

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY PHÁT HIỆN NHIỄM BẮN PHÓNG XẠ BỀ MẶT

ĐỖ THỊ THU NGÀ, VÕ VĂN TÀI

Phòng Điện tử Lò phản ứng, Trung tâm Lò phản ứng, Viện Nghiên cứu hạt nhân

Email: xuanthuongdl@yahoo.com

Tóm tắt: Máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt được thiết kế, chế tạo tại phòng Điện tử Lò phản ứng – Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, gồm 5 kênh đo: tay trái, tay phải, chân trái, chân phải và toàn thân với các đặc trưng kỹ thuật sau:

➤ Detector: Ống đếm Geiger-Muller Pancake LND7313. Đường kính 44.5mm, cửa sổ mica có mật độ 1.5 - 2mg/cm² có thể phát hiện bức xạ alpha, beta, gamma.

➤ Diện tích vùng nhạy: Tay (2 detector): 31.09cm², diện tích mở: 28.84cm²; chân (3 detector): 46.63cm², diện tích mở: 26.43cm²; toàn thân (2 detector): 31.09cm², diện tích mở: 28.84cm²;

➤ Hiệu suất (cấu trúc hình học 4pi): Điện hình: 4% - C¹⁴; 19% - Cs¹³⁷; 20% - Sr⁹⁰-Y⁹⁰; 12% - Tc⁹⁹.

➤ Hiện thị: Màn hình LCD 11 inch.

➤ Máy phát hiện nhiễm bẩn bề mặt cho phép người sử dụng thay đổi ngưỡng đặt cảnh báo và thời gian đo từ bàn phím.

➤ Dải hoạt động: CPS: 0.5 - 10,000; mR/hr: 0.01 - 300; μSv/hr: 0.1 - 3,000

➤ Độ nhạy: 60 cps/mR/hr tham khảo với nguồn Co⁶⁰.

➤ Dải nhiệt độ: Từ - 40°C đến +75°C.

➤ Cảnh báo bằng âm thanh và ánh sáng khi giá trị đo vượt ngưỡng đặt.

➤ Nguồn nuôi: 220VAC/50Hz.

Tuy nhiên, việc hiệu chuẩn thiết bị đang tiếp tục được tiến hành.

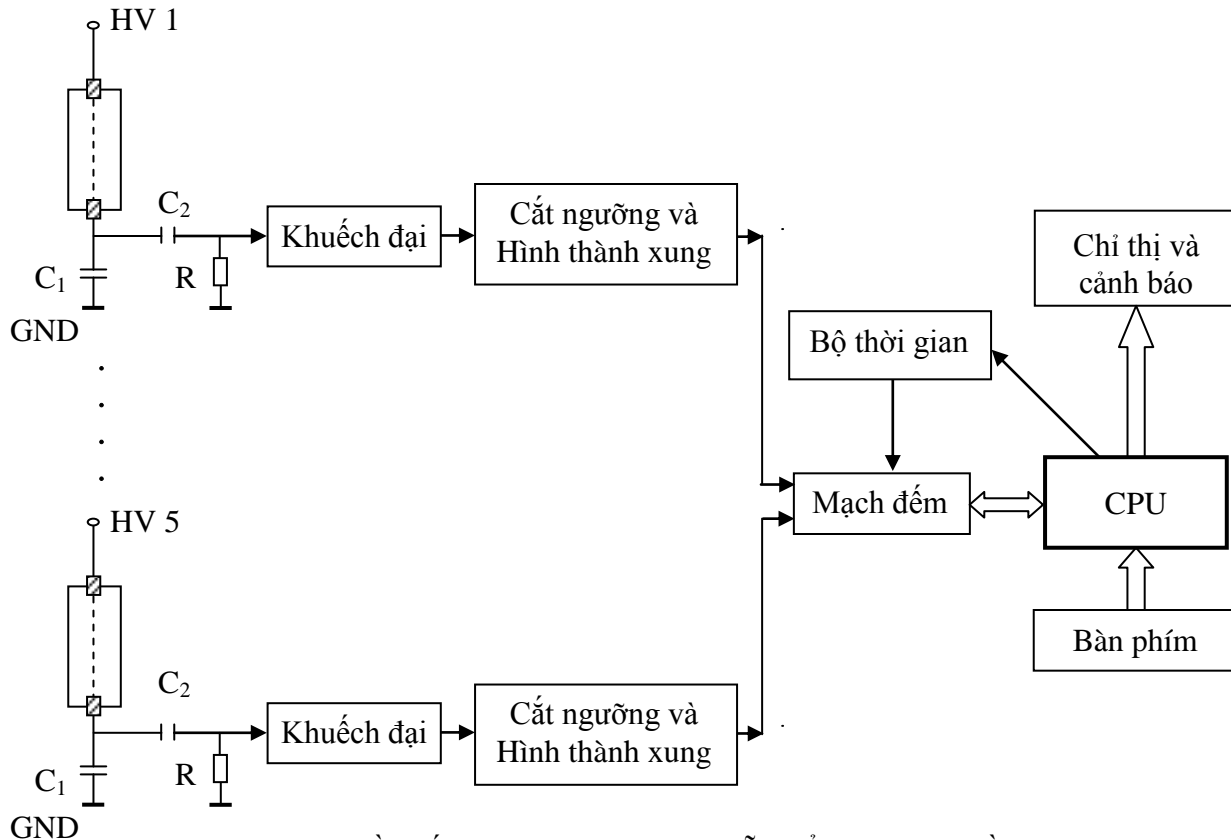
MỞ ĐẦU

Theo dõi nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt cho nhân viên làm việc trong các cơ sở bức xạ như Viện Nghiên cứu hạt nhân là rất quan trọng. Trong khi đó giá thành nhập ngoại của các thiết bị này rất cao. Do điều kiện kinh phí có hạn và nhu cầu sử dụng lớn, việc chủ động nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt là rất cần thiết.

Hiện nay, các thiết bị kiểm soát nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt được thiết kế, chế tạo dựa trên hai loại detector: ống đếm chứa khí (thường là G-M) và detector nhấp nháy (thường là dạng tinh thể). Đề tài này, chúng tôi nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt dựa trên loại detector G-M Pancake.

NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG

Sơ đồ khối của máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt được trình bày như hình 1. Máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt sử dụng ống đếm Geiger-Muller Pancake LND7313 thực hiện chức năng phát hiện và ghi nhận bức xạ. Thiết bị gồm 5 kênh đo: tay trái, tay phải, chân trái, chân phải và toàn thân. Mỗi kênh được nuôi bằng một nguồn cao thế độc lập. Tín hiệu từ detector của 5 kênh đo đưa đến 5 mạch khuếch đại và hình thành xung. Mạch này sẽ khuếch đại tín hiệu, cắt ngưỡng tạp âm và hình thành xung chuẩn TTL. Xung chuẩn TTL tiếp tục được truyền đến card đếm ghép nối với máy tính theo chuẩn ISA để đếm số xung phóng xạ và truyền dữ liệu vào máy tính. Chương trình thu nhận và biểu diễn thông tin phát triển trên ngôn ngữ lập trình Pascal sẽ so sánh số xung nhận vào từ card đếm với giá trị ngưỡng đặt cảnh báo (được đặt từ bàn phím), tính toán suất liều và hiện thị kết quả phép đo trên màn hình LCD 11 inch. Trường hợp số xung phóng xạ lớn hơn ngưỡng đặt cảnh báo, thiết bị sẽ phát ra tín hiệu cảnh báo bằng âm thanh và ánh sáng.



Hình 1: Sơ đồ khối của máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt.

1. Thiết kế, chế tạo phần cứng

1.1. Nguồn nuôi thế thấp +5VDC/100mA và ±12VDC/1A

Chức năng:

- ❖ Nguồn +5VDC/100mA cấp nguồn nuôi cho 5 mạch khuếch đại và hình thành xung.
- ❖ Nguồn ±12VDC/1A cấp nguồn nuôi cho 5 mạch nguồn nuôi cao thế.

Số lượng: 1 bo mạch

Đặc trưng kỹ thuật:

- Thế vào: 220VAC - 50 Hz.
- Thế ra: +5VDC/100mA và ±12VDC/1A
- Độ mấp mô với dòng tải 500mA như sau:
 - Nguồn +5VDC: 15mV;
 - Nguồn ± 12VDC: 10mV

1.2. Nguồn nuôi cao thế

Chức năng: Cấp nguồn nuôi cho 14 detector.

Số lượng: 5 bo mạch

Đặc trưng kỹ thuật:

- Nguồn nuôi: ±12VDC/100mA.
- Thế ra thay đổi từ 0VDC đến 1000VDC.
- Dòng tải: 0.5mA.
- Độ trôi nhiệt độ: ±0.05% trong 1 ngày (24giờ).
- Dải nhiệt độ làm việc: 0°C đến 50°C.
- Độ mấp mô: 20mV_{p-p}.

1.3. Mạch khuếch đại và hình thành xung

Chức năng: Khuếch đại tín hiệu xung phóng xạ tại lối ra của detector, cắt ngưỡng để loại bỏ tạp âm và hành thành xung chuẩn TTL.

Số lượng : 5 bo mạch

Đặc trưng kỹ thuật:

- Nguồn nuôi: +5VDC.
- Ngưỡng cắt tạp âm: 1.255VDC.
- Xung lối ra là xung chuẩn TTL có độ rộng: 10 μ s

2. Viết chương trình thu nhận và biểu diễn thông tin

Chương trình thu nhận và biểu diễn thông tin cho hệ Đo nhiễm bắn phóng xạ được phát triển trên ngôn ngữ Pascal. Khi hệ đo được cấp nguồn nuôi, chương trình sẽ hoạt động như sau:

- Thiết lập chế độ đo họa.
- Vẽ giao diện hiển thị kết quả đo của 5 kênh đo.
- Thiết lập chế độ Timer.
- Thiết lập chế độ Counter.
- Xóa tất cả các bộ đếm đưa hệ về trạng thái sẵn sàng đếm xung ở lối vào bộ đếm.
- Trường hợp không đối tượng (người sử dụng), hệ sẽ tự động đo phóng xạ trong thời gian 10s và liên tục cập nhật giá trị này.

➤ Khi có đối tượng đo, người sử dụng phải nhấn phím '+', chương trình sẽ đo số xung phóng xạ trong khoảng thời gian 10s.

- Tính toán và hiển thị kết quả đo.

- Giả sử N_1 là số xung đo phóng trong khoảng thời gian 10s.

N_2 là số xung đo tổng trong khoảng thời gian $t(s)$ nào đó.

Gọi R là tốc độ đếm trung bình của xung phóng xạ thực trong 1 giây.

Như vậy:

$$R \left[\frac{\text{xung}}{s} \right] = \frac{N_2}{t} - \frac{N_1}{10}$$

Suất liều phóng xạ được tính toán theo công thức sau:

$$\text{Suất liều } (\mu\text{Sv/h}) = \text{Tốc độ đếm trung bình (cps)} \cdot K \quad (1)$$

Từ biểu thức (1) suy ra đơn vị của K là: $\mu\text{Sv/h/cps}$.

Hệ số chuyển đổi K được rút ra từ thực nghiệm tùy thuộc vào hiệu suất ghi của đầu dò và sơ đồ mạch điện tử thiết kế cho thiết bị. Vì vậy, ứng với mỗi kênh đo thì ta có hệ số chuyển đổi sẽ khác nhau.

Chương trình sẽ so sánh suất liều đo được với ngưỡng đặt cảnh báo.

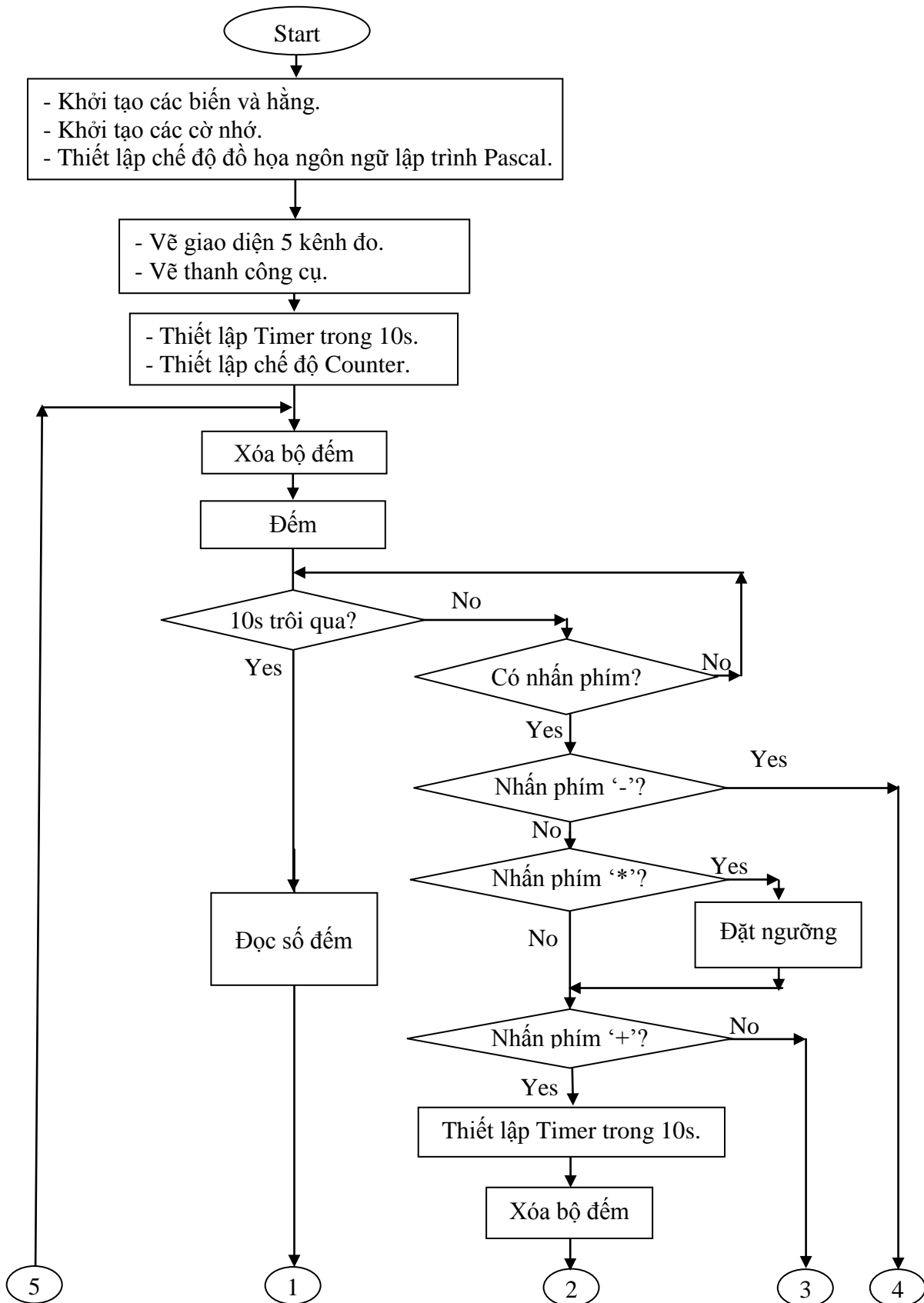
➤ Trường hợp giá trị suất liều đo được nhỏ hơn ngưỡng đặt cảnh báo, màn hình sẽ hiện đèn xanh.

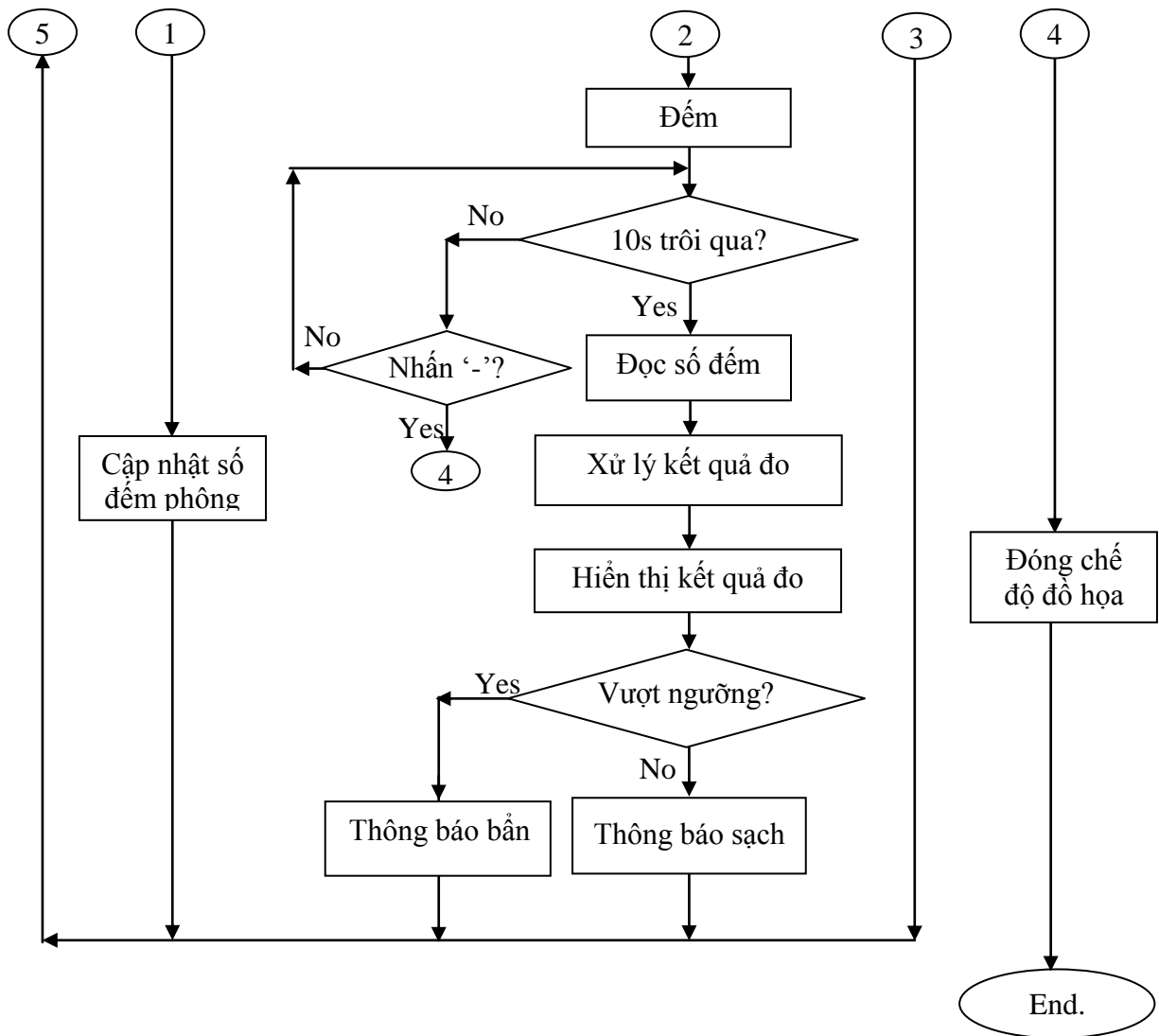
➤ Trường hợp giá trị suất liều đo được lớn hơn ngưỡng đặt cảnh báo, màn hình hiện đèn đỏ nhấp nháy và âm thanh.

Chương trình sử dụng các phím chức năng và các cờ nhớ sau đây:

- Phím '-': Thoát khỏi chương trình.
- Phím '+': Đo xung phóng xạ.
- Phím '*': Đặt các giá trị ngưỡng cảnh báo.
- Cờ CS2: Start Counting
- Cờ CS5 = 1: Start Timer .
- Cờ CS5 = 0: Stop Timer.

❖ Lưu đồ thuật toán:

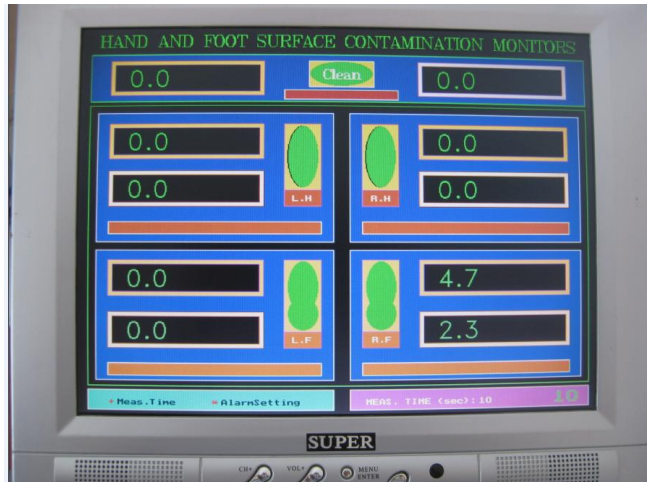




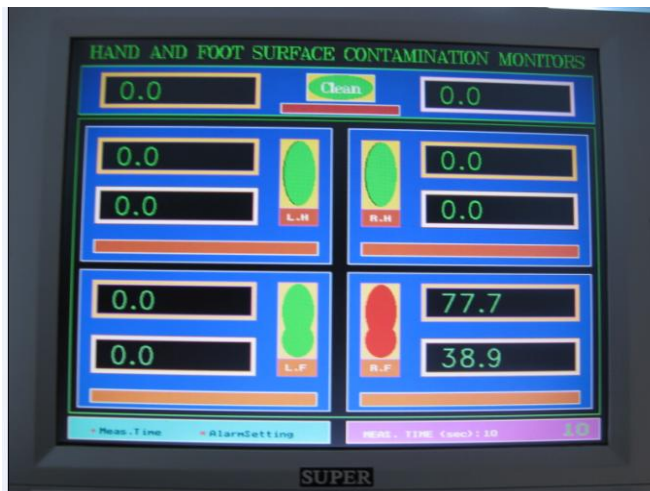
❖ **Giao diện**



Hình 2. Trường hợp đo phòng



Hình 3: Trường hợp kết quả đo nhỏ hơn ngưỡng đặt



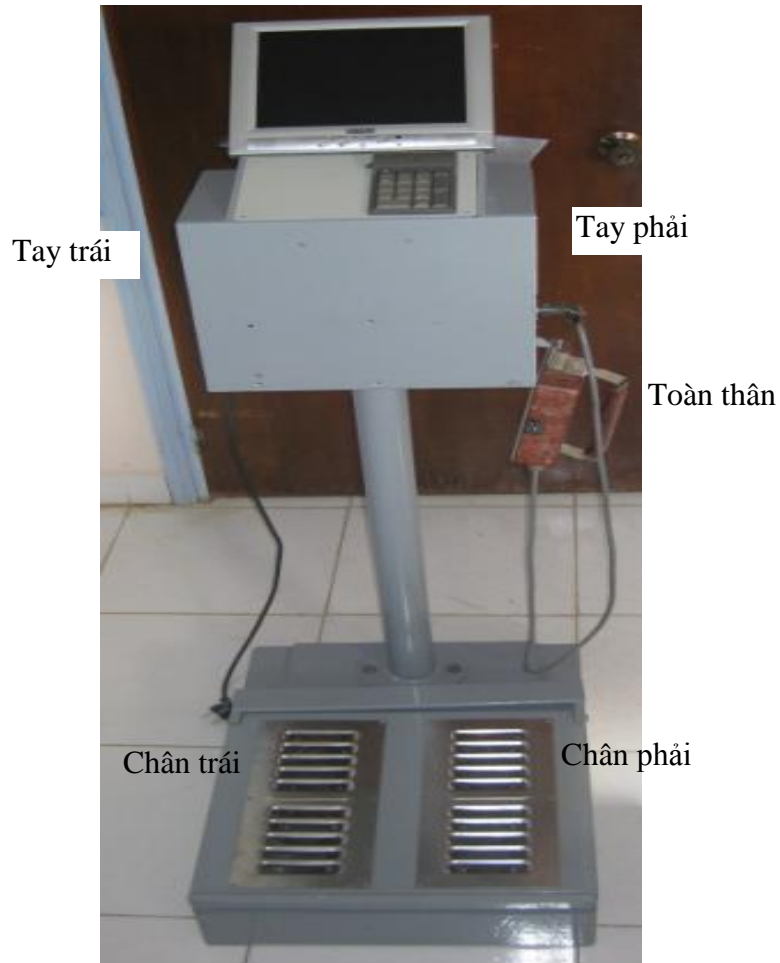
Hình 4: Trường hợp kết quả đo lớn hơn ngưỡng đặt



Hình 5: Trường hợp đặt lại ngưỡng cảnh báo

KẾT LUẬN

❖ Sau kết thúc việc thiết kế, chế tạo, chạy thử nghiệm các khối điện tử, viết phần mềm, chúng tôi lắp đặt toàn bộ phần cứng vào khung. Máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt có hình dạng thực tế như hình 6.



Hình 6: Máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt

❖ Các khối điện tử hoạt động ổn định, đảm bảo độ tin cậy.
❖ Giao diện đẹp mắt, tiện lợi cho người sử dụng.
❖ Các khối điện tử được thiết kế, chế tạo tại Viện Nghiên cứu hạt nhân dựa trên các linh kiện, vật tư phổ biến trên thị trường nên việc vận hành và bảo trì, sửa chữa hoàn toàn thuận lợi, nhanh chóng và ít tốn kém.

Đề tài này đã hoàn thiện công việc thiết kế, chế tạo phần cứng và viết phần mềm. Để đưa máy phát hiện nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt vào vận hành thực tế, chúng tôi đang tiếp tục tiến hành hiệu chuẩn thiết bị với các nguồn phóng xạ chuẩn khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Glenn F. Knoll, “Radiation Detection and Measurement”.
- [2] Helmuth Spieler, “Radiation detectors and signal processing”, Univ. Heidelberg 2001.
- [3] Paul R. Steinmeyer, “G-M pancake detectors: Everything you’re wanted to know (but were afraid to ask)”, RSO magazine. Volume 10, No 5. 2005.
- [4] Hahn-Meitner-Institut, Fukkernforschung, Berlin GmbH, “Nuclear Electronics”.