

펄스의 피크시각 포착을 이용한 방사선 검출기의 신호처리 방법

A readout method using pulse peak-time capture for radiation detectors

김중호 · 권영목 · 홍형표 · 최규식*
(주)우진엔텍 기술연구소

Jong-ho Kim · Young-mok Kwon · Hyoung-pyo Hong · Gyu-shik Che *

R&D Center of Woojinntec Inc, Gyeonggi-do, 18481, Korea

[요 약]

방사선이 존재하는 환경에서 무색, 무미, 무촉의 방사선을 검출하기 위한 계측장비는 매우 중요하며 그동안 방사선 계측장비의 개발에 대한 많은 연구들이 있었다. 특히 방사선을 검출한 이후 측정된 검출신호를 손실 없이 효율적으로 처리하기 위해 검출된 미세전류를 전압형태로 정형하고, 이를 정확하게 관독하는 신호처리 부분은 매우 중요하다. 검출된 방사선 신호파형을 관독할 때, 지금까지는 신호의 전압파형을 짧은 시간 동안 일정한 값으로 유지시켜 파형의 크기를 관독한 후, 그 전기적인 값을 방전하고 다음 파형에 대비하는 피크홀드방식을 사용하였다. 이 연구에서는 방사선 검출기에서 측정된 검출신호 전압파형의 관독을 피크홀드방식이 아닌, 전압신호의 파고 정점에 이르는 시간을 포착하여 그 값을 직접 관독하는 방식을 제안한다. 이 방식에 의하면 전압 파고를 일정한 시간동안 유지하거나, 유지된 전압 파고를 초기상태로 만드는 복잡한 과정을 거치지 않고 검출된 방사선 신호를 정확하게 관독할 수 있다는 장점을 가지며, 실제 시뮬레이션을 통하여 이를 검증하였다.

[Abstract]

There were many studies on the development of radiation measuring instruments to detect the presence of radiation. In particular, the signal processing method and treatment without loss of the detection signal are very important. The common feature for these studies is the peak-hold method that keeps the peak value of input signal uniform for a short time, readouts its value, discharges electrical value, and then waits for next signal. We propose the new methodology to capture the pulse peak value from the radiation detector and read the value directly other than peak-hold method. This method has merit of accurate reading the input signal pulse peak value without complicate process of holding for a period or initializing of input signal, and then be verified to be adequate through simulation of actual example.

Key word : Radiation detector, Voltage pulse height, Discharge signal, Peak-time, Differential circuit.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.6.651>



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.

Received 16 October 2017; Revised 30 October 2017

Accepted (Publication) 4 December 2017 (30 December 2017)

*Corresponding Author; Gyu-Shik Che

Tel: +82-31-379-3629

E-mail: che@konyang.ac.kr

I. 서론

방사선을 계측하는 것은 방사선이 발견된 이후, 과학의 발전과 더불어 여러 산업분야에서 방사능측정, 환경방사능 오염관리, 방사성 폐기물 핵종 분석, 수출입 농수산물 및 공산품에 대한 방사능 오염도 측정 검사, 의료계에서의 방사성 물질을 사용한 인체 질병 진단 및 치료 등의 기술로 널리 확대되어 왔다. 최근에도 고도의 산업 발전에 따라 방사성 물질의 이용이 계속 증가 추세에 있으며, 각종 첨단기술을 응용한 감마선 계측장비 및 시스템이 속속 개발, 보급되고 있다. 이것은 방사성 물질을 이용함에 있어 혹시 발생할지 모르는 사람과 자연환경에 대한 피해를 최소화하기 위해 계측장비가 안전관리의 중요한 수단이 되기 때문일 것이다.

방사선을 검출하여 측정하는 방법과 관련하여 최근 진행된 연구로는 검출한 신호를 처리하기 위해 디지털 회로나 소프트웨어 처리부분에서 기 발생된 방사선 파형을 처음부터 끝까지 읽어들이어 잡음을 스무딩하게 처리한 후 피크 값을 가려내는 연구[1]가 있었다. 또 이처럼 소프트웨어적으로 검출신호를 처리하는 대신 하드웨어에 의한 방법을 제시한 가스전자증배기로 검출한 50-100 ns 범위의 비교적 짧은 방사선 펄스를 이중 가스 검출기로 측정하여 그 폭을 4 μ s 정도로 넓혀 이 기간 동안 피크치를 일정하게 유지시켜 에이디씨(ADC; analog-to-digital converter)가 매 5 μ s마다 그 값을 읽어낼 수 있도록 한 연구[2]와 검출기를 통하여 이온화된 양자입자와 전자들을 포착하여 미국 AmpTek사의 A206, A225, PH300 등의 증폭소자를 이용하여 크기가 2.5 V, 펄스폭이 10 μ s 이내인 파형으로 크기를 키우고 펄스의 지속시간을 늘려서 신호처리를 하는 방법[3], ms 단위로서 검출되는 긴 펄스파형을 μ s 단위로 줄여서 피크 값을 유지하고 파형의 하강 시간을 비약적으로 줄여 보다 효율적인 신호 수집을 하는 연구[4] 등이 있었으며, 또한 고도의 정밀도를 요구하는 부품을 쓰지 않고도 피크 값을 읽어낼 수 있는 방법[5]이 제시되기도 하였다. 이 연구들의 공통적인 특징은 피크홀드 회로를 이용하여 신호의 피크치를 어느 시간 동안 일정하게 유지하여 그 값을 읽어내는 방법을 사용한 것이다.

이 연구에서는 위와 같이 검출한 방사선 신호파형을 소프트웨어적으로 입력하여 피크치를 찾아내는 방법이나 또는 하드웨어적으로 피크홀드 회로를 이용하여 피크치를 어떤 순간에 읽어내는 방법이 아니라, 검출된 방사선 펄스파형의 피크치에 도달하는 시간을 포착하여 이 시점에서 에이디씨(ADC)가 신호 값을 직접 판독하고 전압 피크치를 측정하는 신호처리회로를 개발하였다.

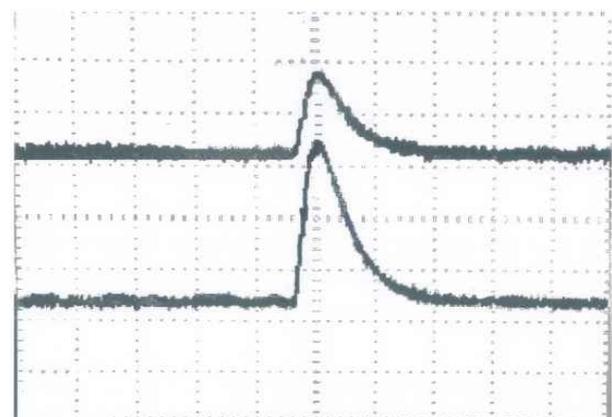
이 논문의 2장에서는 방사선 검출기에서 측정되는 각종 펄스파형의 형태를 알아보고 3장에서는 기존방식의 기능블럭도와 대표적인 검출회로를 이용한 방사선 측정방법을 소개하였다. 4장에서는 모의파형을 이용하여 기존방식에 의한 방사선

측정결과를 시뮬레이션하여 나타내었고 5장에서는 개발된 펄스파형 피크시간 포착회로를 이용한 피크 값 검출방법을 기능블럭도로 설명하였으며 6장에서는 개발된 방법의 회로도를 상세 설명하였다. 7장에서는 개발된 회로를 이용하여 시뮬레이션한 결과와 기존 방식의 경우를 비교하여 차이를 확인하였고 8장에서 결론으로 마무리하였다.

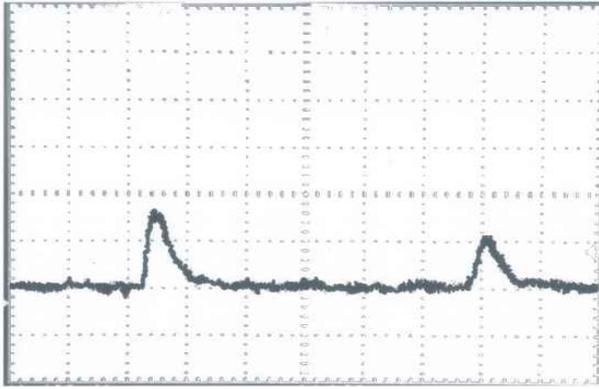
II. 방사선 펄스파형의 형태

방사선 검출장비로 방사선을 측정하게 되면 이 신호는 전치증폭기 등의 회로에서 전압신호로 증폭되어 처리된다. 변환된 전압신호는 아래 그림 1과 같은 펄스파형의 모습으로 측정된다. 그림 1(a)에 나타난 오실로스코프 파형은 계측기에 의해 검출된 방사선 펄스파형을 보이고 있다.

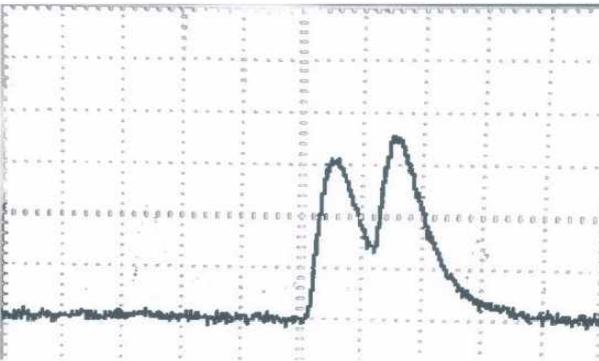
그림 1(b)의 경우는 두 개의 방사선 검출채널에서 검출된 방사선 파형으로 거의 동시시간대에 측정된 펄스파형이다. 위 채널에 비해 아래 채널의 전압파형이 큰 것으로 미루어 아래 채널의 방사선 에너지가 더 큰 것으로 짐작할 수 있다. 그림 1(c)의 경우는 방사선 하나가 검출되어 측정되는 동안 곧바로 다른 방사선이 검출기에 다시 측정되는 경우이다. 이것은 보통 방사능의 양이 많은 경우에 발생되며, 신호처리를 하는데 적지 않은 오류를 유발시키는 원인이 된다. 이렇게 중첩되는 펄스파형의 경우의 시간차는 약 1 μ s 정도이나 이보다 더 근접하여 중첩되는 경우도 많다. 보통의 경우 전치증폭회로를 거친 펄스파형의 전압폭은 약 100~350 mV 범위이다.



(a)



(b)



(c)

그림 1. 측정된 방사선 펄스파형의 예
Fig. 1. Illustrations of measured gamma ray pattern.

III. 기존의 감마선 검출법

방사선을 측정하는 다음, 변환된 전기신호인 전압 펄스파형과 이 펄스의 피크 값을 정확하게 관측하는 것은 방사선 측정에서 매우 중요하다. 왜냐하면 전압 펄스파형으로부터 검출된 방사선의 에너지 및 다채널일 경우 방사선 검출 위치에 대한 정보를 획득할 수 있기 때문이다. 특히 펄스의 피크 크기는 더욱 중요한 물리량이 된다.

측정된 전압 펄스파형은 극히 짧은 시간동안 무작위로 발생되기 때문에 이를 정확하게 관측하는 것은 쉽지 않다. 그것은 측정된 미세전류 신호를 전압신호로 정형하고 증폭시킨 아날로그 파형을 디지털 신호로 변환하여 소프트웨어에서 표현할 때까지 측정된 값에 대한 손실이 없어야 하고 전기적 잡음을 최소화해야 하기 때문이다. 이 과정에서 회로의 메모리 용량이 급격하게 커지거나 정보의 처리속도가 늦어지는 한편, 소자의 발열현상에 의해 문제를 일으킬 수도 있다. 에이디씨(ADC) 이후의 신호처리부분에서 이처럼 과도한 부담을 지게 되는 현상을 방지하기 위해서는 아날로그 회로부분에서 펄스파형의 피크 값을 포착해야 되는데 이렇게 하드웨어적으로 피크 값을 검출하여 처리하는 방법들이 일반적으로 제시되고 있으며, 그 주요 기능블럭도는 그림 2와 같다.

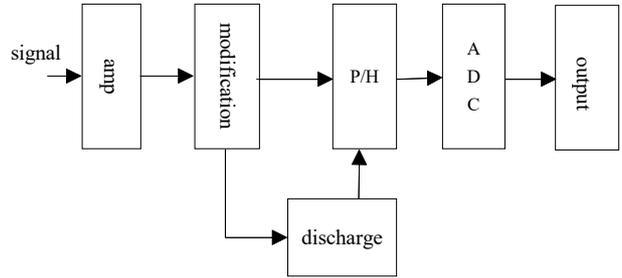


그림 2. 기존의 방사선 측정 후 신호처리법
Fig. 2. Signal processing block diagram of existing gamma ray detection.

상기 그림 2에서 보는 바와같이 검출된 신호를 증폭시켜 펄스파형을 정형한 후 피크홀더(P/H ; peak holder)에서는 충전커패시터를 이용하여 그 값을 일정한 시간(μs 단위의 극히 짧은 시간) 동안 펄스피크 값을 유지하도록 한다. 이후 에이디씨(ADC)에서 이 전압피크 값을 관측한 후 방전신호부에서 발생된 방전신호에 의해 커패시터를 방전시킨다. 방전 후에는 새로운 펄스파형이 들어오기를 기다려서 펄스가 들어올 경우 다시 충전을 시작해야 하므로 펄스의 전압피크치를 관측한 후 이를 신속하게 방전시켜 새로운 펄스파형을 충전시키는 일이 중요하다. 그런데 현실적으로 피크홀드를 일정한 시간동안 유지하여 그 값을 읽어낸 후 충전커패시터를 제 때에 방전하고 새로운 신호를 다시 충전시킨다는 것은 쉽지 않다. 대표적인 실제 회로도를 그림 3에 보였다.

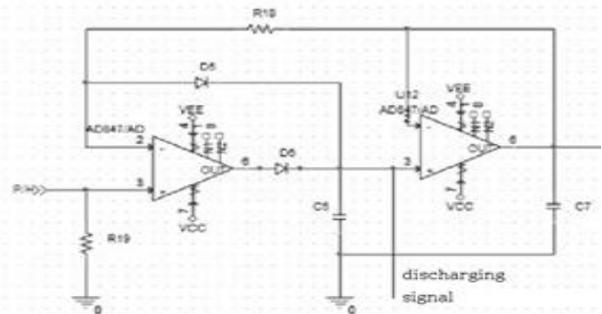


그림 3. 대표적인 P/H 회로
Fig. 3. Typical P/H circuit.

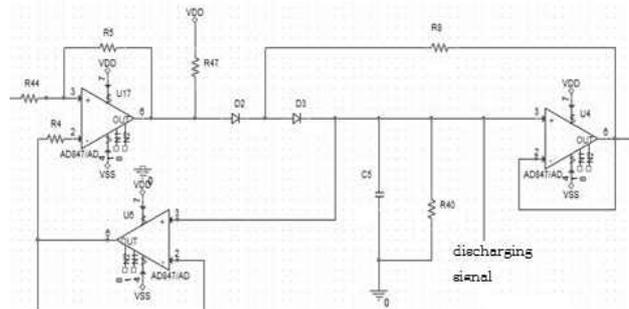


그림 4. 또 다른 P/H 회로
Fig. 4. Other P/H circuit.

한편 그림 4의 회로는 [5]에서 제시된 방법으로서 그림 3과 같은 기존의 피크 홀드 회로와 약간 다른 구성으로 사용되고 있다. 앞의 방법보다 다른 부분은 충전을 유지하기 위해 240 mA 정도의 대전류를 필요로 하고 있으나 충전 늘어짐(Droop) 현상을 해결하지 못할 뿐더러 기존회로와 마찬가지로 중첩파형에 대해서는 정확한 피크값을 판독하기 어려운 단점이 있다. 이처럼 기존의 피크홀드회로에서 제기되는 문제점을 정리해보면 다음과 같다.

- 커패시터에 충전되는 전하량의 전압은 커패시터의 용량에 반비례하므로 커패시터의 크기에 따라 충전 피크전압이 달라질 수 있다.
- 충전전압의 늘어짐 현상 때문에 커패시터가 정해진 시간 동안 피크전압을 일정하게 유지할 수 없다.
- 파형을 판독하기 위한 피크점 포착이 어렵다.
- 방전에 필요한 고속의 아날로그 스위치를 필요로 하며 μs 단위의 짧은 시간에 커패시터를 완전히 방전시키기가 어렵다.
- 하나의 신호를 처리하기 전에 후속 신호가 입력되는 경우 즉, $1\mu s$ 이하의 짧은 간격으로 파형이 중첩될 때, 뒤의 중복 파형까지 판독하는 것이 어렵다.

IV. 모의파형을 이용한 감마선 검출 시뮬레이션

본 논문에서는 그림 5와 같은 실제 파형에 가까운 모의파형을 만들어서 회로의 시뮬레이션에 사용하였다. 그림 1의 신호를 참고로 하여 신호 발생 후 피크치에 이르는 시간은 $0.25\mu s$ 전후, 파형의 폭은 $0.6\sim 1.2\mu s$, 파형의 크기는 $100\sim 360mV$ 로 하였다. 잡음의 크기는 $20mV$ 이하이다.

그림에서 ①번 파형은 작은 파형, ②번 파형은 큰 파형, ③번과 ④번은 짧은 시간간격으로 중첩되는 파형이며 ⑤번 파형은 중간크기의 파형이다.

이 신호를 그림 3과 그림 4에서 보인 기존의 P/H 회로에 적용하여 시뮬레이션한 결과는 그림 6과 같다. 단, 신호의 크기가 매우 작아서 그대로 신호처리하기에는 어려움이 있으므로 원래의 신호를 크게 증폭시켰다.

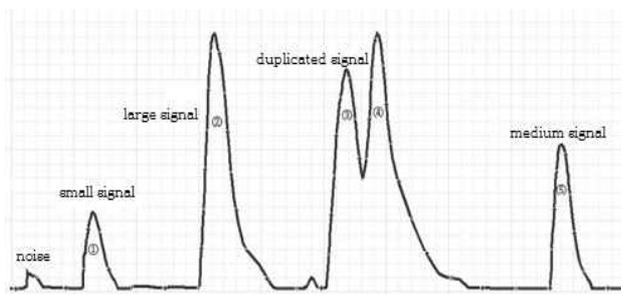


그림 5. 모의파형
Fig. 5. Simulation pattern.

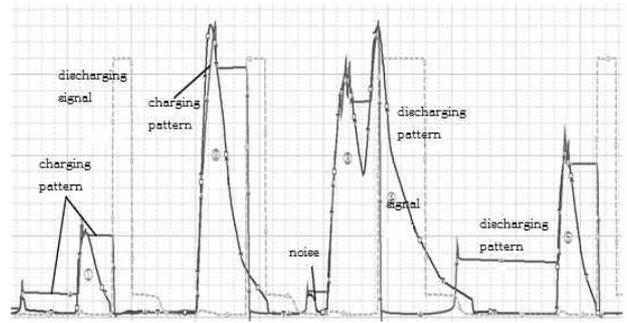


그림 6. 기존방식의 시뮬레이션 결과
Fig. 6. Simulation result of existing detection method.

이 그림에서 충전커패시터에 충전되는 파형을 살펴보면 ①번 파형의 경우 그 크기가 작아서 피크점에서 Overshoot 현상을 나타내다가 곧 피크치로 복귀하므로 점선으로 표시한 방전신호시에 이 값을 ADC에서 읽으면 된다. ②번 신호인 경우는 파형의 크기가 커서 충전전압이 신호전압을 정확하게 추종하지 못하고 있는데 이는 충전커패시터의 용량이 커서 피크치에 도달하는 시간이 늦기 때문이다. 그런데 충전전압이 피크치에서 홀딩을 하지 못하고 처지는 Droop 현상을 나타낸다. 이러한 현상 때문에 방전 신호시에 ADC가 충전전압을 읽게 되면 실제보다 작은 전압값을 읽게 된다. ③번 신호와 ④번 신호가 중첩되는 경우는 좀더 큰 문제를 일으킨다. ③번 신호의 경우 ②번의 경우와 마찬가지로 충전전압이 원래의 신호전압보다 늦게 따라가다가 피크치 이후로 충전전압의 늘어짐 현상에 의하여 실제값보다 작은 값을 표시하게 되는데 방전신호에 의해서 판독이 이루어진 후 방전되기 전에 후속 중첩신호인 ④번 신호에 의하여 다시 충전된다. 따라서 ③번 신호를 판독할 기회가 없어진다. ④번 신호는 ③번 신호가 완전히 방전된 상태에서 충전하는 것이 아니라 중간에서 다시 충전하게 되므로 단일파형의 피크치 도달시간보다 빨리 도착하게 되어 그 다음 방전을 하게 되므로 피크값을 읽지 못하게 된다. ⑤번 신호는 중간크기이므로 약간의 처짐 현상이 나타나게 된다. 단, 검출되는 감마선의 펄스 폭이 넓으면 이러한 문제점이 생기지 않는다.

V. 피크시각 포착 방식을 이용한 피크값 검출법

4장에서 모의파형을 이용하여 시뮬레이션해본 바와 같이 기존의 피크홀드를 이용하여 피크값을 검출하는 방식은 신호의 파형 주기가 짧을 경우 여러 가지 문제점을 표출한다. 그 중에서도 피크 전압을 정해진 시간동안 일정하게 유지시켜 어느 순간에 판독해 내는 것과, 판독 후 후속파형의 검출에 대비하여 충전커패시터를 짧은 시간동안 완전히 방전하는 문제, 그리고 중첩파형이 생기는 경우 이를 명확하게 구분하여 판독하기 힘든 어려움 등이 존재한다.

따라서 본 논문에서는 위와 같이 문제가 많은 피크홀더 및 검출회로를 사용하여 피크값을 포착하는 방법을 쓰지 않고 직

접 피크시점을 포착하여 디지털 처리과정에서 이 피크값을 읽는 방법을 제안한다. 즉, 입력신호를 직접 통과시키는 회로와 지연시켜 통과시키는 회로로 나누어서 두 신호의 크기를 비교함으로써 신호가 상승되어 피크치에 이른 후 하강할 시점을 비교회로로 포착하여 이 시점에서 신호를 판독하는 방법으로서 판독의 신뢰도와 정확성이 높다. 특히 두 개 이상의 신호가 겹치는 경우에도 이를 명확하게 구분하여 판독할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

기존의 방법과 다른 점을 살펴보면 기존의 피크홀더와 방전 신호회로 대신 피크시점을 포착하기 위한 회로를 개발하고 본래의 신호를 증폭시켜 잡음을 제거한 후 ADC로 보내서 피크시점에 피크포착신호를 발하여 이때 ADC가 피크치를 그대로 읽을 수 있도록 한 것이다.

이 방법은 주어진 짧은 시간동안 커패시터를 이용한 홀더회로에 충전하여 피크값을 읽은 후 그 값을 방전하여 다음 신호를 기다리는 불편이 없을 뿐더러 충전값의 처짐 현상이나 잡음 현상, 중첩신호를 구분하지 못하여 뒷신호를 검출하지 못하는 등의 문제를 해결할 수 있다. 즉, 충전상태를 완벽하게 보증하지 못하는 커패시터의 충전전압을 판독하는 것이 아니라 어느 특정 시각에서 신호의 피크값을 직접 읽기 때문에 오차나 검출의 실패 등이 없이 피크값을 그대로 판독할 수가 있는 것이다. 이와 같은 기능을 하는 기능 블록도를 그림 7에 보였다.

그림 7의 블록도에서 일단 PSPMT로부터 입력된 신호는 저주파필터(LPF ; low pass filter)를 거쳐서 주파수가 높은 잡음을 어느 범위 이하로 낮춘다. 그 다음에는 증폭부에서 입력신호를 필요한 크기의 신호로 증폭시킨다. 이 후 이 신호는 전송신호부와 피크시점포착부로 나뉘어 처리된다.

전송신호중에는 그래도 혹시 잡음이 남아있을 수 있으므로 증폭 후 어느 범위 이하의 신호는 잡음제거부에서 제거한다. 잡음을 대부분 제거한 파형을 신호출력부에서 처리하여 ADC(analog-to-digital converter)로 보낸다. 한편 증폭부를 통과한 또다른 파형은 포착시점의 정확도를 높이기 위해 본래의 신호를 미분기를 통하여 신호를 예리하게 성형한 후 피크값 전후에 파생되는 값을 제거하는 기생파 제거회로를 거치게 된다.

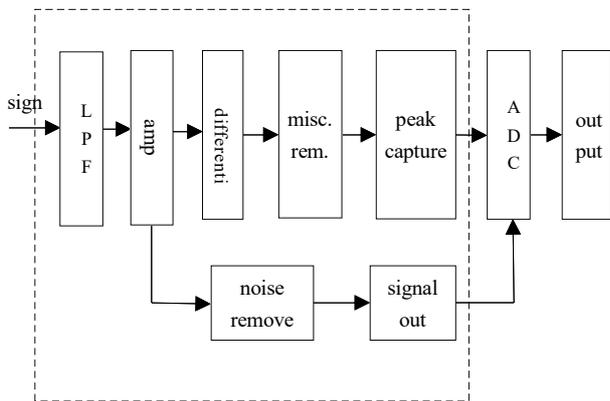


그림 7. 제안된 기능블럭도
Fig. 7. Proposed functional block diagram.

피크점 주위의 기생파가 제거된 신호는 피크시점 포착회로에서 피크시점을 잡기 위한 피크포착시각을 설정하게 된다.

VI. 개발된 신호처리회로의 구성

이러한 개념을 가진 감마선 검출기회로를 그림 8에 보였다. 그림 8(a)에서 보는 바와 같이 우선 저주파필터(LPF ; low pass filter)를 사용하여 잡음을 제거한다. 이 필터의 차단주파수 f_c 는

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_{16} C_4} \quad (1)$$

에 의하여 결정된다. 이 필터에 의하여 3MHz 이상의 주파수를 가진 잡음의 크기를 20% 이하로 감쇠시킨다. 증폭부에서는 검출된 파형의 입력파가 100~360 mV의 미약한 신호이므로 이를 비반전 증폭기를 이용하여 증폭시킨다. 이후로는 피크점을 포착하기 위한 부분과 입력신호를 ADC에서 처리하기에 적합한 파형을 형성하기 위한 부분으로 나눈다.

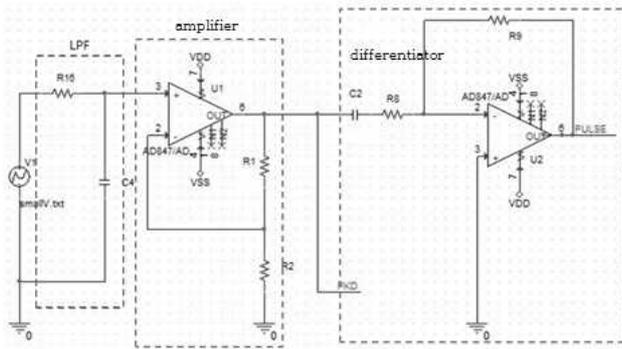
피크점 포착을 위한 부분에서는 우선 미분기를 통하여 입력신호를 예리한 파형으로 만들고 그 다음 일정 이하의 자잘한 기생파를 제거하기 위한 그림 8(b)의 기생파 제거회로를 거친다. 미분기에 의한 전압 v_o 는

$$v_o = -R_9 C_2 \frac{dv_i}{dt} \quad (2)$$

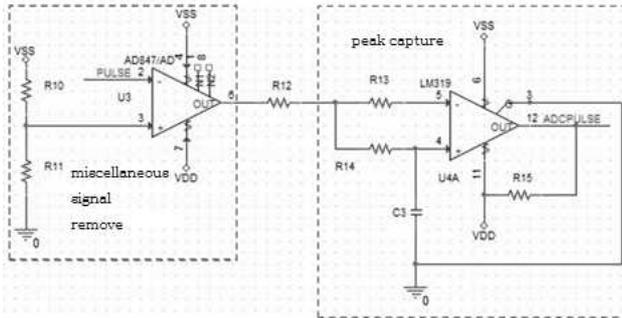
로 결정되며 여기서 v_i 는 미분기의 입력전압이다. 이 음의 전압이 기생파 제거회로에서 반전되면서

$$V_{ss} \times \frac{R_{11}}{R_{10} + R_{11}} \quad (3)$$

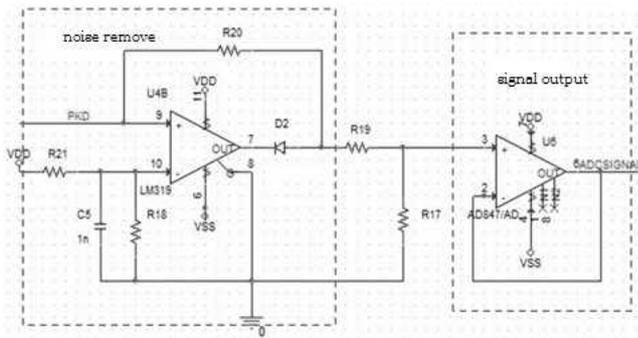
이하의 값이 제거되어 피크시점포착회로로 입력된다. 이 피크시점 포착회로는 그림 8(b)에서와 같이 비교기의 반전입력측은 저항만에 의한 신호의 직접입력 방식을 취하고 비반전입력측은 저항만에 의한 신호의 직접입력 방식을 취하고 비반전입력측은 R-C 회로를 구성하여 입력신호를 지연응답(delayed response)시키는 방식을 취한다. 따라서 입력신호가 상승시에는 반전입력측의 신호값이 비반전입력신호값보다 크므로 비교기의 출력이 Low 상태를 유지한다. 입력신호가 피크치에 도달하여 감소하기 시작하면 반대로 반전입력측은 급격하게 감소하는 반면 비반전입력측은 서서히 감소하기 때문에 비반전입력측의 값이 커지게 되어 비교기의 출력이 High가 된다. 즉 입력신호가 피크점을 통과하는 순간 비교기의 출력이 Low 상태에서 High로 반전되어 ADC로 전달되므로 ADC가 이 신호를 트리거 신호로 사용하여 입력신호를 포착할 수 있도록 해준다. (그림 9 참조)



(a)



(b)



(c)

그림 8. 제안된 회로
Fig. 8. Proposed circuit.

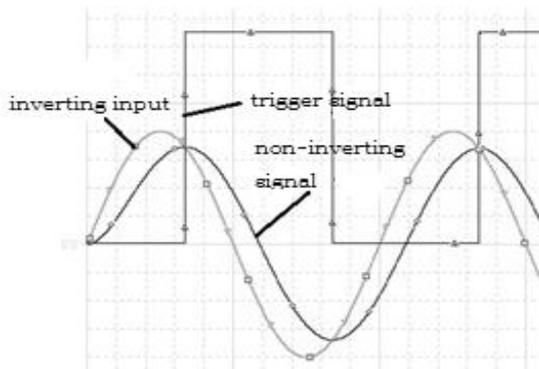


그림 9. 파형포착을 위한 트리거신호 발생 원리
Fig. 9. Trigger signal generation for pattern capture.

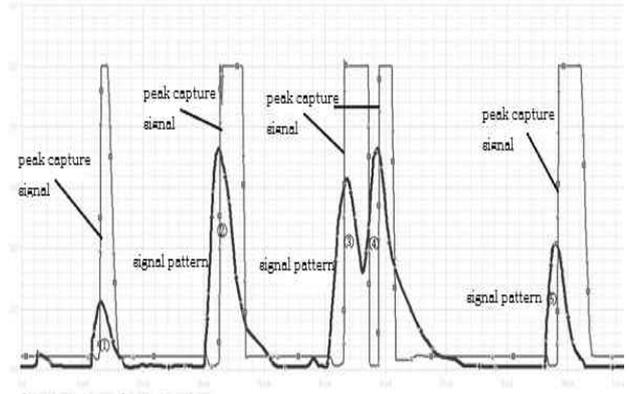


그림 10. 제안된 방식의 시뮬레이션 결과
Fig. 10. Simulation result of proposed method.

피크포착은 본래의 신호와 파생신호의 시차(time deviation)를 비교하여 그 두 신호의 크기가 반전되는 시점을 잡아내는 방법이므로 극히 미세하지만 포착점이 피크치에서 약간 뒤로 밀릴 수가 있으므로 이를 방지하기 위해 미분회로에서 출력신호 파형보다 위상을 약간 진상(leading)으로 해준다. 미분기 자체가 진상회로이므로 이 값을 조정해줄 수가 있다. 즉, 피크시각 포착회로에서 이렇게 피크시점을 잡되 본래의 전송신호보다 극히 조금 위상을 앞서게 하여 ADC로 전송하면 이 두 신호에 의하여 ADC에서 피크시점과 피크값을 정확하게 판독해낼 수 있다.

한편, 증폭기를 통과한 신호파형은 잡음제거부로 입력되어 일정전압 이하의 불요파형을 제거한다. 즉, 하한 제한회로를 통하여 예를 들면 0.5V 이하인 잡음을 제거한다.

잡음이 제거된 파형은 전압 팔로워인 버퍼를 통과하여 ADC로 전송된다. 이 버퍼는 출력신호가 반전입력으로 귀환되어 가상단락이 형성된다. 버퍼의 전압이득은 1로서 입력전압과 출력전압이 같으며 입력임피던스는 아주 커지고 출력임피던스가 아주 작아져서 결과적으로 입력된 신호가 고스란히 ADC로 전달되는, 아주 이상적인 인터페이스를 형성한다.

VII. 적용 결과

개발된 그림 8의 회로의 각 부품에 적합한 값을 주고 그림 5의 모의파형을 입력시켜 시뮬레이션한 결과는 그림 10과 같다. 이 그림에서 출력파형을 살펴보면 ①번신호, ②번신호, ④번신호, ⑤번신호는 정확하게 피크점에서 Low에서 High로 반전되는 포착신호가 동작한다. 중첩파형의 앞신호인 ③번신호의 경우 피크치에 비하여 0.1V 이하의 오차가 존재한다. 이 오차에 의한 상대오차는 약 2.5%로서 본래의 파형에 기생하는 파생파에 의한 오차보다 작다.

그림에서 보듯 잡음이라 할 수 있는 일정수위 이하의 신호에 대해서는 피크포착신호가 동작하지 않는다. 그러나 신호

가 가장 먼 곳에서 발생하는 ①번신호에 대해서는 그 크기가 잡음제거부에서 결정된 크기보다 크므로 피크포착신호가 정확히 동작하여 트리거신호역할을 한다. 중첩신호인 ③번신호와 ④번신호의 경우, 두 신호가 명확하게 구분되어 피크시점이 포착되었다. 두 개 이상의 중첩 파형에 대해서도 파형의 간격이 소자의 특성에서 규정한 동작범위보다 크다면 명확하게 구분할 수 있는 것이다. 이렇게 중첩파형을 구분할 수 있는 파형의 간격은 약 $0.1\mu s$ 이다. $0.1\mu s$ 이하의 간격으로 중첩되는 파형은 소자가 반응하는 응답 시간보다 작아서 구분할 수 없다.

VIII. 결 론

감마선이 존재하는 환경에서 감마선을 검출하여 판독하기 위한 회로가 필요하며 그동안 이에 관한 연구들이 있었다. 한 예로서 입력 신호의 값을 읽어내는 방법으로서 무작위로 발생하는 짧은 주기의 신호를 판독하기 위해 신호의 발생이 지속되는 시간동안 일정한 간격으로 그 각각의 값을 전부 읽어서 그 중 최대값을 찾아내는 소프트웨어적인 방법이 있으나 비효율적이다.

한편, 입력 신호의 피크값을 짧은 시간동안 일정하게 유지하여 그 값을 읽어내기 위한 회로를 이용한 하드웨어적인 여러 가지 방법이 있으나 이 또한 충전 형태가 불완전한 피크홀드를 이용해야 하며 피크값을 판독해낸 후 충전 소자를 초기 상태로 만들어서 다음 신호에 대비해야 하는 절차가 쉽지 않을 뿐더러, 파형이 겹치게 되는 중첩신호를 구분하여 판독해내는 방법이 어려운 등 문제점을 내포하고 있다.

본 연구에서는 위와 같이 소프트웨어적으로 발생 신호를 전부 읽어서 피크치를 찾아내는 방법이나 또는 하드웨어적으로 피크홀드 회로를 이용하여 피크치를 읽어내는 방법 대신 피크치에 도달하는 시각을 포착하여 이 시점에서 ADC가 신호값을 직접 읽어내도록 각 신호의 피크시점을 포착하여 그 값을 검출하는 회로를 연구, 개발하였다.

이러한 회로를 개발하고 실제로 회로의 특성에 맞는 소자의 값을 적용하여 시뮬레이션하였다. 개발된 회로를 적용하면 불필요한 잡음에 반응하지 않고 입력되는 감마선에만 반응하여 이를 판독할 수 있으며 특히 파형이 일정한 시간 내에

서 중첩되는 경우 이 중첩파를 명확하게 구분하여 판별할 수가 있다. 이러한 방법의 신뢰성을 높이려면 피크시점을 정확하게 포착하는 방법이 필요하며 매우 근접하여 중첩되는 신호를 효율적으로 구분하여 읽어내는 연구와 이에 맞는 고정밀도의 소자를 수배하여 사용하는 것이 필요하다.

Acknowledgments

이 연구는 산업통상자원부의 산업기술혁신/에너지기술개발/원자력핵심기술개발사업/원전용 소형 방사선 영상감시 시스템 개발 과제와 중소기업청의 중소기업융복합기술개발사업/분자영상기기용 아날로그 신호처리 및 신호보정 부품개발 과제의 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] J. M. Lee, Y. K. Kim, K. S. Park, J. M. Kim, K. S. Lee, and J. H. Joung, "Development of a spectrum analysis software for multipurpose gamma-ray detectors," *KOREAN SOCIETY OF RADIOLOGICAL SCIENCE*, Vol.33, No.1, pp. 51-59, 2010. 03
- [2] C. H. Hahn, I. G. Kim, S. T. Park, W. J. Kim, B. S. Moon, D. S. Yoo, S. Y. Ha, B. J. Ahn, Y. J. Ha, and C. Y. Jung, "First observation of signals Due to KAERI's 10MeV electron beam by using GEM detector," *Journal of Korean Physical Society*, Vol. 50, No. 4, pp. 961-976, Apr.2007
- [3] S. T. Park, C. H. Kim, D. S. Yoo, B.S. Moon, and K. W. Jang, "Fabrication of a GEM detector and its signal readout with a homemade readout board," *Journal of Korean Physical Society*, Vol.51, No.5, pp.1649-1653, Nov. 2007
- [4] D. K. Yoon, and W. H. Lee, "Development of signal process circuit for PSAPD setector", *KOREAN SOCIETY OF RADIOLOGICAL SCIENCE*, Vol.35, No.4, pp.315-319, Dec.2012
- [5] J. Melucas, "Precision peak detector uses no precision components," EDN network, pp.1-3, June2004.



김종호 (Jong-ho Kim)

1990년:명지대학교 자연과학대학 물리학과 (이학사),
1999년:명지대학교 자연과학대학 대학원 물리학과 (이학박사),
2000년 - 2005년 (주)세영엔지니어 부설연구소 연구소장,
2009년 - 현재 (주)우진엔텍 부설연구소 연구소장
※관심분야 : 제어계측, 원자력

1992년:명지대학교 자연과학대학 대학원 물리학과 (이학석사)
1997년 - 2000년:삼성전자 삼성생명과학연구소 연구원
2005년 - 2009년 한국방사선기술(주) 부설연구소 연구소장



권영목 (Young-mok Kwon)

1995년:동양공업전문대학교 전자공학과
2007~2009년: 한국방사선기술(주) 부설연구소 선임연구원
2009~현재: (주)우진엔텍 부설연구소 선임연구원
※관심분야 : 제어계측, 원자력

1999~2007년: 개교전자(주) 개발실 책임연구원
2012년:한국방송통신대학교 컴퓨터공학과(이학사)



홍형표 (Hyoung-pyo Hong)

2010년:국립한경대학교 정보제어공학과 (공학사)
2010~현재: (주)우진엔텍 부설연구소 선임연구원
※관심분야 : 제어계측, 원자력



최규식 (Gyu-shik Che)

1973년 서울대학교 공과대학 전기공학과 (공학사),
1993년 명지대학교 전기공학과 (공학박사),
1993년 ~ 2014 건양대학교 의공학과 교수,
2015~ 현재 (주)우진엔텍 고문
※관심분야 : 전자회로, 원자력

1983년 뉴욕공과대학 전기공학과 (공학석사)
1978년 ~1993년 한국전력기술 중앙연구소 책임연구원
2014~2015 맥스파워 연구소장