



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003913

(51) **H04W 72/00**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00821

(22) 30/09/2021

(67) 1-2021-06103

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/01/2022 406

(73) Tập đoàn công nghiệp - viễn thông quân đội (VN)

Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội.

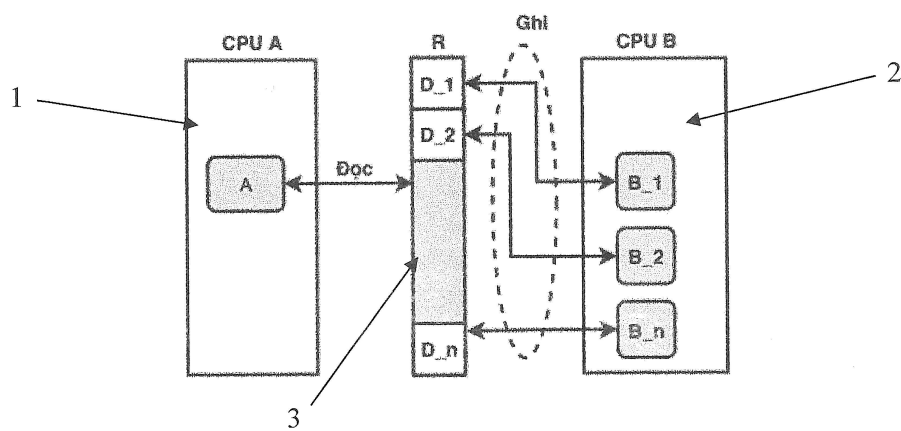
(72) Phạm Ngọc Cường (VN); Tạ Quốc Việt (VN); Phan Văn Hoà (VN); Phan Tất Quyết (VN); Nguyễn Thanh Bình (VN); Nguyễn Quang Hưng (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) **HỆ THỐNG GIÁM SÁT TRẠNG THÁI KHỞI ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG NHÚNG
KHẢ TRÌNH TRONG HỆ THỐNG THU PHÁT VÔ TUYẾN 5G**

(21) 2-2023-00821

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất hệ thống giám sát trạng thái khởi động của hệ thống nhúng khả trình trong hệ thống thu phát vô tuyến 5G giúp phát hiện lỗi hoặc sự cố xảy ra trong quá trình khởi động thiết bị vô tuyến 5G từ đó đảm bảo thiết bị luôn kết nối được với đơn vị phân tán (distributed unit – DU) bằng phân vùng chính (normal partition) hoặc phân vùng khôi phục (recovery partition). Hệ thống được đề xuất bao gồm: khối giám sát, các khối được giám sát và khối thanh ghi.



Hình 2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ thống giám sát trạng thái khởi động của hệ thống nhúng khả trình trong hệ thống thu phát vô tuyến 5G. Cụ thể, hệ thống giám sát trạng thái khởi động của hệ thống nhúng khả trình trong giải pháp được ứng dụng trong hệ thống thu phát vô tuyến 5G.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Hình 1 mô tả quá trình khởi động trên chip có nhiều bộ vi xử lý. Các đoạn mã được lưu trong bộ nhớ chỉ đọc (Read Only Memory – ROM) để cấu hình hệ thống và tải các đoạn mã phần mềm từ các thiết bị lưu trữ lên bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (Random Access Memory – RAM) của các bộ xử lý trung tâm (Center Processing Unit – CPU) và thực hiện chạy các phần mềm đó.

Trong quá trình khởi động, các tác vụ chạy được vận hành bởi các bộ xử lý trung tâm là sẽ rơi vào trường hợp lỗi khi vận hành thiết bị. Một trong những nguyên nhân là do thời tiết, khí hậu, độ kém ổn định của nguồn điện, tuổi thọ của các mạch tích hợp (Integrated Circuit – IC). Thêm một trường hợp lỗi nữa là khi cập nhật lại phân vùng chính, các tệp có thể không tương thích với thiết bị hoặc lỗi trong quá trình cập nhật dẫn tới hệ thống bị treo.

Tuy nhiên trong hệ thống thu phát vô tuyến 5G, thực sự chưa có một cơ chế nào để đảm bảo các phần mềm có thể khởi động suôn sẻ hoặc nếu trong trường hợp bị treo hoặc lỗi thì sẽ nhảy sang phân vùng khôi phục để hoạt động.

Do đó, để phát hiện lỗi hoặc sự cố xảy ra trong quá trình khởi động thiết bị vô tuyến 5G từ đó đảm bảo thiết bị luôn kết nối, tác giả đề xuất ra hệ thống giám sát quá trình khởi động khi hệ thống vận hành.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp là giúp phát hiện lỗi hoặc sự cố xảy ra trong quá trình khởi động thiết bị vô tuyến 5G từ đó đảm bảo thiết bị luôn kết nối được với đơn vị phân tán (Distributed Unit – DU) bằng phân vùng chính (Normal Partition) hoặc phân vùng khôi phục (Recovery Partition).

Để đạt được mục đích trên, hệ thống được đề xuất bao gồm:

Khối giám sát: là CPU (bộ xử lý trung tâm) có độ tin cậy cao có khả năng giám sát được các trạng thái khởi động của khối được giám sát thông qua việc đọc trạng thái của khối thanh ghi.

Các khối được giám sát: là CPU (bộ xử lý trung tâm) cần được giám sát quá trình khởi động. Trong quá trình khởi động, khối được giám sát sẽ thông báo trạng thái và tiến độ cho khối giám sát thông qua khối thanh ghi.

Khối thanh ghi: là tập hợp các thanh ghi mà cả khối giám sát và khối được giám sát đều có thể ghi và đọc giá trị lên các thanh ghi này.

Để có thể giám sát được các đơn vị phần mềm chạy trên CPU B từ CPU A, phải có nhiều cơ chế để trao đổi thông tin giữa các khối trong hệ thống như ngắt giữa các vi xử lý (Inter-Processor Interrupt –IPI), bộ nhớ chia sẻ (share memory). Việc lựa chọn cơ chế trao đổi này phải đảm bảo các tiêu chí sau với mục đích làm cho hệ thống giám sát trở nên đơn giản trong việc thực hiện và hiệu quả giám sát cao hơn:

- Tích hợp vào các phần mềm đơn giản nhất có thể. Các phần mềm ở khối giám sát và khối được giám sát phải chiếm ít tài nguyên bộ nhớ và dễ dàng lập trình.
- Không gây ra khả năng bị lỗi phần mềm khi lập trình và vận hành.
- Không bị xóa bởi các phần mềm khác hoặc tự động xóa bởi hệ thống.
- Các đơn vị phần mềm đều có thể ghi đọc đến khối thanh ghi.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ quá trình khởi động trên chip có nhiều bộ vi xử lý.

Hình 2 là hình vẽ mô tả cơ chế giao tiếp giữa các khối phần mềm theo cơ chế một – một.

Hình 3 là hình vẽ mô tả cơ chế giao tiếp giữa các khối phần mềm theo cơ chế một – nhiều.

Hình 4 là hình vẽ quy trình thực hiện của phần mềm giám sát.

Hình 5 là hình vẽ sơ đồ tổ chức bộ nhớ với dung lượng 256MB.

Hình 6 là hình vẽ mô tả chi tiết ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Trong giải pháp này, các thuật ngữ chuyên môn được hiểu với nội dung như sau:

- Hệ thống nhúng khả trình: là một thuật ngữ để chỉ một hệ thống có khả năng tự trị, có khả năng được lập trình và được nhúng vào trong một môi trường hay hệ thống tích hợp cả

phần cứng và phần mềm phục vụ các bài toán chuyên dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp. Đặc điểm của các hệ thống nhúng khả trình là hoạt động ổn định và có tính năng tự động hoá cao.

- Hệ thống giám sát một - một: là hệ thống mà một vi xử lý giám sát quá trình hoạt động của một vi xử lý khác.
- Hệ thống giám sát một - nhiều: là hệ thống mà một vi xử lý giám sát quá trình hoạt động của nhiều vi xử lý khác.

Nội dung giải pháp được thể hiện qua các hình vẽ và phần mô tả chi tiết dưới đây, theo đó, để đạt được mục đích của giải pháp, hệ thống được đề xuất bao gồm:

- Khối giám sát 1. Khối giám sát này được thực hiện bởi CPU A.
- Các khối được giám sát 2 trong quá trình khởi động. Giả sử có N tác vụ được khởi động trong quá trình khởi động hệ thống nhúng khả trình được đánh số từ 1 đến N, ta kí hiệu các tác vụ này lần lượt là B_1, B_2, ..., B_n. Khối được giám sát 2 được thực hiện bởi CPU B.
- Khối thanh ghi 3 để trao đổi dữ liệu giữa khối giám sát 1 và các khối được giám sát 2.

Trong đó:

- Khối giám sát 1:

Quy trình thực hiện của khối giám sát 1 được mô tả trong Hình 4 và được thực hiện bởi CPU A. Chi tiết quy trình như sau: khối giám sát 1 chờ hết thời gian T cần thiết cho quá trình khởi động. Lúc này khối giám sát 1 đọc các bit giá trị trong khối thanh ghi 3. Nếu các bit đều có giá trị một thì nghĩa là các tác vụ đều đã khởi động thành công. Ngược lại nếu một trong những bit mang giá trị 0 thì nghĩa là một trong các tác vụ được giám sát đang bị treo hoặc chưa khởi động xong thì lúc này khối giám sát 1 sẽ kích hoạt để hệ thống nhảy sang phân vùng khôi phục.

- Khối thanh ghi 3:

Khối thanh ghi 3 có thể được truy cập từ các bộ xử lý CPU A và CPU B. Để trao đổi thông tin với nhau, các bộ xử lý CPU A và CPU B phải thống nhất vị trí các bit với nhau trên cùng một thanh ghi. Trong hệ thống giám sát một - một, như mô tả trên Hình 2 thì bit D_1 trên khối thanh ghi 3 sẽ tương ứng với trạng thái của tác vụ được giám sát B_1, bit D_2 sẽ tương ứng với trạng thái tác vụ B_2, bit D_n sẽ tương ứng với trạng thái tác vụ B_n.

Đối với hệ thống giám sát một – nhiều, giải pháp hữu ích đề ra cơ chế như Hình 3. Các CPU B, CPU C, CPU Z có các tác vụ khi khởi động sẽ ghi vào các thanh ghi mà khối giám sát 1 có thể tương tác được từ đó khối giám sát 1 chờ hết thời gian cần thiết cho quá trình khởi động, kí hiệu là T. Lúc này khối giám sát 1 đọc các bit giá trị trong khối thanh ghi R_B, R_C, R_Z tương ứng với các CPU B, CPU C, CPU Z mà khối giám sát 1 có thể truy cập để ra các quyết định chính xác.

- Các khối được giám sát 2:

Các khối được giám sát 2 bao gồm các tác vụ được khởi động trong quá trình khởi động hệ thống nhưng khả trình được tổng quát thành các tên gọi B_1, B_2, ..., B_n. Các khối này sẽ thực hiện ghi vào các bit D_1, D_2, ..., D_n tương ứng trong khối thanh ghi 3. Từ đó khối giám sát 1 chạy trên CPU A sẽ giám sát các bit này, kết luận trạng thái của các rác vụ và thực hiện hành động tương ứng. Mỗi khối tác vụ sẽ cách riêng để ghi vào khối thanh ghi 3.

Ví dụ thực hiện

Giải pháp được thực hiện trên thiết bị thu phát vô tuyến 5G, chip sử dụng là XCZU15EG-2FFVB1156I. Chip này thuộc loại ZynQ Ultrascale+ gồm nhiều lõi vi xử lý:

- Đơn vị xử lý ứng dụng (Application Processing Unit – APU) Arm Cortex A53.
- Đơn vị xử lý thời gian thực (Realtime Processing Unit – RPU) R5.
- Đơn vị quản lý nền tảng (Platform Management Unit – PMU) Microblaze.

Trên mạch sử dụng thiết bị khởi động là bộ nhớ NOR (Not-Or) Flash. Sơ đồ tổ chức bộ nhớ với dung lượng 256MB xem trong Hình 5.

Phần mềm giám sát là được chạy trên lõi vi xử lý Microblaze. Tác giả chọn thanh ghi R là PGGS0. Các khối phần mềm được giám sát bao gồm Bộ nạp khởi động đầu tiên (First Stage Bootloader – FSBL), Bộ nạp khởi động U-Boot, nhân hệ điều hành Linux, ... chạy trên đơn vị xử lý ứng dụng A53. Các khối này sẽ thực hiện ghi vào các bit tương ứng trong thanh ghi R. Từ đó khối giám sát sẽ giám sát các bit này, kết luận trạng thái của các tác vụ và thực hiện hành động tương ứng. Mỗi tác vụ sẽ cách riêng để ghi vào thanh ghi R. Chọn thời gian kết thúc giám sát T là 3 phút. Hình 6 là hình vẽ mô tả chi tiết ví dụ thực hiện.

Tác giả tiến hành thử nghiệm trên hệ thống này với các bài kiểm tra sau:

- Trường hợp một: quá trình khởi động nhân hệ điều hành bị treo dẫn đến nhân hệ điều hành không đến được bước gắn hệ thống tập tin.

Kết quả: sau ba phút kể từ khi khởi động, hệ nhảy vào phân vùng khôi phục.

- Trường hợp hai: quá trình gắn hệ thống tập tin bị lỗi hoặc không tồn tại, nhân hệ điều hành sẽ bị treo ở bước này.
Kết quả: sau ba phút kể từ khi khởi động, hệ nhảy vào phân vùng khôi phục.
- Trường hợp ba: bộ nạp khởi động không thể khởi động nhân hệ điều hành do tệp ảnh xấu hoặc không tồn tại.
Kết quả: lúc này bộ nạp khởi động sẽ đứng lại tại bảng điều khiển của bộ nạp khởi động. Sau ba phút kể từ khi khởi động, hệ nhảy vào phân vùng khôi phục.
- Trường hợp bốn: bộ nạp khởi động đầu tiên bị lỗi không thể khởi động hệ thống.
Kết quả: hệ thống nhảy vào phân vùng khôi phục ngay.

Hiệu quả đạt được

Giải pháp đưa ra phương pháp giám sát quá trình khởi động của hệ thống trạm thu phát vô tuyến 5G. Phương pháp này làm cho độ tin cậy của quá trình khởi động cao hơn, giúp cho xác suất thiết bị khởi động lên được hệ điều hành Linux, khởi tạo các quá trình cần thiết cho việc giám sát từ xa. Có thể giảm thời gian từ ba phút để quá trình giám sát được diễn ra nhanh hơn, giúp hệ thống phát hiện ra lỗi nhanh hơn.

Giải pháp giúp làm giảm thiểu khả năng trạm thu phát vô tuyến 5G bị treo, không phát được sóng bằng cách đã giám sát được trạng thái khởi động. Nếu khởi động không thành công, hệ thống sẽ nhận ra và tự chuyển sang phân vùng hệ điều hành khôi phục để thay thế hệ điều hành bị hỏng

Mặc dù các mô tả nêu trên chứa nhiều chi tiết cụ thể, chúng không được coi là giới hạn về phương án thực thi giải pháp hữu ích, mà chỉ nhằm mục đích minh họa một số phương án thực thi được ưu tiên.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống giám sát trạng thái khởi động của hệ thống nhúng khả trình trong hệ thống thu phát vô tuyến 5G, bao gồm các khối:

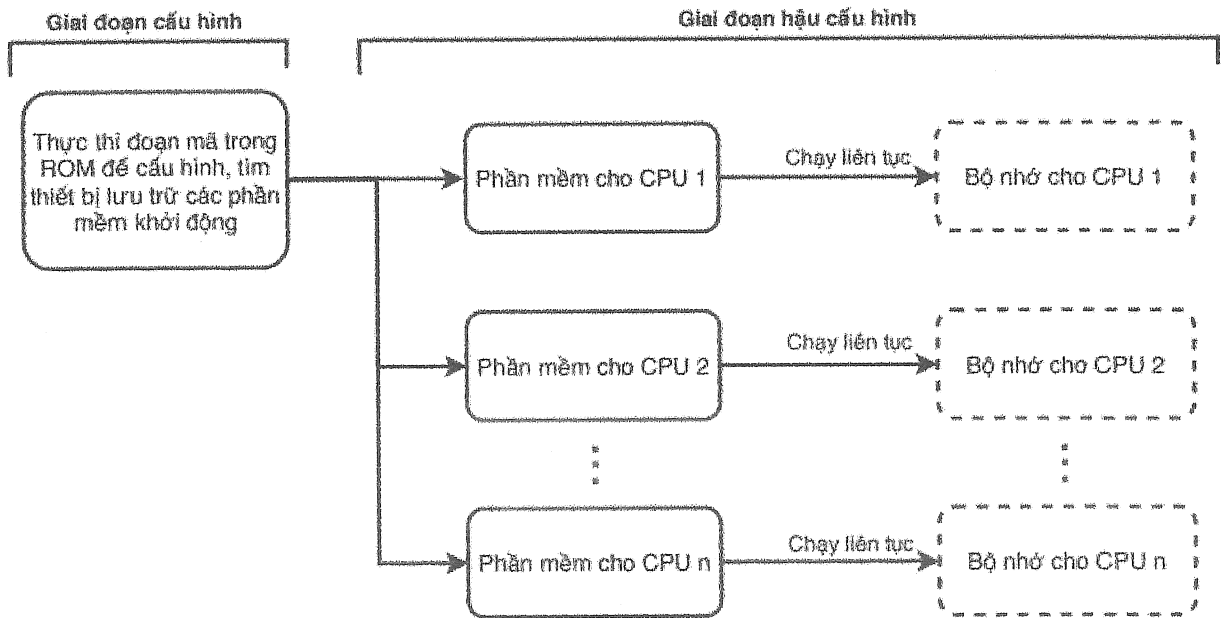
khối giám sát: quy trình thực hiện của khối giám sát được thực hiện bởi CPU A; chi tiết quy trình như sau: khối giám sát chờ hết thời gian T cần thiết cho quá trình khởi động; lúc này khối giám sát đọc các bit giá trị trong khối thanh ghi, nếu các bit đều có giá trị một nghĩa là các tác vụ đều đã khởi động thành công; ngược lại nếu một trong những bit mang giá trị 0, nghĩa là một trong các tác vụ được giám sát đang bị treo hoặc chưa khởi động xong, lúc này khối giám sát sẽ kích hoạt để hệ thống nhảy sang phân vùng khôi phục;

khối thanh ghi có thể được truy cập từ các bộ xử lý CPU A và CPU B; để trao đổi thông tin với nhau, các bộ xử lý CPU A và CPU B thống nhất vị trí các bit với nhau trên cùng một thanh ghi; trong đó:

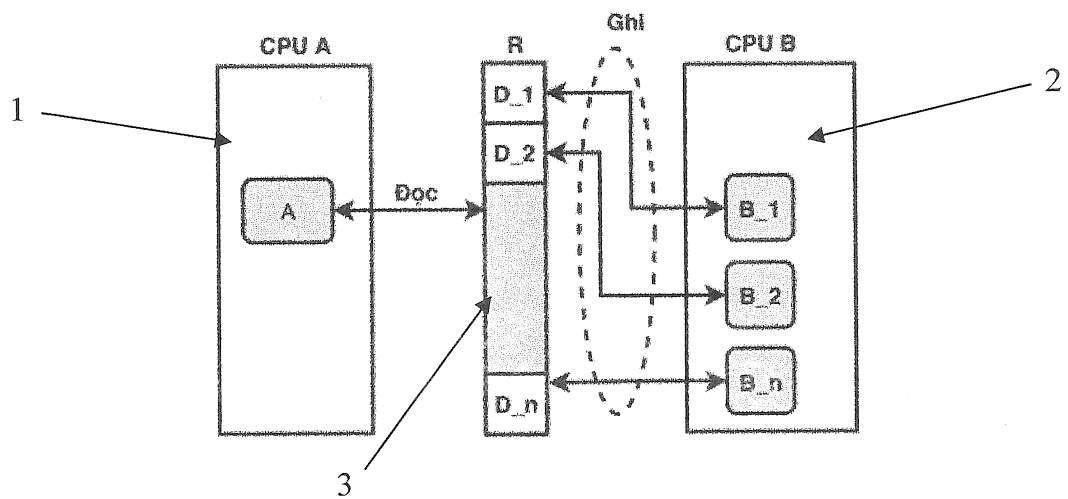
trong hệ thống giám sát một - một, bit D_1 trên khối thanh ghi sẽ tương ứng với trạng thái của tác vụ được giám sát B_1, bit D_2 sẽ tương ứng với trạng thái tác vụ B_2, bit D_n sẽ tương ứng với trạng thái tác vụ B_n;

đối với hệ thống giám sát một – nhiều, các CPU B, CPU C, CPU Z có các tác vụ khi khởi động sẽ ghi vào các thanh ghi mà khối giám sát có thể tương tác được từ đó khối giám sát chờ hết thời gian cần thiết cho quá trình khởi động, kí hiệu là T; lúc này khối giám sát đọc các bit giá trị trong khối thanh ghi R_B, R_C, R_Z tương ứng với các CPU B, CPU C, CPU Z mà khối giám sát có thể truy cập để ra các quyết định chính xác;

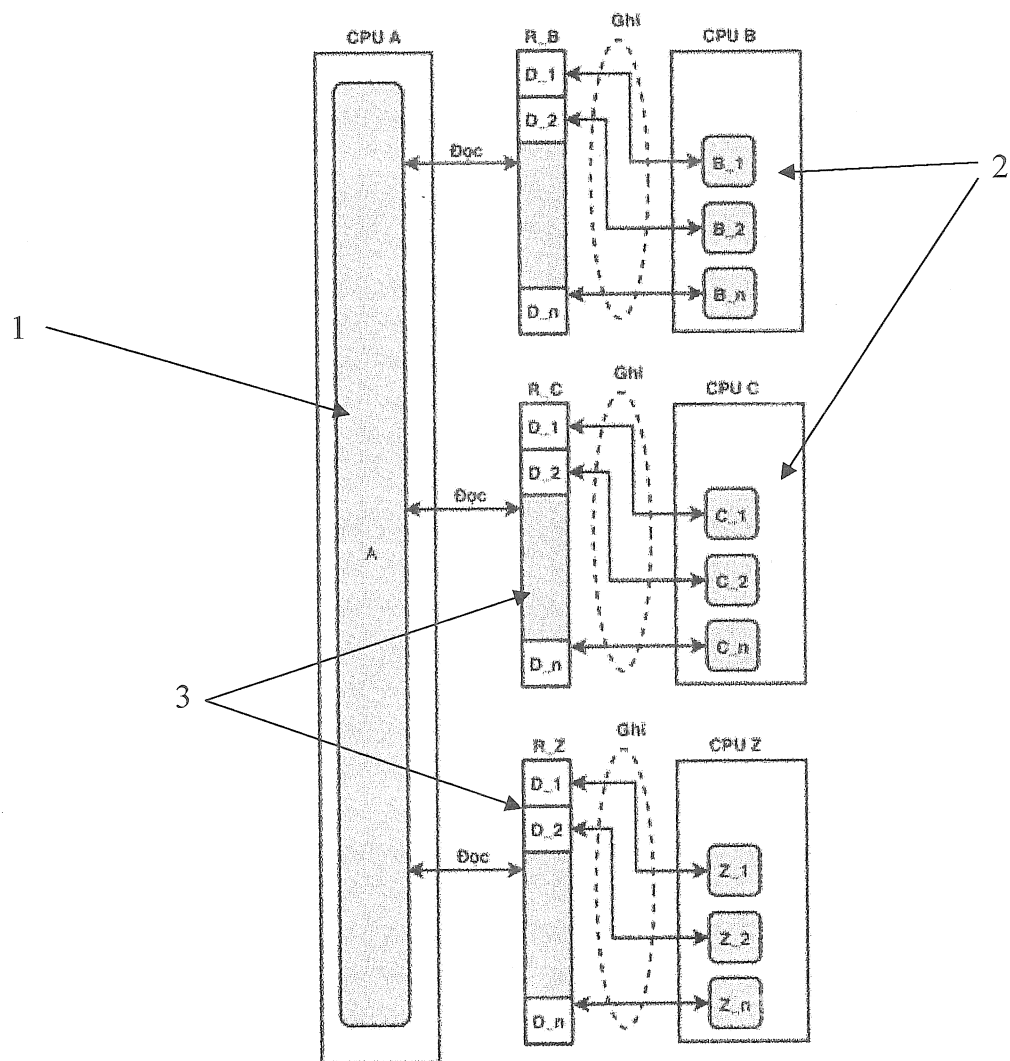
các khối được giám sát bao gồm các tác vụ được khởi động trong quá trình khởi động hệ thống nhúng khả trình được tổng quát thành các tên gọi B_1, B_2, ..., B_n; các khối này sẽ thực hiện ghi vào các bit D_1, D_2, ..., D_n tương ứng trong khối thanh ghi; từ đó khối giám sát chạy trên CPU A sẽ giám sát các bit này, kết luận trạng thái của các tác vụ và thực hiện hành động tương ứng; mỗi khối tác vụ sẽ cách riêng để ghi vào khối thanh ghi.



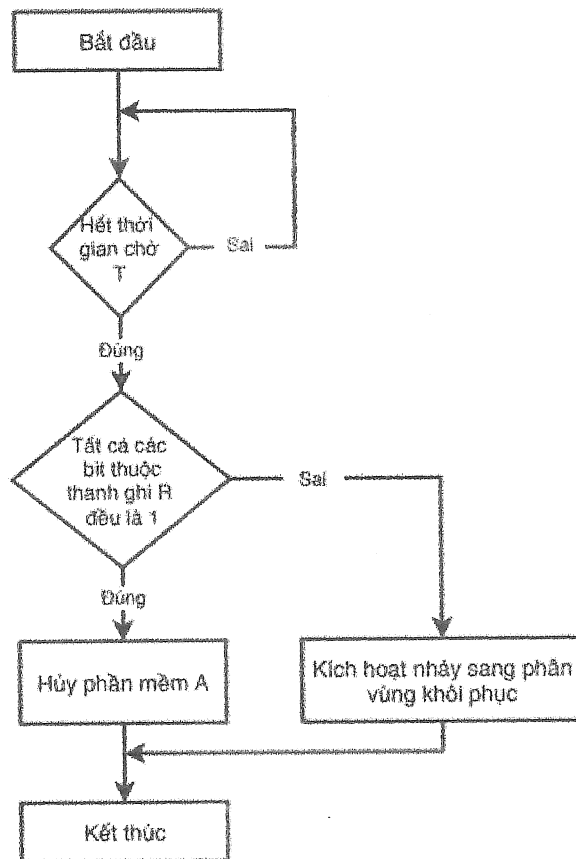
Hình 1



Hình 2



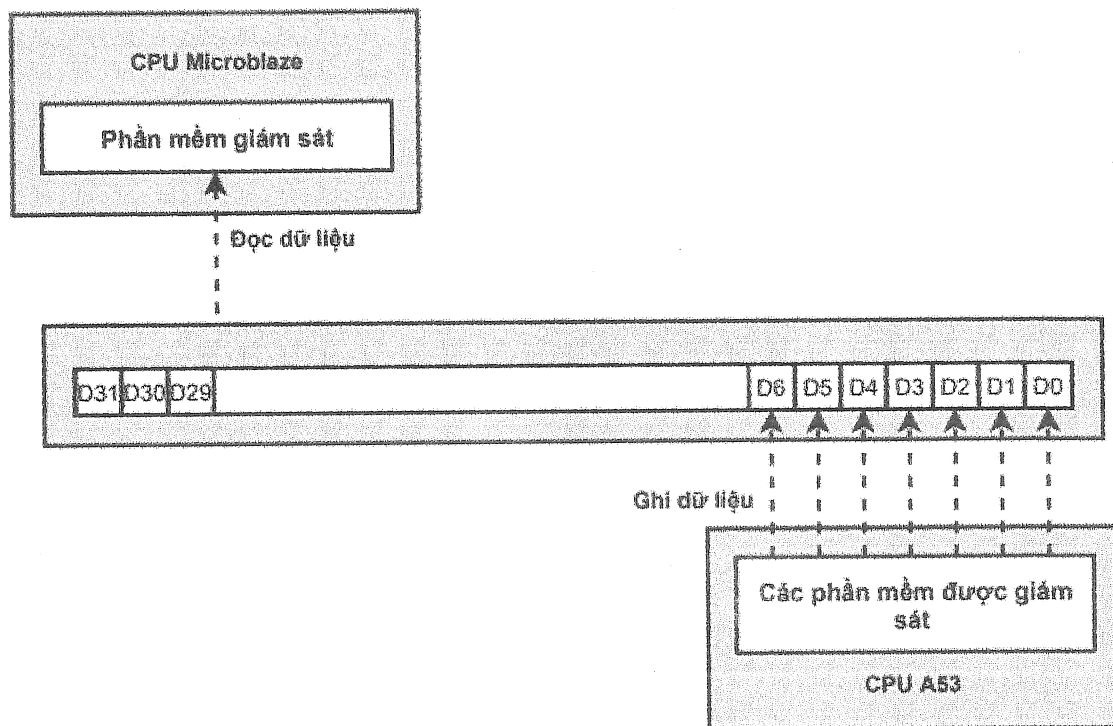
Hình 3



Hình 4

BOOT.BIN	0x00
bootenv	0x2000000
BOOT.BIN (khôi phục)	0x2040000
bootenv (khôi phục)	0x4040000
image.ub (khôi phục)	0x4080000
rootfs.jffs2 (khôi phục)	0x4A80000
image.ub	0x7780000
rootfs.jffs2	0x8180000
	0x10000000

Hình 5



Hình 6