NGHIÊN CỨU GHÉP NỐI MẠCH PHÂN TÍCH BIÊN ĐỘ ĐA KÊNH VỚI VI MẠCH LATTEPANDA

NGUYỄN THANH HÙNG

Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội, km12, đường 32, phường Minh Khai, quận Bắc Từ Liêm, HN

Email: hungxom933@gmail.com

Tóm tắt: Là một thiết bị không thể thiếu trong việc ghi nhận sự phân bố cường độ bức xạ hạt nhân theo năng lượng, thiết bị phân tích biên độ đa kênh (MCA) được sử dụng rất phổ biến trong các lĩnh vực ghi đo bức xạ. Với mong muốn ứng dụng những sản phẩm công nghệ xử lý mới nhằm đơn giản hóa việc ghép nối, giao tiếp giữa các thiết bị phần cứng với nhau, qua đó giảm tải thời gian lập trình cũng như tăng tính năng cho các thiết bị hạt nhân dạng di động, nhóm thực hiện việc ghép nối mạch phân tích biên độ đa kênh với vi mạch LattePanda, các chương trình xử lý phổ được chỉ thị và điều khiển trực tiếp thông qua một màn hình cảm ứng 7 inch với các chức năng như trên máy tính PC. LattePanda là một vi mạch tích hợp hoàn chỉnh bao gồm một vi xử lý Intel x86 và một co-processor 8 bit có thể chạy trên nền hệ điều hành Windows 10 hoàn chỉnh với các chức năng tương đương với một chiếc máy tính cá nhân. Ngoài ra, sản phẩm ghép nối khả năng kết nối trực tiếp với một đầu đo phóng xạ nhờ được tích hợp thêm khối khuếch đại phổ, khối cao áp, khối nguồn nuôi tiền khuếch đại và khối nguồn nuôi dự phòng bằng pin Li-ion.

Từ khóa: Phân tích biên độ đa kênh, MCA, LattePanda.

1. MỞ ĐẦU

Đầu năm 2016 một dự án mang tên LattePanda được kêu gọi gây quỹ trên KickStater rất thành công với mục tiêu cho ra đời một máy tính nhúng đầu tiên có khả năng chạy được hệ điều hành Windows 10 một cách hoàn chỉnh. Điều làm nên sự thành công của dự án là sự mới lạ và tiềm năng của nó trong khả năng điều khiển và khả năng kết nối với các thiết bị ngoại vi so với các dòng máy tính nhúng sử dụng hệ điều hành Linux đang dần bão hòa trên thị trường. LattePanda là một vi mạch tích hợp sử dụng hai vi xử lý là Intel x86 Z8300 64 bit và co-processor 8 bit AtMega32u4. Việc tích hợp hai vi xử lý có thể làm tăng sự cồng cềnh với phần cứng nhưng bù lại phần mềm xử lý lại được

quản lý một cách triệt để nhất, một vi xử lý có nhiệm vụ thu nhận dữ liệu, kết nối với các cảm biến ngoại vi và một vi xử lý chỉ tập trung vào phần xử lý dữ liệu.

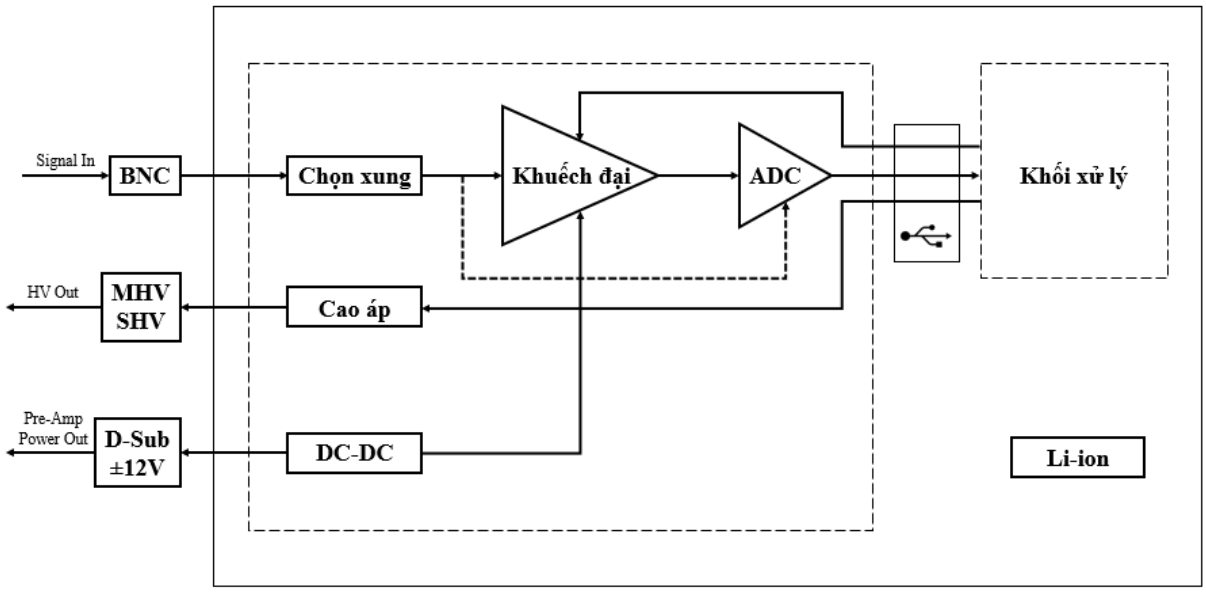
Các thiết bị phân tích đa kênh hiện nay rất đa dạng, với nhiệm vụ ghi nhận sự phân bố cường độ bức xạ theo năng lượng thì đây là thiết bị không thể thiếu trong các công việc liên quan đến ghi nhận và phân tích bức xạ. Thông thường, các thiết bị phân tích đa kênh ngoài phần mềm điều khiển ghi nhận thì còn một phần mềm liên quan đến việc xử lý dữ liệu trên máy tính PC. Có một số những thiết bị phân tích có khả năng xử lý và hiển thị phổ tại chỗ nhưng có thể chỉ hỗ trợ với một vài chức năng xử lý nhất định. Với lý do đó, nhóm thực hiện sẽ nghiên cứu ghép nối trực tiếp mạch phân tích biên độ đa kênh với vi mạch LattePanda, tận dụng sức mạnh xử lý trên hệ điều hành Windows 10 để xây dựng phần mềm xử lý với các chức năng tương đương như trên máy tính cá nhân. Đồng thời, nhằm tăng tính di động cho sản phẩm, sản phẩm sẽ được tích hợp thêm một số các khối chức năng cơ bản như khối khuếch đại phổ, khối cao áp, khối nguồn nuôi tiền khuếch đại và khối nguồn nuôi dự phòng.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

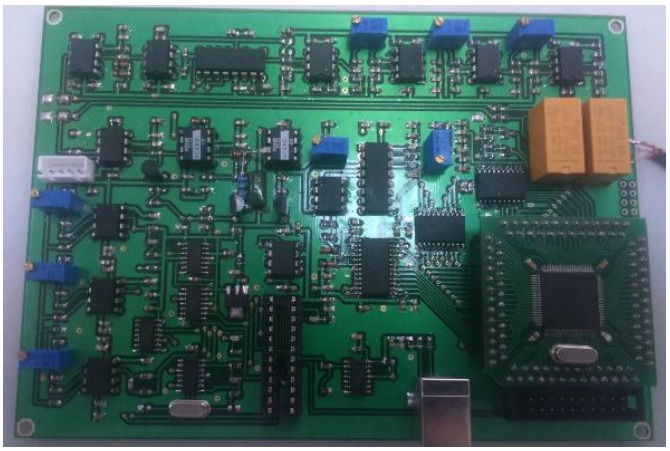
2.1.1. Phần cứng

Với mục tiêu là xây dựng một bộ sản phẩm ghép nối mạch phân tích biên độ đa kênh với vi mạch LattePanda. Sản phẩm có khả năng kết nối trực tiếp với đầu đo phóng xạ thông qua các cáp kết nối chuẩn BNC, D-Sub 9, SHV hoặc MHV. Dưới đây là sơ đồ khối của hệ ghép nối:



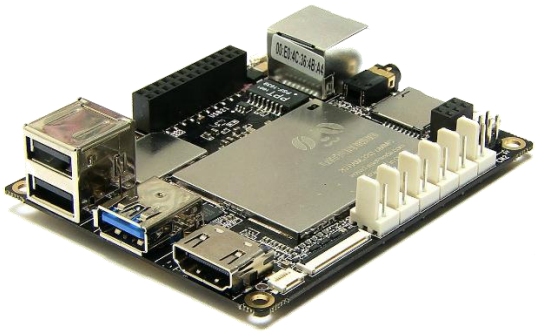
Hình 1: Sơ đồ khối ghép nối

- Khối cao áp: Cung cấp cao áp dương có điều khiển cho đầu đo phóng xạ. Điện áp điều khiển nằm trong khoảng 0÷1,5KV 0.5mA và được kết nối qua hai jack MHV hoặc SHV;
- Khối nguồn nuôi tiền khuếch đại: Cung cấp nguồn điện một chiều ±12V 0.15A cho tiền khuếch đại của đầu đo phóng xạ thông qua jack D-Sub 9 Pin với biên độ V_{p-p} là <50 mV;
- Khối lựa chọn xung: Khối sử dụng hai relay tín hiệu điều khiển hướng đi của tín hiệu vào và cực tính của tín hiệu cần phân tích. Nếu tín hiệu lối vào là từ lối ra của tiền khuếch đại thì tín hiệu này sẽ đi qua khối chọn cực tính, cực tính có thể là xung dương hoặc xung âm, sau đó mới đến khối khuếch đại phổ. Ngược lại, nếu tín hiệu lối vào là chuẩn xung Gauss từ khối khuếch đại phổ bên ngoài thì tín hiệu này sẽ được đưa thẳng vào khối ADC để số hóa tín hiệu;
- Khối khuếch đại phổ: Khối có nhiệm vụ khuếch đại tín hiệu lối vào và cho ra dạng xung chuẩn Gauss với hệ số khuếch đại có thể thay đổi biên độ từ 0÷200%.
- Khối ADC: Khối có nhiệm vụ số hóa tín hiệu xung Gauss cho vi xử lý phân tích. Khối sử dụng Fast ADC 4K data với thời gian biến đổi mỗi chu trình là 500 ns.



Hình 2: Khối chọn xung, khuếch đại phổ và MCA

– Khối xử lý: Sử dụng vi mạch LattePanda để xây dựng phần mềm xử lý phổ, điều khiển hiển thị trực tiếp lên màn hình cảm ứng LCD 7 inch. LatteaPanda được trang bị một số các chuẩn kết nối cơ bản sau:



Hình 3: Vi mạch LattePanda

  - Ethernet Giabit x1;
  - USB 2.0 x2; USB 3.0 x1;
  - SDCard; HDMI; GPIO Intel & AtMega32u4; …

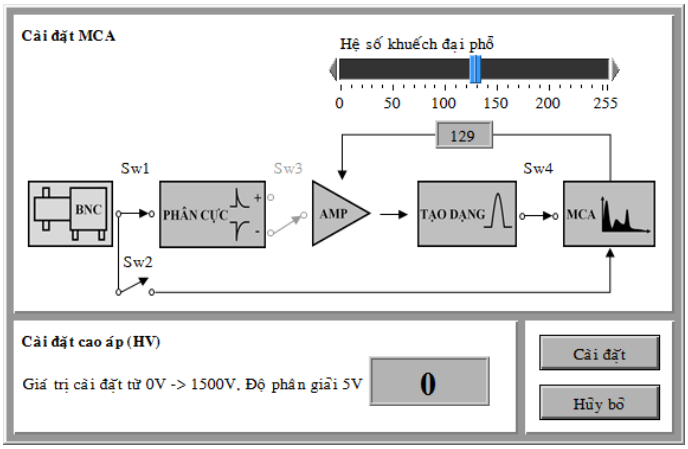
– Khối nguồn Pin dự phòng Li-ion: Sử dụng ic điều khiển quá trình sạc xả HY32D cho phép điều khiển hai cell pin nối tiếp điện áp 7,2V với dòng xả tối đa là 10A.

Sau khi lựa chọn nguồn cấp và cực tính của tín hiệu, tín hiệu sẽ khuếch đại và tạo dạng xung chuẩn Gauss rồi đưa vào khối lấy mẫu và giữ đỉnh cho ADC phân tích trong khoảng thời gian là 500 ns. Sau mỗi chu trình biến đổi, dữ liệu được lưu trữ vào bộ nhớ flash và sẵn sàng cho quá trình phân tích tiếp theo. Toàn bộ dữ liệu số hóa ADC được truyền đến vi mạch LattePanda để xử lý thông qua giao thức USB CDC với tốc độ tối đa 12 Mbits/s, dữ liệu sau khi xử lý được hiển thị và điều khiển trực tiếp qua màn hình cảm ứng LCD 7 inch.

2.1.2. Phần mềm

Về cơ bản chương trình xử lý phổ bao gồm các chức năng chính sau: Điều khiển hoạt động của MCA, đọc và hiển thị phổ năng lượng, làm trơn phổ, trừ phông, chuẩn năng lượng, tính diện tích đỉnh, tìm đỉnh phổ và nhận diện đồng vị phóng xạ.

- Lựa chọn nguồn xung cho MCA: Chương trình con này cho phép người sử dụng có thể lựa chọn nguồn xung cho bộ MCA phân tích, nguồn xung có thể từ khối tiền khuếch đại hoặc từ xung chuẩn Gauss bên ngoài. Đồng thời cho phép điều khiển hệ số khuếch đại xung và khối cao áp cung cấp cho đầu đo phóng xạ bên ngoài.



Hình 4: Giao diện cài đặt nguồn cấp xung và cao áp

- Làm trơn phổ: Do bản chất thống kê của quá trình phân rã phóng xạ và quá trình ghi nhận mà tại một kênh trên phổ số đếm sẽ là một đại lượng ngẫu nhiên thăng giáng xung quanh giá trị thực. Để hạn chế thăng giáng trong quá trình ghi nhận cần tiến hành làm trơn phổ. Số đếm ghi nhận được tại mỗi kênh đều có liên quan nhất định đến các kênh xung quanh, để giảm bớt thăng giáng có thể dựa vào số đếm của các kênh này. Một khoảng nhỏ của phổ có thể coi xấp xỉ đa thức. Giá trị của đa thức và đạo hàm của nó có thể xem là một hàm của số đếm:

$$Y_{n,m}(i) = \frac{1}{N_{n,m}} \sum_{k=-m}^{m} C_{k,n,m} Y(i+k)$$

Trong đó:

- $Y_{n,m}(i)$: là đạo hàm bậc n của phổ đã được làm trơn tại kênh thứ i;
- $Y(i+k)$: là số đếm tại kênh thứ $i+k$;
- $C_{k,n,m}$ và $N_{n,m}$ là các hằng số;
- $m' = 2m + 1$ là số điểm thực được sử dụng để khớp hàm đa thức.

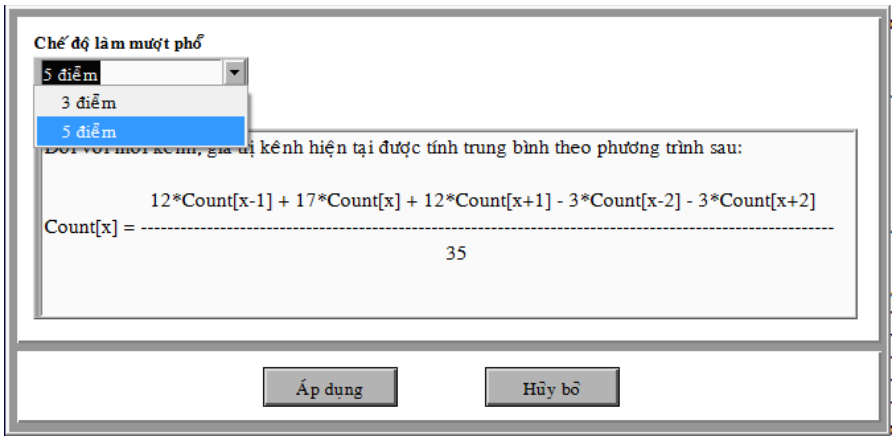
Khi $n = 0$ tức là phổ đã được làm trơn. Trong thực tế, việc lựa chọn số điểm khớp đa thức phụ thuộc vào phổ của từng loại phổ kế. Nếu số điểm làm thực nghiệm cao, các đỉnh phổ nhỏ có thể bị làm phẳng, còn nếu thấp, việc làm trơn phổ lại không có tác dụng. Chương trình phần mềm được tích hợp sẵn hai chương trình tùy chọn cho người sử dụng trong quá trình làm trơn phổ.

- Sử dụng 3 điểm:

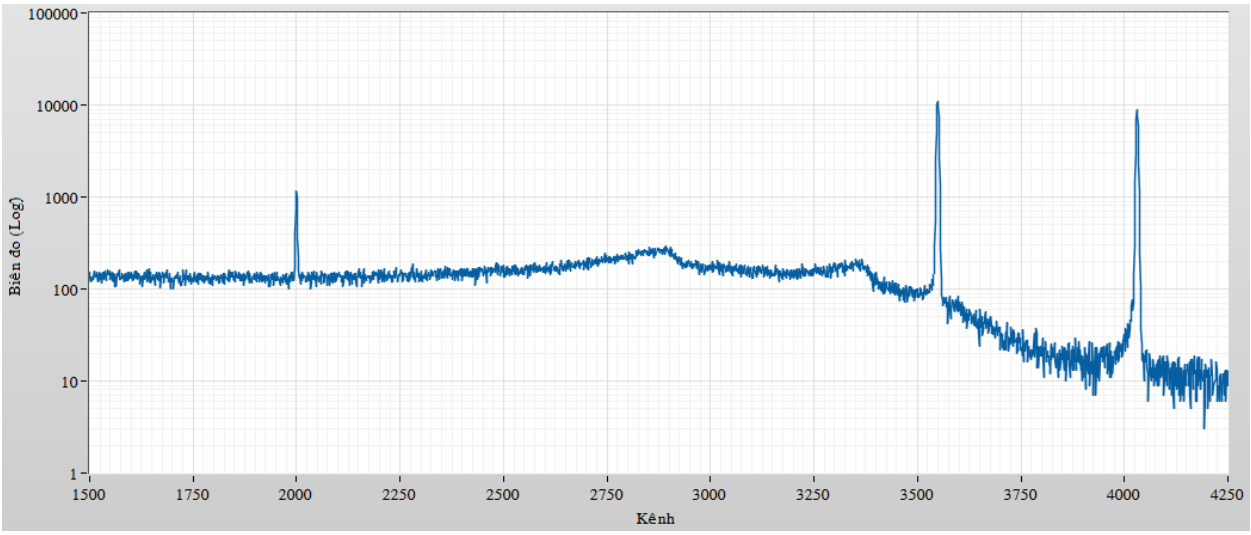
$$Count[x] = \frac{X[x-1] + X[x] + X[x+1]}{3}$$

- Sử dụng 5 điểm:

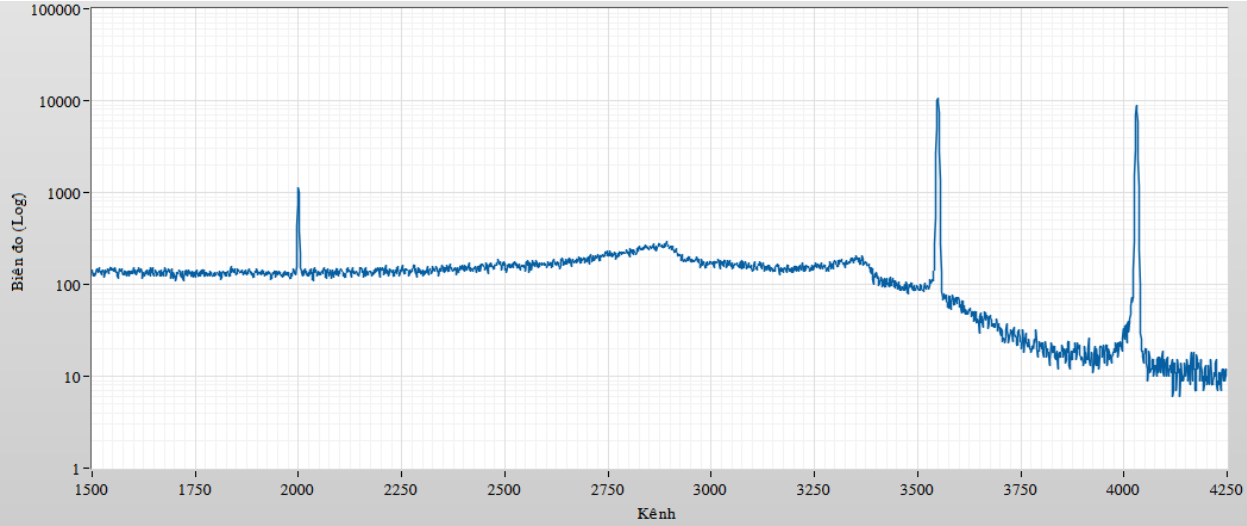
$$Count[x] = \frac{-3(X[x-2] + X[x+2]) + 12(X[x-1] + X[x+1]) + 17X[x]}{35}$$



Hình 5: Giao diện làm mượt phổ



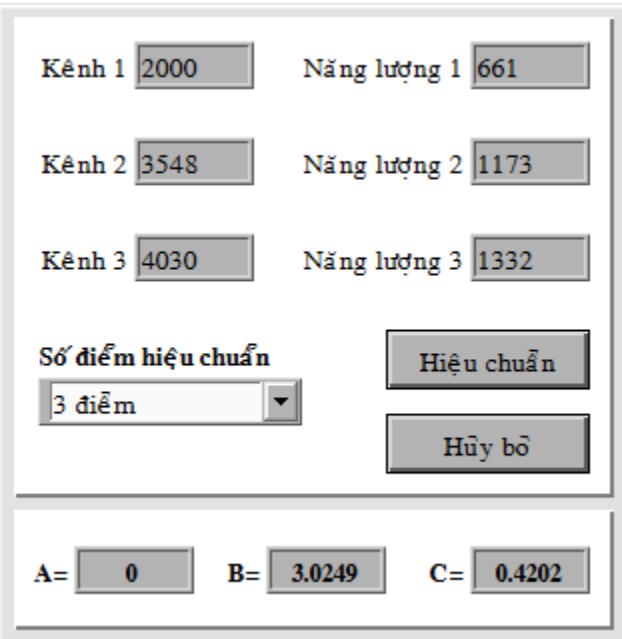
Hình 6: Phổ trước khi làm mượt



Hình 7: Phổ sau khi làm mượt

- **Chuẩn năng lượng:** Việc khớp hàm chuẩn năng lượng được thực hiện thủ công trên giao diện phần mềm bởi người sử dụng. Hàm chuẩn năng lượng được khớp theo đa thức bậc 2:

$$E = \boldsymbol{A}Chn^2 + \boldsymbol{B}Chn + \boldsymbol{C}$$



Hình 8: Giao diện chuẩn năng lượng

- **Chuẩn độ phân giải:** Tương tự như chuẩn năng lượng, việc chuẩn độ phân giải góp phần nâng cao độ chính xác của việc tính toán diện tích đỉnh và xác định các đỉnh chồng chập. Hàm chuẩn độ phân giải cũng được thực hiện thủ công trên giao diện của người sử dụng. Hàm chuẩn năng lượng được khớp theo hàm sau:

$$FWHM = \boldsymbol{A}E^2 + \boldsymbol{B}E + \boldsymbol{C}$$

- Thuật toán xác định diện tích đỉnh: Giả thiết phông nền được biểu diễn theo hàm tuyến tính, khi đó diện tích đỉnh S của đỉnh tín hiệu và phương sai được xác định theo phương pháp xấp xỉ đỉnh toàn phần:

$$S = \sum_{i=-(k-1)}^{k-1} n(i) - \left(k - \frac{1}{2}\right)[n(K) + n(-K)]$$

$$V = \sum_{i=-(k-1)}^{k-1} n(i) + \left(k - \frac{1}{2}\right)^2 [n(K) + n(-K)]$$

Trong đó:

- i là số hiệu kênh liên quan tới tâm đỉnh
- $n(i)$ là biên độ kênh thứ i
- $2K + 1$ là số kênh trong khoảng lấy tích phân.

Để xác định tính chính xác của chương trình tính diện tích đỉnh, nhóm so sánh với phổ được ghi nhận bởi đầu đo bán dẫn HPGE được đặt tại phòng thí nghiệm của trường ĐHKHTN – ĐHQGHN bởi phần mềm Gamma Vision phiên bản 6.0. Dưới đây là kết quả so sánh của hai chương trình xử lý.

Nguồn	**Năng lượng (KeV)**	**Gamma Vision**		**Thuật toán xây dựng**		**Tỷ lệ**
		$\boldsymbol{S}$ **(CPS)**	$\boldsymbol{\Delta S}$ **(CPS)**	$\boldsymbol{S}$ **(CPS)**	$\boldsymbol{\Delta S}$ **(CPS)**	
Cs-137	661	5.31	0.10	5.23	0.42	1.015
Co-60	1173	74.16	0.31	79.05	4.22	0.938
	1332	64.68	0.27	68.08	3.37	0.950
Co-57	122	157.37	1.23	130.45	5.95	1.206
	136	18.04	0.43	16.16	0.65	1.116

- Thuật toán tìm đỉnh phổ tự động: Việc xác định đỉnh phổ trong phổ năng lượng là công việc đầu tiên nhưng rất quan trọng trong quá trình xử lý phổ hạt nhân. Việc xác định số đỉnh cũng như vị trí đỉnh làm giúp các quá trình sử lý tiếp theo không bị bỏ sót các thông tin quan trọng về phổ. Việc xác định đỉnh phổ có nhiều phương pháp, mỗi phương pháp có những ưu nhược điểm riêng như: phương pháp cực đại, phương pháp đạo hàm và vi phân bậc nhất, phương pháp biến đổi vi phân bậc hai suy rộng, phương pháp vi phân bậc 2, … Trong khuôn khổ đề tài, nhóm sử dụng phương pháp vi phân bậc nhất:

Giả sử đỉnh phổ cần tìm có dạng Gauss:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Trong đó:

- σ là phương sai hàm Gauss
- μ là trọng tâm hàm Gauss

Lấy đạo hàm của hàm $G(x)$ theo x:

$$G'(x) = \frac{\mu - x}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

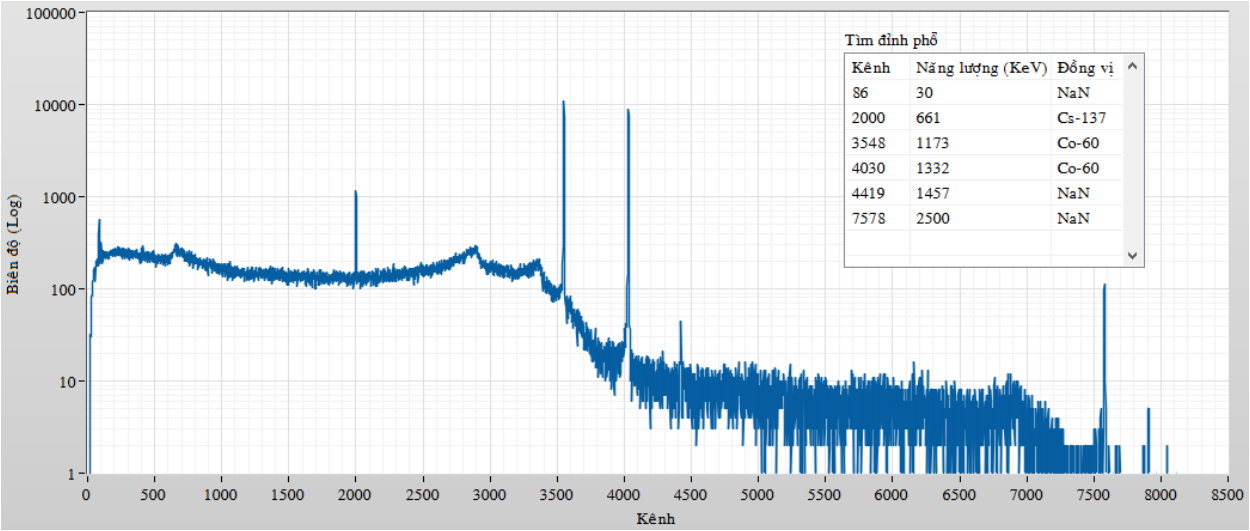
Nhận thấy đạo hàm bậc nhất của hàm Gauss nhận giá trị 0 khi $x = \mu$ và nhận giá trị dương khi $x < \mu$, giá trị âm khi $x > \mu$. Đạo hàm bậc nhất của đỉnh phổ thay dấu ở chóp của đỉnh. Khi đó giá trị vi phân của vùng đỉnh cho phổ rời rạc có thể lấy:

$$Y'(i) = Y(i+1) - Y(i)$$

Để xác định vị trí đỉnh phổ, một nhóm kênh đỉnh được lựa chọn sao cho đạo hàm bậc nhất của phổ đã được làm trơn phải thỏa mãn các tiêu chuẩn:

$$\begin{cases} Y'(p) \leq 0 \\ Y'(p+i) < 0 \\ Y'(p-i) > 0 \end{cases}$$

Việc lựa chọn khoảng chạy phụ thuộc vào khả năng phân giải năng lượng của hệ phổ.



Hình 9: Giao diện chương trình tự động xác định vị trí đỉnh phổ

2.2. Kết quả

Nhóm thực hiện về cơ bản đã hoàn thành việc nghiên cứu thiết kế thiết bị phân tích phổ kế gamma sách tay với những thành phần cơ bản sau:

- Phần cứng:
  - Khối phân tích biên độ đa kênh MCA:
    - Độ phân giải: 4K kênh;
    - Dung lượng mỗi kênh: 4 Bytes (~4,294,967,295 số đếm);
    - Thời gian biến đổi < 5 μs (< 200,000 CPS);
    - Độ phi tuyến tích phân: 0.022%;
    - Độ phi tuyến vi phân: 1.44%.
  - Cao áp: Cung cấp điện áp cao có điều khiển từ 0÷1.5KV 0.5mA;
  - Nguồn nuôi tiền khuếch đại: Cung cấp nguồn đối xứng ±12V 0.15A nhiễu < 50 mVp-p;
  - Thiết bị chạy trên nền tảng Windows 10, hiển thị dữ liệu trực tiếp lên màn hình LCD 7 inch, các chức năng tương đương như trên máy tính PC;
  - Sử dụng nguồn nuôi bằng pin Li-ion 18650 7.2V 7200 mAh với thời gian sử dụng tối thiểu là 6 giờ.
- Phần mềm:
  - Phần mềm điều khiển thiết bị và xử lý phổ được được xây dựng trên phần mềm LabVIEW chạy trên nền tảng Windows 10;
  - Chương trình xử lý được tích hợp các chương trình đọc và hiển thị phổ năng lượng, làm trơn phổ, trừ phông, chuẩn năng lượng, tính diện tích đỉnh, tìm đỉnh phổ và nhận diện đồng vị phóng xạ;
  - Tùy chọn nguồn xung và cực tính của xung vào phân tích bằng phần mềm;
  - Hỗ trợ điều khiển biên độ khuếch đại xung vào và điều khiển cao áp bằng phần mềm.

Sản phẩm ghép nối có thể kết nối trực tiếp với đầu đo phóng xạ, ghi nhận và xử lý phổ tại chỗ với các tính năng xử lý như trên máy tính PC, ngoài ra, sản phẩm cũng được trang bị nguồn nuôi dự phòng bằng pin Li-ion qua đó tăng tính di động cho sản phẩm kết nối.

RESEARCHING ON JOINING OF MCA CIRCUIT WITH LATTEPANDA CIRCUIT

Abstract: Multi-channel Analyzer (MCA) is widely used in the field of radiation measurement, which is used to record the distribution of radiation intensity by nuclear energy. Desire to apply new processing technology products to simplify the pairing, communication between hardware devices, thereby reducing program load time as well as increasing the effciency of nuclear devices, we have paired the MCA with LattePanda, spectrum processing programs are controlled and displayed directly through the LCD touch screen 7 inch with the same functions as on a PC. LattePanda is a fully integrated processor including an Intel x86 processor and an 8 bit processor that runs on full Windows 10 operating systems with functions comparable to a computer. In addition, the coupling device connects directly to a detector buy adding a amplifier block, a high voltage block, a pre-amplifier power supply and a li-ion battery backup power supply.

Keywords: Multi-channel Analyzer, MCA, LattePanda.