내에서는 해운물류의 안전과 보안을 위한 기술에 대한 연구가 진행되고 있다. 관련한 기술 중에 컨테이너 검색의 강화에 따라 휴대용 방사선 검출장치의 필요성이 증가하고 있다. 본 논문에서는 Cortex-A9을 기반으로 한 휴대용 방사선 검출 장치의 구현에 관한 연구와 소모 전력을 감소시켜 시스템의 사용시간을 향상시키는 연구를 제안하고자한다. 휴대용 방사선 검출장치의 구성은 아날로그 보드와 디지털 플랫폼 그리고 센서 모듈로 크게 구성된다. 아날로그 보드의 각 단계에서 사용되는 전원이 다양하다. 다양한 전원을 사용하기 위해 스위칭 레귤레이터를 사용하는데 이로써 스위칭 노이즈가 발생해 결과에 오차를 발생시킨다. 이를 줄이고 소모 전력을 감소시키는 기법에 대한 연구를 제안하였다.

ABSTRACT

Safety and security system have been internationally enhanced in a field of shipping logistics. Accordingly, techniques for safety and security have been studied steadily. The need of portable radiation detection device is increasing by the search of the container is enhanced. In this paper, we propose a study to improve the life of the system and the realization of portable radiation detection device based on Cortex-A9. Configuration of a portable radiation detection device is configured largely to an analog board and the digital platform and the sensor module. The power used in each stage of the analog board is varied. Uses a switching regulator to use various power supply thereby to generate an error result and cause the switching noise. It is proposed to reduce the power consumption reducing technique for the study.

키워드 : 방사선, 감마선, Cortex-A9, 해운물류, 스위칭 노이즈

Key word : Radiation, Gamma-ray, Shipping logistics, Switching noise

Received 30 December 2014, Revised 28 January 2015, Accepted 16 February 2015

* Corresponding Author Young-kil Kim(E-mail:ykkim@ajou.ac.kr, Tel:+82-31-219-2364)

Department of Electrical Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.4.1024>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

해운물류의 안전·보안이 세계적으로 강화되면서 관련한 기술들이 지속적으로 연구되고 있다. 국내의 경우에는 물류강국으로 키우기 위해 국가적인 지원이 이루어지고 있다. 해외 기술에 의존적인 부분들을 국내 기술들로 이루어내기 위해서다. 수입 컨테이너들의 100% 사전 검색이 이루어질 예정이기 때문에 관련 기술들 중 휴대용 방사선 검출장치에 대한 필요성이 높아지고 있다. 이와 관련해서는 현재 국내에서 연구가 점차 이루어져서 센서를 제외한 부분은 국내 기술로 구현이 가능한 상황이다[1].

본 논문에서는 고속의 Cortex-A9 쿼드코어 프로세서 사용으로 신호 처리와 분석, 출력을 하나의 프로세서에서 모두 가능하게 구현하였다. 그리고 기존 아날로그 보드의 전원부를 간소화해 스위칭 레귤레이터로 인한 스위칭 노이즈를 줄이고 전력 소모를 줄였다. 더 나아가 안드로이드 운영체제 사용으로 차별화를 두고자 한다.

II. 관련 연구

2.1. 신틸레이터(Scintillator)

신틸레이터는 광전 증폭관을 사용하여 높은 에너지의 빛, 즉 X선이나 감마선을 측정하기 위해 사용되는 검출기의 일종이다. 신틸레이터의 종류는 크게 NaI(Tl), ZnS(Ag), CsI(Tl) 등으로 대표되는 무기 신틸레이터와 안드라신으로 대표되는 유기 신틸레이터로 나눌 수 있다[2].

본 논문에서는 감마선 검출에 주로 사용되는 무기 신틸레이터인 NaI(Tl) 신틸레이터를 사용하였다. NaI(Tl)은 미량의 Tl(Thallium)를 함유하고 있기 때문에 실효 원자번호보다 크고 감마선에 대한 검출효율이 좋다.

2.2. 광전자증배관(PhotoMultiplier Tube)

광전자증배관(PMT)은 빛을 측정하는 검출기의 한 종류로서 신틸레이터를 통해 발생하는 광전변화를 증폭시키는 역할을 하는 장치다. 광전증배관은 빛을 증폭시켜서 그대로 빛으로 내보내지는 못하고 전류로 변환시켜 출력이 가능하다. 그렇기 때문에 일반적으로 측광

의 용도로 많이 사용된다.

광전자증배관의 입사창으로 입사된 빛은 광전음극에 부딪쳐 광전자를 발생시킨다. 이 때 발생한 광전자는 높은 전압에 연결된 다수의 다이노드들에 연속적으로 충돌하면서 점차 증폭된다. 이렇게 증폭된 다수의 전자들은 최종적으로 애노드에 모이게 되고 전류의 형태로 출력된다. 이렇게 전류로 바뀐 신호는 매우 약하기 때문에 전치증폭기를 사용하여 분석이 가능하도록 증폭시켜 준다[3]. 이와 같은 광전자증배관의 동작과정은 그림 1과 같다.

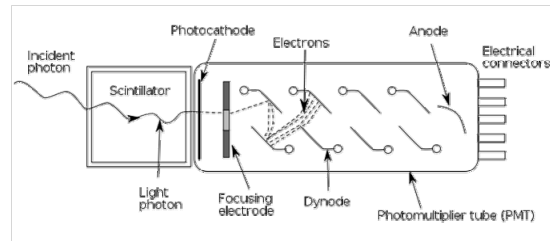


그림 1. 광전자증배관의 동작
Fig. 1 Operating of photomultiplier tube

III. 방사선 검출장치 구현

기존의 상용화된 방사성 시스템은 센서의 크기가 작아 휴대하기 편리하지만, 센서 크기가 작은 만큼 측정 범위에 한계가 존재한다. 또 펄웨어나 OS 기반의 마이크로프로세서를 이용하여 추가적인 기능 구현에 어려움이 많다. 또한 정확도를 높인 시스템의 경우 센서 값을 받기 위한 프로세서와 선량알고리즘을 계산하기 위한 DSP를 추가로 사용하여 구현되어 있다.

3.1. 시스템 개요

구현한 휴대용 방사선 검출장치는 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 감마선 센서 부분, 아날로그 회로 부분, Cortex-A9 플랫폼으로 나눌 수 있다. 아날로그 회로에서 2개의 DC 신호가 발생된다. 하나는 검출기를 통해 펄스 발생 여부를 알려주는 신호이고, 또 다른 신호는 홀더를 통해 현재 발생된 방사선의 크기가 출력된다. 이 출력된 신호는 Cortex-A9 플랫폼으로 입력되어 데이터를 받아 자동선량 알고리즘을 통해 핵종 파악 및

스펙트럼을 구성하게 된다. 이를 블록도로 나타내면 다음의 그림 3과 같다.

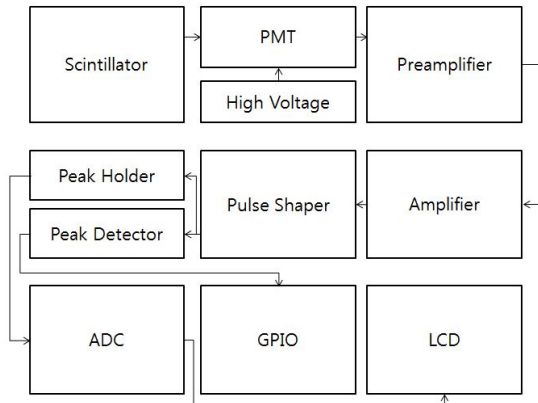


그림 2. 휴대용 방사선 검출장치의 블록도
Fig. 2 Block diagram of portable radiation detection device

3.2. 아날로그 회로

아날로그 회로에서 가장 중요한 부분은 신호 분석을 위한 펄스 웨이퍼, 펄스 디텍터, 피크 홀더다. 센서에서 나오는 신호는 빠르게 올라갔다가 매우 느리게 내려오는 형태의 펄스를 가진다. 이를 그림으로 나타내면 다음의 그림 4와 같다. 각각의 펄스가 가지는 피크 값은 방사선 핵종의 고유에너지를 나타내기 때문에 가장 중요하다. 핵종의 구분을 위해 펄스의 피크 값은 선형적으로 변형 되어야 한다. 펄스가 천천히 감소하는 형태를 가지면 뒤이어 발생하는 펄스가 중첩되어 펄스의 변형을 가져온다. 이러한 현상은 핵종을 구분하는데 오차를 발생시킨다. 그래서 펄스의 주기를 감소시킬 필요가 있다[4]. 펄스의 주기를 감소시켜주는 아날로그 회로를 블록도로 나타내면 아래 그림 5와 같다.



그림 3. 감마선 센서의 출력 신호
Fig. 3 Output signal of gamma-ray sensor

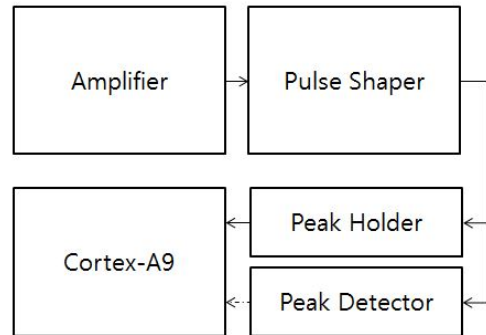


그림 4. 아날로그 회로의 블록도
Fig. 4 Block diagram of analog circuit

아날로그 보드는 증폭기, 펄스 웨이퍼, 피크 홀더, 피크 디텍터로 구성된다. 증폭기는 센서 출력의 진폭을 증폭하거나 감쇠 시켜주는 역할을 한다. 증폭기를 통해 신호의 계인을 조절한다.

펄스 웨이퍼는 센서의 출력을 가우시안 펄스로 변환시켜 준다. CR과 RC회로의 특성을 이용하여 센서 출력을 가우시안 펄스로 변환시킨다.

펄스 디텍터는 비교기로 구성되어 있다. 신호를 감지하면 trigger 신호를 출력한다. trigger 신호는 Cortex-A9의 GPIO로 들어간다. GPIO로 받은 trigger 신호는 ADC는 활성화시킨다.

피크 홀더는 펄스 웨이퍼의 출력을 받아 피크 값을 유지시켜 주는 역할을 한다. 펄스의 피크 값을 읽을 때 피크 발생의 정확한 타이밍을 맞추기 어렵기 때문에 조금 늦게 읽어도 정확한 피크 값을 읽을 수 있도록 하기 위해 사용한다[6].

각 아날로그 보드에서 사용되는 전원은 센서는 12V의 전원을 사용하며 Amp는 +5V, -5V, 펄스 웨이퍼는 +8V, -8V, 펄스 디텍터는 +5V, -5V, 피크 홀더는 +5V, -5V를 사용한다. 이 다양한 전원들을 노이즈를 유발하는 스위칭 레귤레이터 없이 12V와 5V 전원을 사용해 만들 수 있도록 구현하였다.

3.3. Cortex-A9 플랫폼

ARM Cortex-A9은 ARMv7 아키텍처를 기반으로 한 싱글 및 멀티코어 프로세서다. 이전 세대 아키텍처와 유사한 점이 많이 있지만 기존의 ARM 프로세서들과 가장 큰 차이는 멀티코어가 가능해진 점이다. 이러한 Cortex-A9의 아키텍처는 다음의 그림 2와 같다[5].

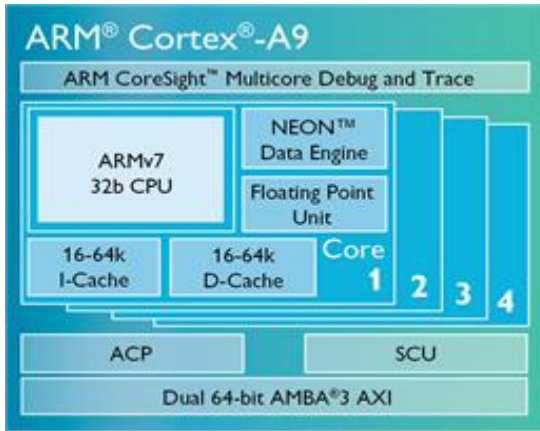


그림 5. ARM Cortex-A9의 아키텍처
Fig. 5 Architecture of ARM Cortex-A9

Cortex-A9 플랫폼에서는 아날로그 회로의 신호를 받아 분석하고 출력하는 역할을 한다. 이런 동작들은 리눅스 커널의 디바이스 드라이버와 안드로이드 애플리케이션에서 동작하게 된다. 동작을 위해 제작한 플랫폼은 다음의 그림 6과 같다.



그림 6. 구현된 안드로이드 플랫폼
Fig. 6 Implemented Android platform

안드로이드 OS기반의 플랫폼에서 동작시키기 위해 디바이스 드라이버와 어플리케이션 그리고, JNI 인터페이스를 제작하였다. ADC가 활성화되면 인터럽트를 통해 JNI 함수가 호출되게 된다. JNI의 함수를 통해서 디바이스 드라이버에서 보낸 이벤트를 읽게 된다. 이후 어플리케이션에서 처리할 수 있도록 해준다.

3.4. OP Amp

아날로그 보드의 전원을 간단하게 12V와 5V로 구현할 수 있도록 만드는 것이 이 연구의 목표이다. 12V만 이용하여 아날로그 보드를 구현하기 위해서 OP Amp는 단일 전원과 Rail-to-Rail을 지원하는 OP Amp를 사용해야 한다. 또 전력 소비를 줄이기 위해 전류 소모가 적은 OP Amp를 선정하는 것이 중요하다. 또 센서의 출력의 주파수는 매우 빠르기 때문에 시간당 변화할 수 있는 전압 크기인 Slew Rate가 높은 OP Amp를 사용하는 것 또한 중요하다. 이 논문에서 사용하는 OP Amp는 LMH6642로 Slew Rate은 135V/us이며 단일 전원을 지원하고 출력 타입이 Rail-to-Rail이며 전류소모가 적은 OP Amp로써 단일전원 시스템을 구현하는데 적합한 OP Amp를 사용하였다.

IV. 실험결과

4.1. 실험 환경

구현된 시스템을 가지고 구축한 실험환경은 다음의 그림 7과 같다. 구현된 시스템과는 별도로 전원 공급을 위한 전원공급기와 핵종 검출을 확인할 수 있는 방사선 샘플 시료가 사용되었다.

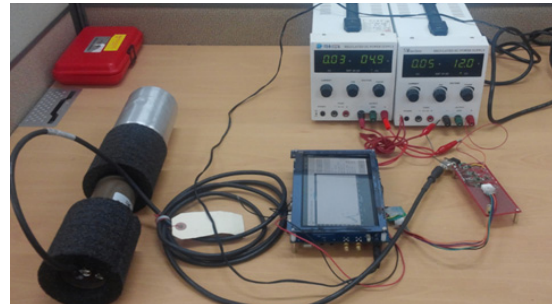


그림 7. 구현된 시스템의 실험환경
Fig. 7 Test environment of realization system

4.2. 실험 결과

앞의 실험환경에서 감마선 샘플 시료를 이용하여 구현된 시스템이 정상적으로 동작하는지 확인해보았다. 샘플 시료 Cs-137(세슘-137), Ba-133(바륨-133), Na-57(나트륨)을 사용하여 실험하였다. 이에 대한 측정 결과는 그림 8과 같다. 바륨의 고유 에너지는 356keV, 나트

륨의 고유 에너지는 511keV, 세슘의 고유 에너지는 661keV로 각 에너지 대역에 에너지 스펙트럼이 발생한 것을 볼 수 있었다. 결과를 확인함으로써 휴대용 방사선 검출장치를 구현한 것을 증명할 수 있다.

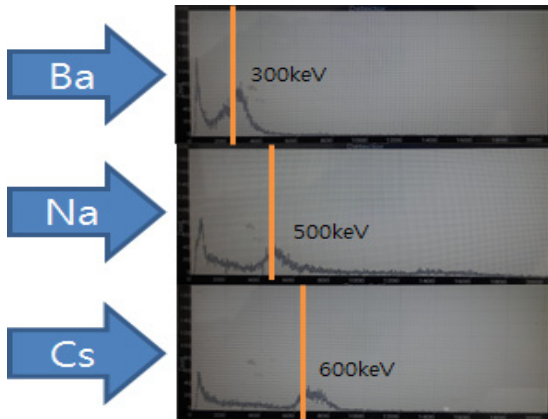


그림 8. 휴대용 방사선 검출장치의 각 시료별 측정 결과
Fig. 8 Each sample by measurement results of the portable radiation detection device

다음으로 아날로그 보드의 다양한 전원을 단순화 시켰을 때의 효과에 대해 살펴보았다. 아래 그림은 다양한 전원을 사용한 아날로그 보드의 소모 전류를 나타낸다. 아날로그 보드에 인가되는 전압은 12V와 -12V로 아날로그 보드의 레귤레이터를 통하여 다양한 전원으로 변환하여 각 전압을 각 단의 전원으로 사용한다. 다양한 전원이 사용된 아날로그 보드의 소모전류는 총 0.11A임을 확인할 수 있었다.



그림 9. 다양한 전원을 사용한 아날로그 보드의 소모전류
Fig. 9 Current consumption of the analog board with various power

다음으로는 다양한 전원을 12V와 5V만을 사용하여 아날로그 보드에 전원을 인가해 소모전류를 확인하였다. 소모전류는 총 0.08A이다. 다양한 전원을 사용한 것보다 더 적은 소모전류를 사용하는 것을 확인할 수 있었다.



그림 10. 다양한 전원을 사용한 아날로그 보드의 소모전류
Fig. 10 Current consumption of the analog board to simplify power

아날로그 보드에서 사용하는 전원을 단순화하여 원하는 전압으로 변환시켜주는 스위칭 레귤레이터를 여러 개 쓸 필요가 없어졌다. 이로써 아날로그 보드의 크기 또한 작아져 휴대용에 적합해졌다. 아래 그림의 오른쪽은 기존의 다양한 전원을 사용하던 아날로그 보드이고 왼쪽은 다양한 전원을 단순화한 아날로그 보드이다. 아날로그 보드가 소형화된 것을 확인할 수 있다.

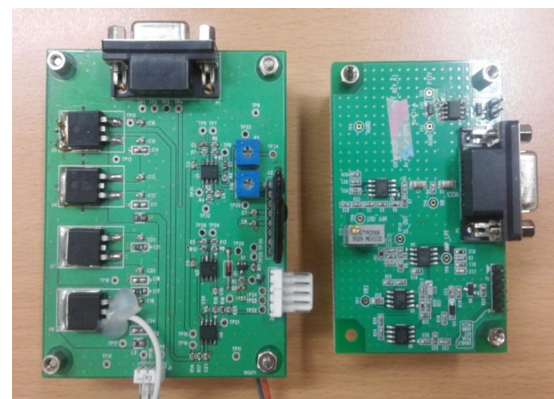


그림 11. 아날로그 보드의 크기 변화
Fig. 11 Variation of analog board

V. 결 론

본 논문에서는 Cortex-A9을 이용하여 아날로그 보드에서 사용하는 다양한 전원들을 단순화하여 회로의 복잡도를 최소화한 휴대용 방사선 검출장치를 구현하였다. 기존의 아날로그 보드는 많은 전원을 사용하는데, 다양한 전원으로 변환시켜 주기 위하여 스위칭 레귤레이터를 총 4개를 사용한다. 스위칭 레귤레이터는 스위칭 노이즈를 발생시켜 결과 값에 오차를 발생시키는 주요 원인이다. 본 논문에서는 전원을 12V와 5V만 사용하도록 구현하여 레귤레이터의 개수를 줄였다. 이로써 스위칭 노이즈를 제거하였고, 아날로그의 보드가 소형화되어 휴대용에 걸맞은 검출장치가 되었다.

추후에 Wi-Fi, 카메라와 같은 하드웨어를 연결하여 방사성 위험물체를 촬영해 사용자에게 전달해주는 기능으로 활용한다면 기존 검출장치를 보다 다양한 방법으로 활용할 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 한국해양과학기술원의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

REFERENCES

- [1] Jea-sun Chio, "A Study on Assuring Korea's Supply Chain Security against the New Trends of Global Security Issues, Korea Maritime Institute, 2007-09.
- [2] Mo-sung Lee, "Automatic Determination of the Energy Puse-height Relationship in NaI (Tl) Spectra", *J.Korean Asso. Radiat. Prot.*, Vol. 22, 1997.
- [3] NaI Scintillation Probe and Gamma Spectroscopy, <http://www.pocketmagic.net/?p=1541>
- [4] Jon-hwey Lee, "Research for realization of platform of portable radiation detector using NaI(Tl) Scintillator", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 10.
- [5] ARM Holdings, "ARM Cortex-A9 Processor", : <http://www.arm.com/products/processors/cortex-a/cortex-a9.php>
- [6] Jae-gil Seo, "An implementation of portable gamma ray detection platform using Cortex-A8", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 4.



오재균(Jae-Kyun Oh)

아주대학교 전자공학과 학사
아주대학교 의용공학과 석사
아주대학교 의용공학과 박사
※관심분야 : 임베디드 시스템, Mobile 의료정보 시스템



남혜진(Hye-Jin Nam)

아주대학교 전자공학과 학사
아주대학교 전자공학과 석사
※관심분야 : 임베디드 시스템



김영길(Young-Kil Kim)

고려대학교 전자공학과 학사
한국과학기술원 석사
ENST(프랑스) 박사
아주대 전자공학과 교수
※관심분야 : 임베디드 시스템, 초음파 의료기기, Mobile 의료정보 시스템, RFID Platform