



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0035122

(51)^{2020.01} H04L 27/00

(13) B

(21) 1-2020-06923

(22) 30/11/2020

(45) 27/03/2023 420

(43) 25/03/2021 396

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

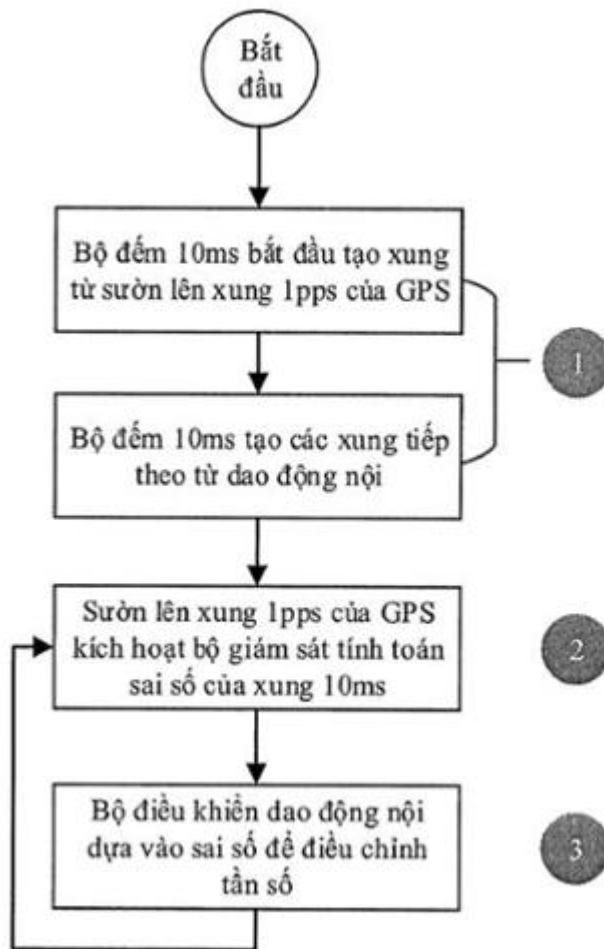
Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) ĐẬU HỒNG QUÂN (VN); PHAN QUỐC THANH (VN); TĂNG THIÊN VŨ (VN);
TẠ QUỐC VIỆT (VN); NGUYỄN CHÍ LINH (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐỒNG BỘ KHUNG DỮ LIỆU GIỮA CÁC TRẠM XỬ LÝ
BĂNG GỐC 5G

(57) Phương pháp đồng bộ khung dữ liệu giữa các trạm thu phát 5G được thực hiện bằng phương pháp điều khiển khối dao động nội kết hợp GPS, bao gồm các bước sau: bước 1: đồng bộ khối dao động nội của trạm xử lý băng gốc với xung 1pps của GPS và tạo xung 10ms từ khối dao động nội; bước 2: sử dụng khối giám sát đồng bộ xung đồng bộ 10ms để lấy được độ lệch đồng bộ giữa xung này và xung 1pps của GPS; bước 3: sử dụng thuật toán điều khiển để cấu hình lại dao động nội để xung đồng bộ 10ms có thể bám theo xung 1pps của GPS.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp đồng bộ khung dữ liệu giữa các trạm xử lý băng gốc 5G. Cụ thể, phương pháp đồng bộ khung dữ liệu giữa các trạm xử lý băng gốc 5G được đề cập trong sáng chế là đồng nhất khe thời gian của các đường truyền lên (uplink) và đường truyền xuống (downlink) cho các trạm để loại bỏ hiện tượng can nhiễu.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong hệ thống mạng 5G, kỹ thuật ghép kênh song công phân chia theo thời gian (time division duplex – TDD) đang được sử dụng để nâng cao sự linh hoạt và hiệu suất sử dụng phổ tần. TDD là kỹ thuật ghép song công trong đó truyền dẫn của đường truyền lên và đường truyền xuống được thực hiện trên cùng một tần số bằng cách sử dụng các khe thời gian luân phiên.

Tuy nhiên, việc sử dụng kỹ thuật TDD sẽ gây ra thách thức khi gây ra hiện tượng can nhiễu các sóng mang có tần số kề nhau giữa các trạm xử lý băng gốc hoặc giữa các thiết bị di động. Cụ thể hơn, khi hai trạm xử lý băng gốc sử dụng các kênh truyền liền kề, truyền dẫn của đường truyền lên ở rìa của một kênh truyền có thể can nhiễu đến truyền dẫn của đường truyền xuống của rìa của một kênh truyền khác nếu hai luồng truyền dẫn này xảy ra ở một thời điểm. Hiện tượng can nhiễu sẽ làm giảm chất lượng thu phát sóng của các trạm xử lý băng gốc 5G do làm sai lệch tín hiệu truyền nhận. Giải pháp cho thách thức này là đồng bộ khung dữ liệu giữa các trạm xử lý băng gốc 5G, nói cách khác là đảm bảo sự luân phiên khe thời gian TDD giữa các trạm xử lý băng gốc luôn giống nhau để truyền dẫn của đường truyền lên chỉ xảy ra ở một thời điểm và truyền dẫn của đường truyền xuống xảy ra chỉ ở một thời điểm khác.

Hiện nay, chưa có phương pháp nào được đưa ra và thực hiện để giải quyết vấn đề nêu trên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Trong sáng chế này, các trạm xử lý băng gốc 5G sử dụng xung có chu kỳ 10ms để xác định các thời điểm khung dữ liệu của đường truyền lên và đường truyền xuống. Như vậy, mục đích của sáng chế là đảm bảo được đồng bộ về pha và tần số của xung 10ms của các trạm xử lý băng gốc 5G tại mọi thời điểm, theo đó, phương pháp điều khiển khối dao động nội kết hợp sử dụng GPS (Global Positioning System) được áp dụng. Khi áp dụng phương pháp này, các trạm xử lý băng gốc 5G sẽ được đồng bộ

khung dữ liệu, qua đó giải quyết được vấn đề can nhiễu giữa truyền dẫn của đường truyền lên và đường truyền xuống, giúp nâng cao chất lượng của hệ thống thu phát sóng 5G.

Để đạt được mục đích trên, nhóm tác giả đề xuất phương pháp điều khiển khối dao động nội kết hợp sử dụng GPS, bao gồm các bước sau:

Bước 1: đồng bộ khối dao động nội của trạm xử lý băng gốc với xung 1pps của GPS và tạo xung 10ms từ khối dao động nội.

Bước 2: sử dụng khối giám sát đồng bộ xung đồng bộ 10ms để lấy được độ lệch đồng bộ giữa xung này và xung 1pps của GPS.

Bước 3: sử dụng thuật toán điều khiển để cấu hình lại dao động nội để xung đồng bộ 10ms có thể bám theo xung 1pps của GPS.

Với phương pháp này, xung đồng bộ 10ms của các trạm xử lý băng gốc sẽ được tạo và đồng bộ với xung 1pps – xung đã được đồng bộ với xung 1pps của GPS. Từ đó tất cả các xung đồng bộ 10ms trên các trạm xử lý băng gốc sẽ được đồng bộ với nhau.

Mô tả tóm tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mô tả các khối chức năng của trạm xử lý băng gốc 5G trong phương pháp điều khiển khối dao động nội kết hợp sử dụng GPS.

Hình 2 là hình vẽ mô tả quá trình đồng bộ xung 10ms trên các trạm xử lý băng gốc 5G.

Hình 3 là hình vẽ mô tả hệ thống phối hợp FPGA, phần mềm và phần cứng áp dụng vào khối mạch truyền dữ liệu (Transfer Card) trong hệ thống trạm xử lý băng gốc 5G.

Hình 4 là hình vẽ mô tả đánh giá khả năng đồng bộ dựa trên một mạch truyền dữ liệu đặt trong môi trường phòng thí nghiệm.

Hình 5 là hình vẽ mô tả đánh giá khả năng đồng bộ dựa trên một mạch truyền dữ liệu đặt trong môi trường thay đổi nhanh tốc độ quạt tản nhiệt.

Hình 6 là hình vẽ mô tả đánh giá khả năng đồng bộ dựa trên một mạch truyền dữ liệu đặt trong môi trường thay đổi nhanh tốc độ quạt tản nhiệt.

Hình 7 là hình vẽ mô tả đánh giá khả năng đồng bộ của hai xung 10ms trên hai mạch truyền dữ liệu trên máy hiện sóng (Oscilloscope).

Mô tả chi tiết sáng chế

Để giải quyết vấn đề đồng bộ bộ xung 10ms trên các trạm xử lý băng gốc 5G, sáng chế sử dụng công nghệ GPS. Công nghệ GPS cung cấp xung 1pps làm tín hiệu

tham chiếu cho khối dao động nội trong các trạm xử lý băng gốc để đồng bộ. Trong đó, 1pps (one pulse per second) là xung tín hiệu có độ rộng nhỏ hơn một giây và sườn lên với chu kỳ một giây. Khối dao động nội trong các trạm xử lý băng gốc 5G là chip tạo và cung cấp xung dao động cho các thành phần khác trong trạm. Các khối dao động nội thường được cấp một xung tham chiếu chuẩn để có thể tạo ra xung dao động nội một cách ổn định và chính xác. Như vậy, xung 1pps của GPS sẽ được cung cấp như một xung tham chiếu cho các khối dao động nội để tần số dao động nội đồng bộ với nhau. Sườn lên của xung 1pps từ khối GPS sẽ được một bộ đếm 10ms sử dụng để làm thời điểm bắt đầu tạo xung 10ms. Bộ đếm 10ms dựa vào tần số của khối dao động nội của trạm xử lý băng gốc để tạo ra các xung 10ms tiếp theo. Về mặt lý thuyết, do xung 10ms của trạm được tạo ra từ khối dao động nội mà khối dao động nội đã được đồng bộ với xung 1pps của GPS, nên xung 10ms của các trạm sẽ được đồng bộ với nhau. Tuy nhiên tần số dao động nội của các trạm xử lý băng gốc cung cấp cho khối tạo xung 10ms có thể bị sai lệch (do các nguyên nhân như nhiệt độ môi trường, ...) dẫn đến sai số thời gian của xung 10ms đối với xung 1pps của GPS bị tích lũy, xung 10ms tại các trạm sẽ bị lệch pha khi chạy thời gian dài. Do đó, ngoài việc sử dụng xung 1pps của GPS để khởi động xung 10ms tại các trạm, sáng chế sử dụng một bộ điều khiển dao động để điều khiển tần số dao động nội sao cho xung 10ms tại các trạm đồng bộ tần số với nhau.

Như vậy phương pháp đồng bộ khung dữ liệu trong trạm xử lý băng gốc 5G sử dụng phương pháp điều khiển khối dao động nội kết hợp sử dụng GPS có các khối và các bộ trong Hình 1, bao gồm:

- Khối GPS ăngten: lấy tín hiệu GPS từ vệ tinh GPS.
- Khối GPS: nhận tín hiệu GPS từ GPS ăngten và cung cấp xung 1pps cho khối dao động nội của trạm.
- Bộ dao động nội: sử dụng xung 1pps từ khối GPS làm xung tham chiếu để tạo ra xung dao động nội, xung dao động nội được cung cấp cho bộ đếm 10ms. Ngoài ra khối dao động nội phải là khối có thể cấu hình được, điều này có nghĩa là khối này có thể được tác động (bằng cách cấu hình tham số) để điều chỉnh được tần số dao động nội.
- Bộ đếm 10ms: bộ này nhận xung dao động nội từ bộ dao động nội để tạo xung 10ms.
- Bộ giám sát xung đồng bộ 10ms: theo dõi xung đồng bộ 10ms từ bộ đếm 10ms và tính toán sai số giữa 100 xung 10ms và xung 1pps, cung cấp sai số này cho bộ điều khiển dao động nội.

- Bộ điều khiển dao động nội: sử dụng sai số được cung cấp từ bộ giám sát xung đồng bộ 10ms để tính toán ra các tham số cấu hình khối dao động nội, các tham số cấu hình này sẽ điều chỉnh tần số khối dao động nội để bám theo xung 1pps của GPS.

- Khối khung dữ liệu TDD: khối này sử dụng xung đồng bộ 10ms để thực hiện truyền dẫn của đường truyền lên và đường truyền xuống.

Quá trình đồng bộ xung 10ms trên các trạm được thể hiện trong Hình 2, các bước lần lượt như sau:

Bước 1: đồng bộ khối dao động nội của trạm xử lý bằng gốc với xung 1pps của GPS và tạo xung 10ms từ khối dao động nội.

Mục tiêu của bước này là sử dụng xung 1pps của GPS làm đầu vào tham chiếu cho khối dao động nội. Dựa vào xung tham chiếu 1pps của GPS, khối dao động nội sẽ tạo ra xung dao động nội để cung cấp cho các thành phần khác của trạm GPS, trong đó có bộ đếm 10ms để tạo xung 10ms. Sau khi bộ đếm 10ms được cung cấp tần số, bộ đếm bắt đầu tạo xung từ sườn lên xung 1pps của GPS. Tại sườn lên của xung 1pps, bộ đếm bắt đầu đếm từ một và đếm theo tần số của dao động nội. Bộ đếm 10ms tạo các xung tiếp theo từ dao động nội. Giả sử với dao động nội có tần số là x Hz, khi bộ đếm đạt đến giá trị $x/100$ (do $10\text{ms} = 1/100\text{ s}$) thì tạo xung 10ms và đặt lại giá trị đếm về một. Như vậy, sau bước 1, xung 10ms đã được tạo ra dựa trên khối dao động nội của trạm xử lý bằng gốc.

Bước 2: sử dụng khối giám sát đồng bộ xung đồng bộ 10ms để lấy được độ lệch đồng bộ giữa xung này và xung 1pps của GPS;

Đầu vào của bước này là giá trị biến đếm của bộ đếm 10ms và xung 1pps của GPS được tạo ra từ bước 1. Tại bước này, sườn lên xung 1pps của GPS kích hoạt bộ giám sát tính toán sai số của xung 10ms. Sai số được tính bằng hiệu số giữa giá trị mong muốn là $x/100$ với giá trị biến đếm tại thời điểm sườn lên xung 1pps. Giá trị sai số này chính là độ lệch tích lũy của 100 xung 10ms so với 1 giây của xung 1pps của GPS, đây cũng chính là giá trị đầu ra của bước 2. Giá trị sai số sẽ được đưa vào một vùng nhớ để dùng làm đầu vào cho bước 3.

Bước 3: sử dụng thuật toán điều khiển để cấu hình lại dao động nội để xung đồng bộ 10ms có thể bám theo xung 1pps của GPS.

Đầu vào của bước này là giá trị sai số được tính toán ở bước 2. Tại bước này, mỗi lần giá trị sai số được tính toán và đưa vào vùng nhớ, bộ điều khiển dao động nội dựa vào sai số này để điều chỉnh tần số xung dao động nội sao cho các giá trị sai số của những lần tiếp theo hội tụ về 0. Để đạt được điều này, bộ điều khiển dao động nội

sẽ áp dụng một số thuật toán điều khiển (ví dụ thuật toán điều khiển bật-tắt hoặc thuật toán điều khiển vi tích phân tỉ lệ PID) để tính toán và điều chỉnh tần số dao động nội, cuối cùng, xung 10ms đã được đồng bộ theo xung 1pps của GPS. Sau khi điều chỉnh tần số dao động nội, bộ điều khiển dao động tiếp tục đợi giá trị sai số của lần tiếp theo.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế đã được áp dụng vào khối mạch truyền dữ liệu trong hệ thống trạm xử lý băng gốc 5G do Tổng công ty Công nghiệp Công nghệ Cao Viettel (VHT) sản xuất. Phương pháp đồng bộ khung dữ liệu giữa các trạm xử lý băng gốc 5G bằng điều khiển khối dao động nội kết hợp GPS với các thành phần chính đã được nêu trong phần “mô tả chi tiết sáng chế” được triển khai thành một hệ thống phối hợp giữa mạch logic khả trình FPGA (Field-programmable gate array), phần mềm và phần cứng được mô tả như Hình 3. Cụ thể như sau:

- Phần cứng bao gồm:
 - + Ăngten GPS, môđun GPS có khả năng đồng bộ chung với hệ thống GPS và tạo ra các xung 1pps.
 - + Bộ dao động nội LMK05028 với tính năng DCO (Digitally Controlled Oscillator) cho phép điều chỉnh tần số đầu ra theo ý muốn.
- FPGA bao gồm:
 - + Bộ đếm 10ms bằng FPGA. Bộ dao động nội LMK05028 cung cấp tần số 245,76MHz có bộ đếm 10ms. Bộ đếm này sẽ tạo ra 2457600 xung trong mỗi 10ms.
 - + Bộ giám sát xung đồng bộ 10ms là một bộ so sánh bằng FPGA, giá trị tính toán được lưu vào FIFO (bộ nhớ vào trước – ra trước của FPGA).
- Phần mềm thực hiện chức năng tính toán tham số cấu hình DCO để điều khiển bộ LMK05028 dựa trên thuật toán PID, chạy trên lõi vi xử lý ARM.

Đối tượng điều khiển của thuật toán PID là tham số G cấu hình DCO cho bộ dao động LMK05028, có phương trình điều khiển: $G = KP * e + KI * \sum e + KD * \Delta e$.

Trong đó:

e : là sai số được đọc ra từ FIFO do bộ giám sát xung đồng bộ 10ms tính toán và đẩy vào.

$\sum e$: là sai số tích lũy trong quá khứ của e và e hiện tại.

Δe : là sai số giữa e hiện tại và e trước đó một thời điểm.

Lựa chọn một bộ tham số KP, KI, KD phù hợp sẽ giúp xung 10ms đồng bộ với xung 1pps của GPS nhanh hơn và ổn định hơn.

Hệ thống sử dụng đồng bộ khung dữ liệu này sẽ được tiến hành đo đạc kiểm nghiệm theo hai cách như sau:

- Cách đánh giá thứ nhất: đánh giá khả năng đồng bộ dựa trên một mạch truyền dữ liệu, bao gồm giá trị sai lệch tức thời giữa xung 10ms và 1pps. Sai lệch này thể hiện “độ bám” của xung 10ms với xung 1pps của GPS.
- Cách đánh giá thứ hai: đánh giá khả năng đồng bộ của hai xung 10ms trên hai mạch truyền dữ liệu. Độ lệch giữa hai xung này sẽ được đo trực tiếp trên máy hiện sóng.

Cách đánh giá thứ nhất: đánh giá khả năng đồng bộ dựa trên một mạch truyền dữ liệu.

Đối với hệ đánh giá được đặt trong môi trường phòng thí nghiệm, hệ chạy trong 13h liên tục, 4096 mẫu giá trị được thu thập theo chu kỳ 10s. Biểu đồ minh họa đáp ứng điều khiển bù sai số lệch pha tối đa chín xung khi hệ thống ổn định, tương ứng với 36ns, được thể hiện trên Hình 4.

Đối với hệ đánh giá được đặt trong môi trường thay đổi nhanh tốc độ quạt tản nhiệt, hệ chạy trong 19h liên tục, 7139 mẫu giá trị được thu thập theo chu kỳ 10s. Biểu đồ minh họa đáp ứng điều khiển bù sai số lệch pha tối đa hai mươi xung khi hệ thống ổn định, tương ứng với 80ns, được thể hiện trên Hình 5.

Đối với hệ đánh giá được đặt trong môi trường thay đổi chậm tốc độ quạt tản nhiệt, hệ chạy trong 5h liên tục, 1742 mẫu giá trị được thu thập theo chu kỳ 10s. Biểu đồ minh họa đáp ứng điều khiển bù sai số lệch pha tối đa tám xung khi hệ thống ổn định, tương ứng với 32ns, được thể hiện trên Hình 6.

Cách đánh giá thứ hai: đánh giá khả năng đồng bộ của hai xung 10ms trên hai mạch truyền dữ liệu.

Hệ thống hai mạch truyền dữ liệu được thiết lập chạy giải thuật đồng bộ xung 10ms, các tín hiệu 10ms và 1Hz của từng mạch truyền dữ liệu được nối vào các đầu đo của máy hiện sóng. Hình 7 minh họa kết quả đo trên máy hiện sóng trong 6h. Cặp xung vàng và xanh dương tương ứng cặp xung 1pps và xung 10ms trên mạch truyền dữ liệu thứ nhất. Cặp xung hồng và xanh lá tương ứng cặp xung 1pps và xung 10ms trên mạch truyền dữ liệu thứ hai.

Các kết quả cho thấy:

- Mỗi mạch truyền dữ liệu đều bám tốt theo GPS 1pps tương ứng trên mỗi mạch truyền dữ liệu với sai lệch pha không vượt quá 80ns.
- Giải thuật đảm bảo hệ chạy thời gian dài hệ thống vẫn giữ ổn định.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Phương pháp điều khiển khối dao động nội kết hợp sử dụng GPS đã đồng bộ khung dữ liệu trong các trạm xử lý băng gốc 5G, qua đó giải quyết được bài toán can nhiễu giữa truyền dẫn của đường truyền lên và đường truyền xuống của thuật ghép kênh song công phân chia theo thời gian, giúp nâng cao chất lượng của hệ thống thu phát sóng 5G. Ngoài ra, hệ thống trạm xử lý băng gốc 5G sử dụng phương pháp này đã đạt được kết quả đồng bộ tốt và đảm bảo được độ ổn định trong thời gian dài.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp đồng bộ khung dữ liệu trong trạm xử lý băng gốc 5G, sử dụng phương pháp điều khiển khối dao động nội kết hợp sử dụng GPS có các khối và các bộ, bao gồm:

khối GPS ăngten: lấy tín hiệu GPS từ vệ tinh GPS;

khối GPS: nhận tín hiệu GPS từ GPS ăngten và cung cấp xung 1pps cho khối dao động nội của trạm;

bộ dao động nội: sử dụng xung 1pps từ khối GPS làm xung tham chiếu để tạo ra xung dao động nội, xung dao động nội được cung cấp cho bộ đếm 10ms; ngoài ra khối dao động nội phải là khối có thể cấu hình được, điều này có nghĩa là khối này có thể được tác động (bằng cách cấu hình tham số) để điều chỉnh được tần số dao động nội;

bộ đếm 10ms: bộ này nhận xung dao động nội từ bộ dao động nội để tạo xung 10ms;

bộ giám sát xung đồng bộ 10ms: theo dõi xung đồng bộ 10ms từ bộ đếm 10ms và tính toán sai số giữa 100 xung 10ms và xung 1pps, cung cấp sai số này cho bộ điều khiển dao động nội;

bộ điều khiển dao động nội: sử dụng sai số được cung cấp từ bộ giám sát xung đồng bộ 10ms để tính toán ra các tham số cấu hình khối dao động nội, các tham số cấu hình này sẽ điều chỉnh tần số khối dao động nội để bám theo xung 1pps của GPS;

khối khung dữ liệu TDD: khối này sử dụng xung đồng bộ 10ms để thực hiện truyền dẫn của đường truyền lên và đường truyền xuống;

cụ thể các bước được thực hiện trong các khối ở trên với nội dung như sau:

bước 1: đồng bộ khối dao động nội của trạm xử lý băng gốc với xung 1pps của GPS và tạo xung 10ms từ khối dao động nội;

mục tiêu của bước này là sử dụng xung 1pps của GPS làm đầu vào tham chiếu cho khối dao động nội; dựa vào xung tham chiếu 1pps của GPS, khối dao động nội sẽ tạo ra xung dao động nội để cung cấp cho các thành phần khác của trạm GPS, trong đó có bộ đếm 10ms để tạo xung 10ms; sau khi bộ đếm 10ms được cung cấp tần số, bộ đếm bắt đầu tạo xung từ sườn lên xung 1pps của GPS; tại sườn lên của xung 1pps, bộ đếm bắt đầu đếm từ một và đếm theo tần số của dao động nội; bộ đếm 10ms tạo các xung tiếp theo từ dao động nội; giả sử với dao động nội có tần số là x Hz, khi bộ đếm đạt đến giá trị $x/100$ (do $10\text{ms} = 1/100$ s) thì tạo xung 10ms và đặt lại giá trị đếm về

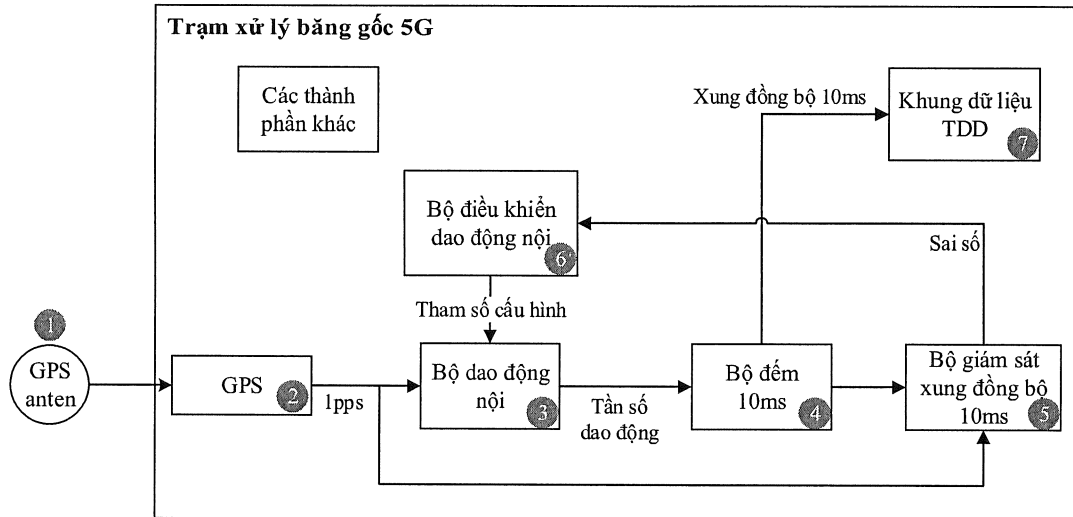
một; như vậy, sau bước 1, xung 10ms đã được tạo ra dựa trên khối dao động nội của trạm xử lý băng gốc;

bước 2: sử dụng khối giám sát đồng bộ xung đồng bộ 10ms để lấy được độ lệch đồng bộ giữa xung này và xung 1pps của GPS;

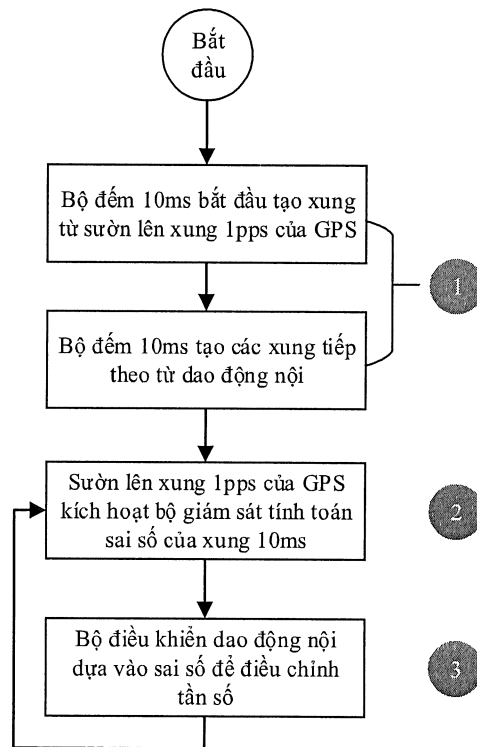
đầu vào của bước này là giá trị biến đếm của bộ đếm 10ms và xung 1pps của GPS được tạo ra từ bước 1; tại bước này, sườn lên xung 1pps của GPS kích hoạt bộ giám sát tính toán sai số của xung 10ms; sai số được tính bằng hiệu số giữa giá trị mong muốn là $x/100$ với giá trị biến đếm tại thời điểm sườn lên xung 1pps; giá trị sai số này chính là độ lệch tích lũy của 100 xung 10ms so với 1 giây của xung 1pps của GPS, đây cũng chính là giá trị đầu ra của bước 2; giá trị sai số sẽ được đưa vào một vùng nhớ để dùng làm đầu vào cho bước 3;

bước 3: sử dụng thuật toán điều khiển để cấu hình lại dao động nội để xung đồng bộ 10ms có thể bám theo xung 1pps của GPS;

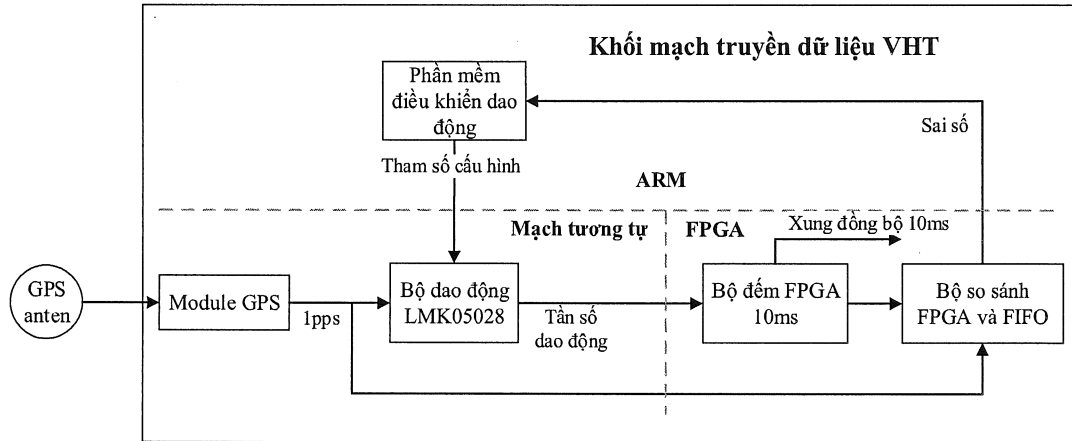
đầu vào của bước này là giá trị sai số được tính toán ở bước 2; tại bước này, mỗi lần giá trị sai số được tính toán và đưa vào vùng nhớ, bộ điều khiển dao động nội dựa vào sai số này để điều chỉnh tần số xung dao động nội sao cho các giá trị sai số của những lần tiếp theo hội tụ về 0; để đạt được điều này, bộ điều khiển dao động nội sẽ áp dụng một số thuật toán điều khiển (ví dụ thuật toán điều khiển bật-tắt hoặc thuật toán điều khiển vi tích phân tỉ lệ PID) để tính toán và điều chỉnh tần số dao động nội, cuối cùng, xung 10ms đã được đồng bộ theo xung 1pps của GPS; sau khi điều chỉnh tần số dao động nội, bộ điều khiển dao động tiếp tục đợi giá trị sai số của lần tiếp theo.



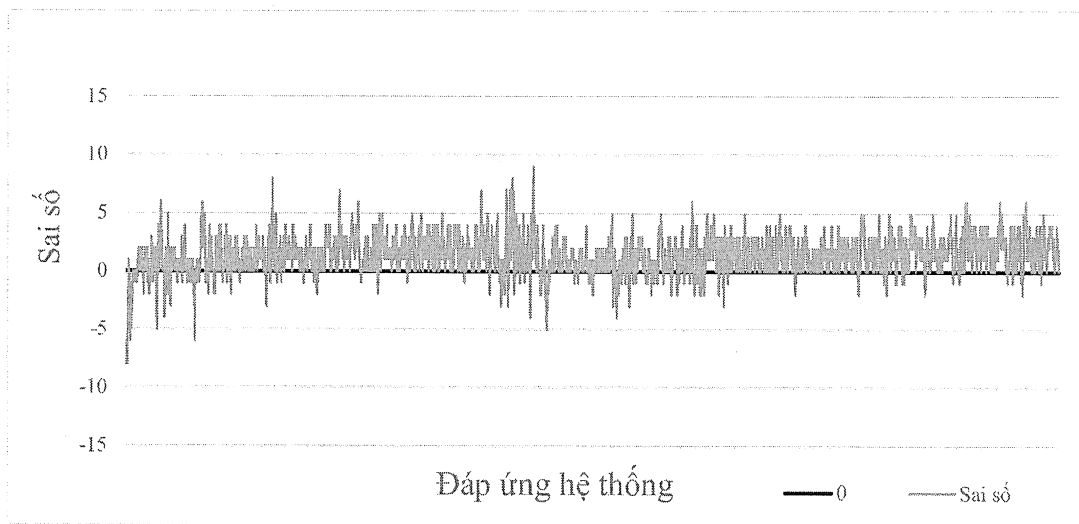
Hình 1



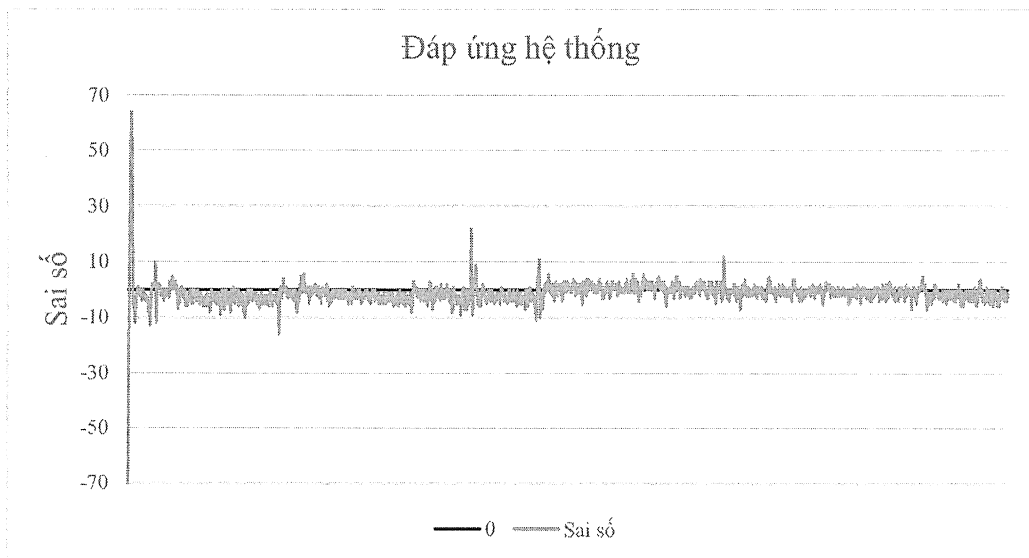
Hình 2



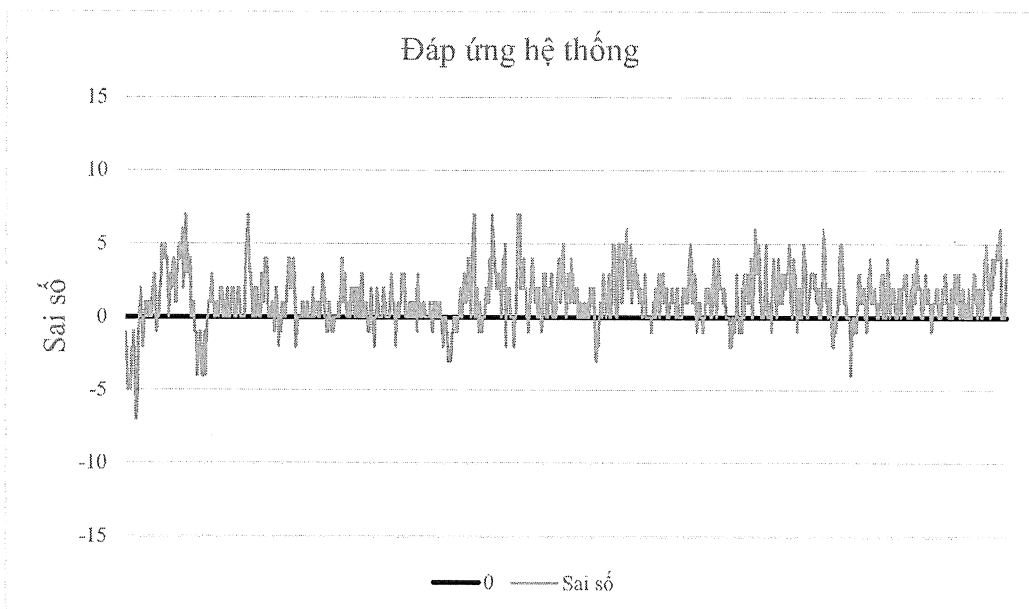
Hình 3



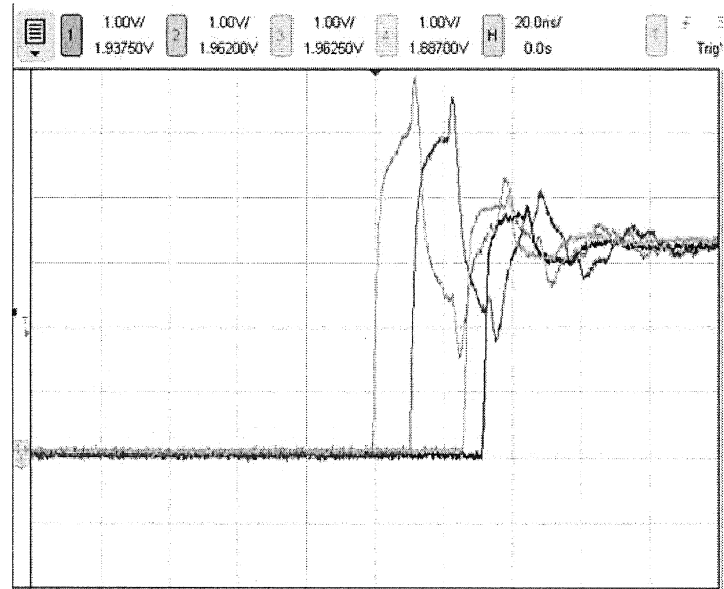
Hình 4



Hình 5



Hình 6



Hình 7