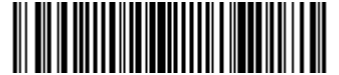




(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11)



2-0002389

(51)⁷ **G06F 3/041**

(13) **Y**

(21) 2-2019-00510

(22) 08/06/2011

(67) 1-2011-01470

(45) 25/08/2020 389

(43) 25/09/2011 282A

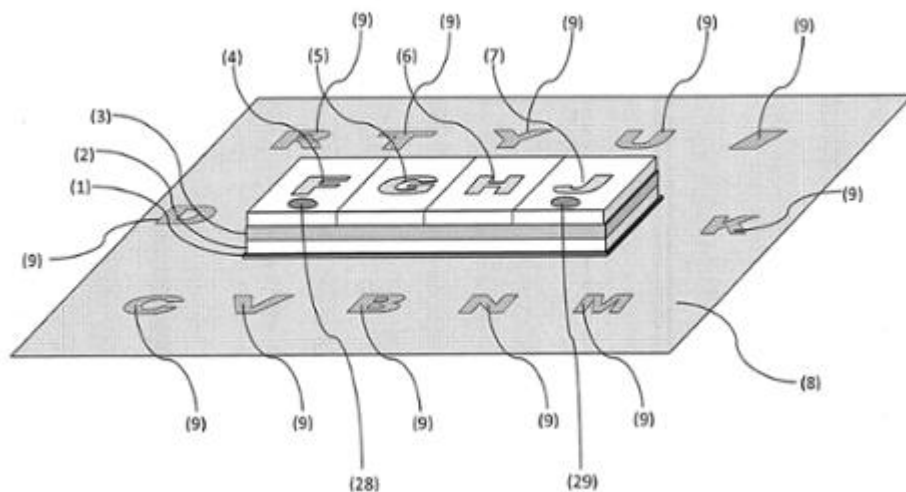
(73) Viện Nghiên cứu Công nghệ FPT (VN)

Số 8 Tôn Thất Thuyết, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Trần Thế Trung (VN).

(54) **BÀN PHÍM CHO MÁY TÍNH HOẶC THIẾT BỊ DI ĐỘNG KẾT HỢP CẢ PHÍM VẬT LÝ VÀ PHÍM ẢO**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến bàn phím dành cho máy tính hoặc thiết bị di động (ví dụ như: điện thoại di động thông minh, máy tính bảng,...) kết hợp cả phím vật lý và phím ảo, trong đó bao gồm một vài phím bấm vật lý nằm ở trung tâm của bàn phím, chứa những phím định vị (ví dụ phím F và phím J trên bàn phím QWERTY) để tạo phản hồi xúc giác cho người sử dụng không cần nhìn vào bàn phím mà vẫn định vị được vị trí các phím; các phím ảo còn lại nằm ở vị trí xung quanh, có thể được tạo hình bằng ánh sáng từ điốt phát quang (LED) hoặc laser bán dẫn nhỏ thông qua hệ quang học tạo hình phù hợp, và trạng thái ấn phím được tiếp nhận thông qua cảm biến ánh sáng hoặc hồng ngoại ở trung tâm. Khi sử dụng, người dùng cần đặt thiết bị lên một mặt phẳng. Người dùng gõ vào các phím định vị vật lý nằm trên thiết bị và gõ lên mặt phẳng ở các vị trí phím ảo xung quanh. Thiết bị có khả năng tạo ra bàn phím có kích thước ảo tương đương với bàn phím máy tính để bàn, khoảng 100mm x 300mm, nhưng kích thước vật lý chỉ nhỏ gọn, ở mức 16mm x 70mm x 3,7mm cho một phương án, có thể bỏ túi để phục vụ nhu cầu di động. Thiết bị cũng mang lại phản hồi xúc giác ở các vị trí trung tâm để định vị phím bấm cho người dùng, một đặc điểm không có trong bàn phím chỉ chứa hoàn toàn các phím ảo.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến bàn phím kết hợp cả phím ấn vật lý và phím ảo, có kích thước vật lý thu gọn phục vụ nhu cầu di động, mà vẫn tạo phản hồi xúc giác ở vị trí trung tâm để người dùng định vị các phím bấm mà không cần nhìn vào bàn phím, và đảm bảo có các phím ảo trên bề mặt rộng có kích thước tương đương với các bàn phím vật lý thông thường.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Các bàn phím vật lý thông thường đã phổ biến từ khi máy đánh chữ và máy tính cá nhân ra đời. Ngoài việc cung cấp hình ảnh về vị trí các nút bấm và nhận trạng thái ấn nút để truyền thông tin hay năng lượng về cho máy đánh chữ và máy tính hoạt động, các bàn phím này tạo phản hồi xúc giác giúp người gõ đã có kinh nghiệm có thể định vị vị trí các nút bấm mà không cần nhìn vào bàn phím; đồng thời tạo cảm giác đàn hồi.

Bên cạnh bàn phím vật lý; các bàn phím ảo cũng đã ra đời, và có một số loại như: bàn phím ảo trên bề mặt màn hình cảm ứng như mô tả trong công bố đơn đăng ký sáng chế số US 2005/0141770 A1; bàn phím ảo được tạo ảnh bằng ánh sáng từ điốt phát quang (LED) hoặc laser nhỏ và tiếp nhận trạng thái ấn phím bằng camera hoặc sensor ánh sáng hoặc hồng ngoại như mô tả trong bằng độc quyền sáng chế số US RE40880 E, US 6614422 B1. Cũng có sáng chế chỉ tiếp nhận trạng thái nhấn phím bằng phân tích ảnh bàn tay thu được từ camera, không phát hình bàn phím (nói cách khác, bàn phím là vô hình) như trong bằng độc quyền sáng chế số US 7042442 B1.

Do nhu cầu tính toán di động tăng nhanh, nhiều thiết bị tính toán di động đã ra đời như: điện thoại thông minh, máy tính bảng,... . Năng lực tính toán của các thiết bị này ngày càng được nâng cao và tiệm cận với năng lực tính toán của thiết bị tính toán để bàn; tuy nhiên để đảm bảo tính di động, kích thước nhỏ gọn của các thiết bị này dẫn đến một số hạn chế cho kích thước của các bàn phím (bàn phím ảo cũng như bàn phím vật lý), làm giảm tính hiệu quả trong hoạt động lâu dài trên các thiết bị này khi gõ phím.

Đã có những sáng chế về bàn phím hoàn toàn chứa các phím vật lý, có thể cuộn gọn lại và bỏ vào ống, tạo kích thước nhỏ gọn để thuận tiện hơn khi đem theo như mô tả trong bằng sáng chế số US 5220521 A và US 5616897 A. Tuy nhiên việc mang theo các ống hình trụ chứa các bàn phím cuộn lại này với đường kính

lớn hơn 5cm và chiều dài hơn 20cm vẫn khá lớn khi so với kích thước của các thiết bị di động. Do đó, việc mang theo các bàn phím này vẫn không thực sự dễ dàng và tiện dụng.

Một số bàn phím hoàn toàn chứa các phím ảo như đã trình bày ở trên cũng đã giúp thu gọn thiết bị đến mức có thể mang vác di chuyển được. Tuy nhiên việc có 100% các phím bấm ảo khiến cho người gõ cần nhìn xuống bàn phím để định vị khi gõ, do không có phản hồi xúc giác mang tính chất định vị, làm giảm hiệu quả làm việc.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích đề xuất giải quyết các vấn đề nêu trên, cho phép tạo kích thước vật lý của bàn phím nhỏ hơn các loại bàn phím vật lý đã có, giữ được đặc trưng phản hồi xúc giác ở vị trí định vị trung tâm của bàn phím vật lý truyền thống, giữ được kích thước của bề mặt tương tác lớn tương đương với bàn phím của máy tính bàn, tạo điều kiện cho người sử dụng hoạt động lâu dài và hiệu quả khi gõ phím với thiết bị di động, và máy tính truyền thống, đồng thời phục vụ nhu cầu di động nhờ tính nhỏ gọn của thiết bị.

Việc làm giảm kích thước vật lý của thiết bị, nhưng vẫn duy trì tổng diện tích tương tác tương đương bàn phím máy tính bàn, được thực hiện bằng cách tạo ra các phím ảo xung quanh thiết bị. Việc duy trì phản hồi xúc giác giúp định vị các phím mà không cần nhìn xuống bàn phím được thực hiện bằng cách bao gồm một số phím vật lý trên thiết bị, tương tự các phím định vị của bàn phím máy tính thông thường.

Bàn phím cho máy tính hoặc thiết bị di động kết hợp cả phím vật lý và phím ảo bao gồm bốn tầng:

tầng một tạo lực ma sát của thiết bị với bề mặt đặt thiết bị, giúp cố định thiết bị trong quá trình sử dụng, và chứa cảm biến thể hiện trạng thái tiếp xúc với mặt phẳng;

tầng hai là đường dẫn quang học lọc tín hiệu phản xạ từ ngón tay, chỉ theo phương song song và sát mặt phẳng đặt thiết bị, về các cảm biến sáng;

tầng ba chứa nguồn điện, nguồn phát tín hiệu quang ra xung quanh thiết bị, bộ vi xử lý đã cài đặt các thuật toán xử lý tín hiệu và xác định trạng thái nhấn phím ảo, bộ truyền thông trạng thái nhấn về cho máy tính hoặc thiết bị di động bằng phương pháp vô tuyến hoặc hữu tuyến, và có thể nguồn sáng tạo hình ảnh phím ảo xung quanh thiết bị, trên mặt phẳng đặt thiết bị; và

tầng bốn chứa các phím vật lý, trong đó có các phím định vị tạo phản hồi xúc giác đặc biệt, ví dụ gờ nhô lên, để phản hồi xúc giác cho người dùng, giúp người dùng không cần nhìn xuống bàn phím mà vẫn định vị được các phím nhấn; tầng bốn cũng có thể chứa nguồn sáng tạo hình ảnh phím ảo xung quanh thiết bị, trên mặt phẳng đặt thiết bị.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 thể hiện một phương án thiết kế mẫu của bàn phím kết hợp cả phím vật lý và phím ảo được đề xuất bởi giải pháp hữu ích này;

Hình 2 thể hiện sơ đồ giải thuật xử lý tín hiệu của hệ thống xác định trạng thái nhấn phím ảo, ứng với một phương án thiết bị được đề xuất bởi giải pháp hữu ích này;

Hình 3 thể hiện một ví dụ về thao tác để thu được hệ số hiệu chuẩn khi bắt đầu mỗi phiên làm việc của một phương án thiết bị được đề xuất bởi giải pháp hữu ích này;

Hình 4 thể hiện sơ đồ giải thuật xác định hệ số hiệu chuẩn từ thao tác như ví dụ ở Hình 3; và

Hình 5 thể hiện thiết kế sơ bộ phần cứng của một phương án ưu tiên của hệ thống được đề xuất bởi giải pháp hữu ích này.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Phương pháp xác định vị trí ngón tay dùng cảm biến quang học được đề xuất dựa trên cường độ phản xạ của tín hiệu quang học phát đi từ nguồn sáng điểm (nguồn sáng điểm là nguồn sáng có kích thước nhỏ hơn nhiều khoảng cách từ ngón tay tới nguồn sáng, phân bố ánh sáng đều theo các hướng ra không gian xung quanh) cố định trên thiết bị, đi tới ngón tay rồi phản hồi về cảm biến. Cường độ này có thể tính gần đúng theo công thức tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ ngón tay tới nguồn sáng điểm và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ ngón tay tới cảm biến điểm (cảm biến điểm là cảm biến có kích thước nhỏ hơn nhiều so với khoảng cách từ ngón tay tới cảm biến):

$$I = I_0 * a * (1/d)^2 * (1/r)^2.$$

Với I_0 là cường độ sáng của nguồn sáng điểm, a là hệ số phụ thuộc vào ngón tay và vào chất lượng phản xạ của các bề mặt gần ngón tay, d là khoảng cách từ nguồn sáng điểm tới ngón tay, r là khoảng cách từ cảm biến điểm tới ngón tay. Các khoảng cách d và r không độc lập với nhau, và liên hệ với nhau qua bố trí hình học của vị trí đặt cảm biến và nguồn sáng. Ví dụ, nếu nguồn sáng trùng với cảm biến thì $d = r$. Do đó từ việc đo đạc I và biết được hệ số $a * I_0$, có thể tìm lại được d và r .

Hệ số $a \cdot I_0$ không phụ thuộc vào vị trí các ngón tay trong một phiên làm việc, và có thể được xác định chung cho phiên làm việc, thông qua hoạt động hiệu chuẩn khi bắt đầu phiên làm việc.

Khi đặt nhiều cảm biến tại các vị trí khác nhau, bằng kỹ thuật trên sẽ biết được khoảng cách từ ngón tay tới các cảm biến. Thông qua bài toán hình học coi các cảm biến là đỉnh của một đa giác, ngón tay là đỉnh còn lại của đa giác, khi biết được vị trí các cảm biến và khoảng cách giữa mọi đỉnh của đa giác, ta suy ra vị trí của đỉnh còn lại là vị trí ngón tay. Với một ngón tay, cần tối thiểu hai cảm biến đặt ở hai vị trí khác nhau để tìm ra hai bậc tự do của vị trí ngón tay - khi đó, ta có bài toán biết vị trí hai đỉnh của tam giác và khoảng cách từ hai đỉnh này tới đỉnh còn lại, xác định vị trí của đỉnh còn lại. Trên lý thuyết, lời giải bài toán này có hai nghiệm, nhưng trên thực tế có thể loại trừ một nghiệm không bao giờ xảy ra với một thiết kế bàn phím nhất định. Ngoài ra, có thể loại trừ nghiệm bằng việc bố trí thêm cảm biến.

Do vị trí của mỗi ngón tay trên mặt phẳng đặt thiết bị có hai bậc tự do, để phân biệt tín hiệu gõ cùng lúc của K ngón tay trên các phím ảo, cần có ít nhất $2 \cdot K$ cảm biến đặt ở các vị trí khác nhau. Ví dụ, bốn cảm biến đặt ở bốn góc của thiết bị sẽ cho biết trạng thái nhấn phím của tối đa hai ngón tay gõ cùng lúc trên các phím ảo, khi đó cần giải hệ phương trình:

$$I_1 = I_0 \cdot a \cdot (1/d_1)^2 \cdot (1/r_{11})^2 + I_0 \cdot a \cdot (1/d_2)^2 \cdot (1/r_{21})^2;$$

$$I_2 = I_0 \cdot a \cdot (1/d_1)^2 \cdot (1/r_{12})^2 + I_0 \cdot a \cdot (1/d_2)^2 \cdot (1/r_{22})^2;$$

$$I_3 = I_0 \cdot a \cdot (1/d_1)^2 \cdot (1/r_{13})^2 + I_0 \cdot a \cdot (1/d_2)^2 \cdot (1/r_{23})^2;$$

$$I_4 = I_0 \cdot a \cdot (1/d_1)^2 \cdot (1/r_{14})^2 + I_0 \cdot a \cdot (1/d_2)^2 \cdot (1/r_{24})^2.$$

Với I_k ($k = 1, \dots, 4$) là cường độ sáng thu được từ bốn cảm biến, d_i là khoảng cách từ ngón tay i đến nguồn điểm, r_{ij} là khoảng cách từ ngón tay i đến cảm biến điểm j . Bốn phương trình trên, cộng thêm ít nhất sáu phương trình độc lập liên hệ d_i và r_{ij} từ bố trí hình học của các cảm biến và nguồn sáng điểm, sẽ cho phép giải ra mười ẩn d_i và r_{ij} . Ví dụ của sáu phương trình độc lập liên hệ d_i và r_{ij} là:

phương trình tính được r_{13} từ r_{11} , r_{12} và các vị trí cố định của các cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và thứ ba, trong tứ giác có các đỉnh là cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và thứ tư và ngón tay thứ nhất;

phương trình tính được r_{14} từ r_{11} , r_{12} và các vị trí cố định của các cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai, và thứ tư, trong tứ giác có các đỉnh là cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và thứ tư và ngón tay thứ nhất;

phương trình tính được d_1 từ r_{11} , r_{12} và các vị trí cố định của các cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và nguồn điểm, trong tứ giác có các đỉnh là cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và nguồn điểm và ngón tay thứ nhất;

phương trình tính được r_{23} từ r_{21} , r_{22} và các vị trí cố định của các cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và thứ ba, trong tứ giác có các đỉnh là cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và thứ tư và ngón tay thứ hai;

phương trình tính được r_{24} từ r_{21} , r_{22} và các vị trí cố định của các cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và thứ tư, trong tứ giác có các đỉnh là cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và thứ tư và ngón tay thứ hai;

phương trình tính được d_2 từ r_{21} , r_{22} và các vị trí cố định của các cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và nguồn điểm, trong tứ giác có các đỉnh là cảm biến điểm thứ nhất, thứ hai và nguồn điểm và ngón tay thứ hai.

Phép tính có thể được thực hiện trước cho các vị trí định sẵn của các phím ảo, và kết quả tính toán về cường độ phản xạ thu được ở các cảm biến từ các vị trí ngón tay định sẵn gõ trên phím ảo có thể được lưu sẵn trong bộ nhớ thiết bị. Khi một bộ giá trị cường độ phản xạ được thu lại tại các cảm biến, thay vì phải thực hiện lại các phép tính, có thể tra bảng đã lưu nêu trên để truy lại vị trí ngón tay. Việc tra bảng thay vì thực hiện các phép tính giúp tăng tốc độ xử lý cho thiết bị.

Thực tế các ngón tay, nguồn sáng cũng như cảm biến không chính xác là các điểm và nguồn sáng có thể không phân bố đều ánh sáng trong không gian, do đó các công thức tính trên chỉ là xấp xỉ. Bảng tính sẵn có thể được thực hiện thông qua mô phỏng quang học chi tiết hoặc thí nghiệm trên mô hình nguồn sáng, cảm biến và ngón tay cụ thể. Việc so khớp giữa tín hiệu thu được với bảng tính sẵn chỉ cần đạt mục tiêu chọn ra trạng thái nhấn phím khớp nhất; chứ không cần đạt mục tiêu xác định chính xác tọa độ của các điểm phản xạ trên ngón tay; do thực tế chỉ cần phân biệt các trạng thái nhấn phím cho một thiết kế bàn phím cụ thể (ví dụ giữa việc nhấn phím Q và với các trạng thái nhấn bên cạnh, như nhấn phím W). Với mục tiêu này, cũng có thể bố trí nhiều nguồn sáng điểm, thay vì một nguồn như trong các công thức trên. Độ chính xác của phép tính đạt mức tối ưu khi khoảng cách giữa các cảm biến là lớn tương đương hoặc không quá bé so với các khoảng cách từ ngón tay tới các cảm biến.

Theo một phương án, giải pháp hữu ích đề xuất một thiết bị có dạng là hình hộp chữ nhật với chiều cao khoảng 2-4mm, chiều dài khoảng 40-80mm, chiều rộng khoảng 10-20mm, được sử dụng ở tư thế đặt nằm trên một mặt phẳng - ví dụ mặt bàn làm việc, được lắp ghép từ bốn tầng như mô tả trong Hình 1, bao gồm:

Tầng một nằm ở dưới đáy, có tác dụng làm lớp vỏ bảo vệ và tạo ma sát giữa thiết bị với bề mặt phẳng bên dưới, giúp thiết bị khó bị di chuyển bởi thao tác sử dụng thông thường. Thiết bị sẽ không hoạt động tốt nếu nó chưa được đặt nằm tiếp xúc với bề mặt phẳng bên dưới, do đó tại tầng này cũng có cảm biến bề mặt, sẽ cung cấp thông tin về trạng thái thiết bị đã được tiếp xúc với bề mặt phẳng hay chưa. Để tạo ma sát cao với bề mặt bên dưới, vật liệu chế tạo tầng một cần có hệ số ma sát cao và có hệ số đàn hồi nhất định.

Tầng hai nằm trên tầng một, trong suốt với ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại, dẫn ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại từ các phương song song và nằm gần bề mặt đặt thiết bị - các tia sáng cách bề mặt này ít hơn 1mm - tới các cảm biến quang học nhạy với một số bước sóng trong dải ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại. Các tia sáng không nằm theo phương song song và không nằm sát bề mặt sẽ bị hấp thụ tại mặt trên và mặt dưới (có phủ chất hấp thụ ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại) và không tới được các cảm biến quang của thiết bị. Có thể lắp đặt bộ lọc quang học ngay trước các cảm biến này, chỉ cho phép đi lọt qua bước sóng của nguồn phát của thiết bị. Việc này giúp loại bỏ các nguồn nhiễu bên ngoài, tăng độ chính xác cho tín hiệu thu được của thiết bị.

Tầng ba nằm trên tầng hai, chứa bộ nguồn (mạch ổn định nguồn cung điện, và có thể có pin dự trữ điện năng và mạch sạc), bộ vi xử lý thực hiện các thuật toán điều khiển và xử lý tín hiệu được mô tả bên dưới, bộ điều khiển truyền thông để liên lạc, có thể không dây (ví dụ theo phương thức truyền thông bluetooth, hoặc truyền thông không dây khoảng cách ngắn theo chuẩn riêng tới một thiết bị trung chuyển kết nối hữu tuyến với máy tính hoặc thiết bị di động) hoặc hữu tuyến (ví dụ theo phương thức USB), với máy tính hoặc thiết bị di động. Ở mép của tầng ba cũng có nguồn điểm ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại - phát ra bởi điốt phát quang (LED) hoặc laser bán dẫn nhỏ - có tác dụng tạo ra tín hiệu ánh sáng hoặc hồng ngoại phát ra xung quanh thiết bị. Khi ngón tay của người dùng chạm xuống bề mặt đặt thiết bị tại vị trí các phím ảo, một phần tín hiệu này sẽ bị phản xạ tại bề mặt của ngón tay và truyền về cảm biến quang của thiết bị qua lớp dẫn sáng ở tầng hai. Chỉ khi ngón tay ở gần bề mặt mới có thể tạo ra tia phản xạ đi song song với bề mặt đặt thiết bị và nằm sát bề mặt, đây là những tia mà tầng hai được thiết kế để cảm nhận. Khi ngón tay không nằm gần bề mặt, sẽ không có tia phản xạ song song và nằm sát bề mặt đi tới tầng hai; do đó sẽ không có tín hiệu nhận được ở tầng hai. Tầng ba cũng có thể có nguồn ánh sáng độc lập được sử dụng để tạo hình ảnh các phím ảo trên bề mặt xung quanh nơi đặt thiết bị.

Tầng bốn nằm ở trên cùng, chứa các phím tương tự như các phím của bàn phím vật lý truyền thống; một phương án khả dĩ là nó chứa bốn phím F (4), G (5), H (6) và J (7) ứng với thiết kế bàn phím QWERTY, trong đó phím F và J có dấu hiệu nhận biết xúc giác, ví dụ một gờ lồi lên trên bề mặt mỗi phím 28, 29, để giúp người sử dụng định vị được vị trí các phím ẩn, mà không cần nhìn xuống bàn phím. Tín hiệu nhấn các phím vật lý tại tầng bốn cũng được gửi về bộ vi xử lý ở tầng ba để tổng hợp trạng thái nhấn phím của toàn bộ bàn phím.

Sơ đồ tổng quát thuật toán điều khiển và xử lý tín hiệu ở bộ vi xử lý của tầng ba được mô tả như trên Hình 2.

Tín hiệu ở tần số khoảng 1KHz đến 1MHz tạo ra tại 10 và được đưa vào nuôi nguồn sáng 18. Tín hiệu này có thể được mã hóa để đảm bảo là duy nhất cho mỗi thiết bị, giúp phân biệt được tín hiệu phát đi của thiết bị này với các nguồn nhiễu bên ngoài.

Ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại được phát theo tín hiệu nguồn nuôi từ 18 sẽ phản xạ trên ngón tay người dùng hay các vật phản xạ khác 20, đi qua hệ thống quang học ở tầng hai 21. Chỉ những tia phản xạ song song sát mặt phẳng đặt thiết bị, tức là từ ngón tay hoặc vật phản xạ chạm xuống mặt phẳng này ở xung quanh thiết bị, mới đi qua được 21 để tới cảm biến quang 19. Việc này giúp loại bỏ tín hiệu từ ngón tay hay các vật thể không chạm xuống mặt bàn, và do đó phân biệt được trạng thái đã nhấn phím và chưa nhấn phím của ngón tay. Trước khi tới cảm biến, ánh sáng có thể đi qua bộ lọc quang phổ, chỉ để lọt tới cảm biến bước sóng ứng với bước sóng của nguồn sáng ở tầng ba. Việc này giúp loại bớt nhiễu từ các nguồn khác. Có thể sắp đặt nhiều nguồn sáng điểm ở tầng ba, mỗi nguồn ứng với bước sóng khác nhau, và sắp đặt các bộ lọc khác nhau tại từng cảm biến, để mỗi cảm biến nhận tín hiệu từ nguồn tương ứng riêng rẽ.

Các cảm biến 19 chuyển cường độ sáng nhận được thành tín hiệu điện tương tự. Tín hiệu này được chuyển thành tín hiệu số, qua bộ chuyển đổi tương tự thành số (A2D) 11 để tới bộ lọc tín hiệu 12. Tần số lấy mẫu của bộ (A2D) 11 cần đảm bảo đủ lớn, ví dụ tối thiểu hai lần tần số nguồn phát 10, để thu được dạng sóng của tín hiệu nhận được chứa thông tin đã được mã hóa bởi nguồn phát 10.

Bộ lọc tín hiệu 12 nhận đầu vào gồm:

các tín hiệu phản xạ từ 11;

tín hiệu mã hóa của nguồn phát 10.

Các tín hiệu này được thu trong chu kỳ lấy mẫu T . Đầu ra của bộ lọc 12 là những tín hiệu phản xạ nào có tần số và dạng sóng đồng bộ hoàn toàn với tín hiệu

nguồn phát 10, còn các tín hiệu phản xạ nhiều từ các nguồn bên ngoài đến cảm biến được loại bỏ. Đầu ra của bộ lọc 12 được dùng để xác định cường độ sáng $S_1, S_2, \dots, S_N$ lần lượt thu được bởi cảm biến thứ nhất, cảm biến thứ hai, ..., và cảm biến thứ N . Bộ các số $(S_1, \dots, S_N)$ được chuyển sang khối xử lý 14.

Đầu vào của bộ xử lý 14 là bộ số $(S_1, \dots, S_N)$ và có thể thêm một con số gọi là Hệ số hiệu chuẩn được lưu tại 12. Hoạt động của hệ thống phụ thuộc vào cường độ tín hiệu phản xạ từ các ngón tay (hoặc các vật thể phản xạ) ở sát mặt phẳng đặt thiết bị. Cường độ này, ngoài việc phụ thuộc vào vị trí của ngón tay, còn phụ thuộc vào:

mức độ phản xạ của ngón tay (ví dụ khi đeo găng đen, ngón tay sẽ phản xạ ánh sáng ít hơn khi không đeo găng) - yếu tố một;

cường độ của ánh sáng chiếu tới, phụ thuộc một phần vào mức độ phản xạ và các tính chất khác của mặt phẳng đặt thiết bị - yếu tố hai.

Hai yếu tố trên, khác với yếu tố vị trí đặt ngón tay, gần như không thay đổi trong một phiên làm việc của người dùng. Do đó, tại thời điểm đầu một phiên làm việc, người dùng có thể làm thao tác, được mô tả chi tiết hơn ở bên dưới, giúp đưa ra một hệ số hiệu chuẩn, thể hiện sự tác động của hai yếu tố trên vào tín hiệu nhận được, lưu lại sử dụng cho toàn phiên. Hệ số hiệu chuẩn lớn khi tín hiệu phản xạ lớn cho cùng một vị trí đặt ngón tay, và hệ số hiệu chuẩn nhỏ khi tín hiệu phản xạ nhỏ cho cùng một vị trí đặt ngón tay. Nói cách khác, hệ số hiệu chuẩn tỷ lệ với cường độ phản xạ ứng với các yếu tố một và hai khác nhau tại cùng một vị trí đặt ngón tay. Như vậy, nếu chia cường độ thu được cho hệ số hiệu chuẩn, ta thu được giá trị phản xạ không phụ thuộc vào yếu tố một và hai, chỉ phụ thuộc vào vị trí ngón tay.

Ngoài cách sử dụng hệ số hiệu chuẩn, có thể sử dụng phương pháp khác là tính các hệ số có sự phụ thuộc mạnh vào vị trí của các ngón tay và phụ thuộc yếu vào các yếu tố ảnh hưởng khác, dựa trên cường độ phản xạ đo được. Ví dụ, các hệ số này có thể ở dạng $f(S_1, \dots, S_N)/g(S_1, \dots, S_N)$ với f và g là các hàm số tuyến tính, hoặc ở dạng không bị thay đổi khi nhân $S_1, S_2, \dots, S_N$ với cùng một hằng số. Chẳng hạn như $(S_1 - S_2)/(S_1 + S_2)$ hay $(S_2^3 - S_3^3)/(S_2^3 + S_3^3)$. Các hàm này không phụ thuộc vào độ lớn tuyệt đối của $S_1, \dots, S_N$ và chỉ phụ thuộc vào độ lớn tương đối giữa $S_1, \dots, S_N$ với nhau. Như vậy, chúng không phụ thuộc vào các yếu tố ảnh hưởng của mức độ phản xạ ngón tay hay tính chất phản xạ của mặt phẳng đặt thiết bị, do các yếu tố này tạo ra các hằng số nhân thêm vào $S_1, \dots, S_N$ cùng lúc. Kỹ thuật này có ưu điểm là giúp bỏ qua bước xác định hệ số hiệu chuẩn, tuy nhiên do không sử dụng thông tin về độ lớn tuyệt đối của $S_1, \dots, S_N$, phép đo mất đi một bậc tự do, dẫn đến để xác định trạng thái nhân cùng lúc của K ngón tay, cần tối thiểu $2 \cdot K + 1$ cảm biến.

Các hệ số tín hiệu đã tính ở trên, hoặc các cường độ phản xạ đã được hiệu chỉnh, được chuyển sang phần tra bảng hệ số 16. Tại phần tra bảng hệ số 16, bộ các hệ số được so khớp với từng dòng trong một bảng hệ số 15 lưu sẵn từ trước trong thiết bị. Mỗi dòng của bảng này ứng với bộ hệ số của từng trạng thái nhấn phím, thu được qua các thí nghiệm hiệu chuẩn thiết bị trong quá trình chế tạo. Khi bộ hệ số của tín hiệu thu được trùng sát nhất với một dòng, trạng thái nhấn phím tương ứng với dòng đó được đưa ra cho máy tính (hoặc thiết bị di động) qua bộ giao tiếp 17.

Một ví dụ về thao tác để thu được hệ số hiệu chuẩn khi bắt đầu mỗi phiên làm việc được mô tả trên Hình 3. Khi bắt đầu mỗi phiên làm việc, tức là khi người dùng đặt thiết bị xuống mặt phẳng và các cảm biến tiếp xúc mặt phẳng ở tầng một báo tín hiệu tiếp xúc, thiết bị yêu cầu người dùng mở khóa nó bằng một thao tác, ví dụ gõ lần lượt các chữ D, S và A trên mặt phẳng 22 - ứng với thiết kế bàn phím QWERTY. Sau khi thiết bị đã thu được hệ số hiệu chuẩn, nó được mở khóa và sẵn sàng làm việc. Thao tác hiệu chuẩn cũng có thể được người dùng tùy chọn, để tạo ra tầng bảo mật cho việc sử dụng thiết bị. Chỉ người sử dụng nào biết được thứ tự gõ trên các phím ảo đã đặt trước thì mới có thể giúp thiết bị xác định hệ số hiệu chuẩn, và do đó mới mở khóa được thiết bị. Phiên làm việc kết thúc khi tín hiệu tiếp xúc bề mặt đặt thiết bị ở tầng bốn bị ngắt.

Sơ đồ tổng quát thuật toán thu hệ số hiệu chuẩn từ thao tác mở khóa được trình bày trên Hình 4. Sơ đồ này có nhiều điểm giống với sơ đồ trên Hình 2. Những điểm khác biệt là:

Ngón tay (hoặc vật thể phản xạ, như bút) cần gõ trên mặt phẳng lần lượt qua các phím ảo nhất định 22.

Bộ các cường độ phản xạ thu được được so khớp với bộ các cường độ trong bảng 23 của trạng thái ấn phím đã biết trên đường gõ trong thao tác mở khóa. Hệ số hiệu chuẩn tại mỗi trạng thái ấn được suy ra từ sự so khớp này, ví dụ được tính bằng cách chia các cường độ thu được cho các cường độ trong bảng 15 và lấy trung bình, rồi được lưu tạm thời cho từng trạng thái nhấn tại 25. Trong trường hợp kết quả của phép chia thay đổi mạnh và không cho giá trị nằm sát giá trị trung bình, thao tác mở khóa đã bị thực hiện sai và trạng thái lưu tại 25 là ERROR.

Nếu các hệ số lưu tại 25 là khá giống nhau và không bị ERROR, lấy trung bình các hệ số hiệu chuẩn này và lưu lại cho phiên làm việc tại 27, nếu không thì quay lại yêu cầu thao tác mở khóa lần nữa 26.

Hệ số hiệu chuẩn còn có thể được tính bằng phương pháp khác từ các cường độ phản xạ thu được, ví dụ như thông qua phương pháp bình phương tối thiểu, trong đó tìm hệ số hiệu chuẩn ứng với cực tiểu hóa khoảng cách giữa đường cong tạo bởi các điểm là bộ các cường độ đo được nhân với hệ số hiệu chuẩn và các đường cong tạo bởi các điểm là bộ các cường độ trong bảng tra ứng với các phím được gõ khi hiệu chuẩn.

Hệ số hiệu chuẩn cũng có thể được cập nhật liên tục trong phiên làm việc: sau mỗi lần một phím nhấn đã được xác nhận, cường độ phản xạ thu được từ các cảm biến khi nhấn phím này được so với bảng cường độ phản xạ chuẩn để rút ra hệ số hiệu chuẩn, và cập nhật vào bộ nhớ của thiết bị. Tương tự như vậy, bảng tra cứu 15 của các hệ số tín hiệu cũng có thể được cập nhật thường xuyên: sau mỗi lần một phím nhấn đã được xác nhận, hệ số tín hiệu thu được khi nhấn phím này được cập nhật cho dòng tương ứng của phím trong bảng 15.

Thiết bị còn có thể kèm theo phần mềm (hay driver) cài đặt trên máy tính hoặc thiết bị di động làm việc cùng nó. Phần mềm này có thể thực hiện các chức năng sau:

Hiển thị thiết kế bàn phím ảo và trạng thái nhấn phím trên màn hình của máy tính hoặc thiết bị di động. Việc sử dụng nguồn sáng ở tầng ba để tạo ra hình ảnh các phím ảo trên bề mặt nằm dưới thiết bị là để giúp người dùng biết được thiết kế vị trí và ý nghĩa các phím. Một cách khác để giúp người dùng biết được thiết kế vị trí và ý nghĩa các phím là hiển thị thiết kế này lên màn hình máy tính hoặc thiết bị di động, và cho người dùng làm quen bằng cách nhấn thử các vị trí ảo trên bề mặt và xem các nút tương ứng trên màn hình được thay đổi trạng thái giữa nhấn và không nhấn như thế nào. Với cách này có thể không cần dùng nguồn sáng ở tầng ba vào việc tạo hình các phím ảo trên bề mặt, giúp tiết kiệm năng lượng cho thiết bị, và giảm giá thành sản xuất, giảm độ phức tạp và tăng độ tin cậy cho thiết bị.

Xử lý hỗ trợ để tăng độ chính xác của việc xác định trạng thái nhấn phím và tăng hiệu quả làm việc của người dùng, ví dụ theo phương pháp trong sáng chế số US 7030863 B2.

Đề tạo thuận tiện cho việc di chuyển ngón tay giữa phím ảo trên mặt phẳng bên dưới thiết bị và phím thật nằm ở tầng bốn của thiết bị, giải pháp hữu ích đề xuất thiết kế hình dáng cho thiết bị có độ dày thay đổi, trong đó nó mỏng hơn ở vành ngoài - nơi chuyển tiếp ngón tay từ mặt phẳng lên mặt trên thiết bị - và dày hơn ở trung tâm thiết bị.

Ngoài phương pháp sử dụng cường độ phản xạ từ nguồn điểm để xác định vị trí các ngón tay, có thể áp dụng các phương pháp khác như xác định thời gian di chuyển của tia phản xạ để tìm ra khoảng cách từ ngón tay tới cảm biến. Ví dụ, có thể áp dụng phương pháp của sáng chế số US 5081530 A, tăng tần số nguồn nuôi lên cỡ 0,1 đến 1 GHz, và đặt trước các cảm biến cửa sổ đóng hoặc mở tia sáng đi vào (ví dụ như các tế bào Kerr) đồng bộ với tín hiệu nguồn nuôi. Một phần của tia phản xạ đi về sẽ bị chặn bởi cửa sổ và nếu tia phản xạ về chậm thì nó sẽ bị chặn nhiều, tín hiệu nhận được sẽ yếu hơn. Tín hiệu phản xạ về chậm ứng với khoảng cách ngón tay ở xa, điều này dẫn đến mối liên hệ trực tiếp giữa khoảng cách ngón tay và cường độ tín hiệu phản xạ, nếu bỏ qua hiệu ứng nguồn điểm, theo công thức:

$$d = R (N_2 - N_1) / 2 (N_1 + N_2) + R / 2$$

trong đó, d là khoảng cách từ ngón tay tới cảm biến, R là một nửa quãng đường ánh sáng đi được trong một khoảng thời gian ứng với thời gian xung tín hiệu, N_1 là lượng sáng nhận được và N_2 là lượng sáng bị cửa sổ chặn. Nếu cảm biến phản ứng nhanh và bộ xử lý tín hiệu số đủ nhanh, hoạt động ở tần số cỡ GHz, có thể thay cửa sổ vật lý bằng xử lý trên phần mềm, lọc bỏ tín hiệu số không đồng bộ với tín hiệu nguồn phát.

Tuy nhiên các phương pháp khác tiềm ẩn những cấu trúc phức tạp trong chế tạo và có thể gây nên giá thành sản xuất cao. Ví dụ trong phương pháp của sáng chế số US 5081530 A nêu trên, cần có thêm các cửa sổ đóng mở tốc độ cao (ví dụ các tế bào Kerr) và/hoặc các cảm biến phản ứng nhanh cùng mạch điện tử và tính toán hoạt động ở tần số cao cỡ GHz hoặc cao hơn.

Hình 5 thể hiện chi tiết một phương án ưu tiên cho phần cứng của thiết bị nêu ở Hình 1.

Tầng một được chế tạo từ loại nhựa cao su có hệ số ma sát trượt cao khi tiếp xúc với nhiều bề mặt khác nhau. Tầng một 30 có dạng hình hộp chữ nhật kích thước cao 0,2mm, rộng 14mm, dài 69mm. Trên tấm này đục bốn lỗ đường kính 0,8mm 37, 38, 39, 40 dành để xuyên bốn que thăm dò tiếp xúc từ tầng ba xuống. Các que này khi không tiếp xúc với mặt phẳng đặt thiết bị sẽ lòi ra khỏi đáy tầng một một đoạn khoảng 0,15mm; còn khi tiếp xúc với mặt phẳng thì sẽ bị ấn vào, làm các tiếp điểm 60, 61, 62, 63 ở tầng ba đóng mạch. Chỉ khi cả bốn tiếp điểm này đóng mạch thì thiết bị được xác định là tiếp xúc với mặt phẳng bên dưới. Que thăm dò là hình trụ có độ dài 1,2mm, đường kính 0,6mm, làm từ cùng vật liệu với tầng hai, và được gắn keo vào tiếp điểm tương ứng ở tầng ba.

Mặt trên của tầng một được dán bốn miếng inox hình nón ở bốn góc 31, 32, 33, 34; đáy của hình nón áp vào mặt trên của tầng một và có đường kính là 1mm; độ cao hình nón là 0,5mm. Các hình nón này hoạt động như các gương làm việc cùng hệ thống quang học ở tầng hai và tầng ba theo giải thích bên dưới.

Tầng hai làm từ vật liệu gần như trong suốt với tia hồng ngoại ở bước sóng 870nm, ví dụ Poly(methyl methacrylate) (PMMA) - độ truyền dẫn tại 870nm đạt trên 90%), có thiết diện 41 giống thiết diện của tầng một và độ cao (độ dày) 0,5mm. Ở bốn góc của tầng hai đục bốn lỗ 42, 43, 44, 45 đường kính 1,1 mm, vị trí của các lỗ này khớp với vị trí của bốn gương dán trên tầng một. Khi ghép tầng hai vào tầng một, bốn gương sẽ nằm lọt vào bốn lỗ và nằm cùng mức ở tầng hai. Mặt trên và dưới của tầng hai được phủ một lớp QCR NIR868A, hấp thụ tia hồng ngoại tốt nhất (gần 100%) ở bước sóng 868nm. Ngoài ra, tầng hai cũng được đục sáu lỗ, gồm hai lỗ 46, 47 để xuyên bắt vít hoặc đồ keo gắn kết với tầng ba và bốn lỗ 48, 49, 50, 51 cho que thăm dò tiếp xúc mặt phẳng từ tầng ba xuyên qua, giống như với tầng một. Mặt dưới tầng hai được dán kéo vào tầng một.

Tầng ba làm từ mạch in PCB, hai mặt in, có độ dày 0,9 mm, thiết diện 52 là hình chữ nhật, rộng 16mm và dài 70mm, bị đục ở giữa một khoảng trống hình dạng một hình chữ nhật nhỏ hơn, rộng 10mm và dài 43mm. Tại khoảng trống này, một pin Li-on hoặc Li-polyme 50 đến 100mAh 53 có hình dạng hộp chữ nhật thiết diện trùng với khoảng trống, độ cao (độ dày) 2mm được gắn vào. Bên phải của pin, nhìn từ trên xuống, mạch in PCB cũng bị khoét để lắp chip Bluetooth, ví dụ kích thước 10mm*10mm để lắp vừa chip Bluetooth Philcomkorea HBH1X1M. Tại bốn góc của tầng ba 54, 55, 56, 57 khoét lỗ có kích thước 1,5mm* 2mm để lắp bốn photo diốt hồng ngoại loại mỏng, ví dụ loại Rohm SML-810TB nhạy ở dải bước sóng 700 - 900nm, được hướng mặt tiếp nhận tia hồng ngoại xuống dưới. Trên mặt tiếp sáng của photo diốt có thể dán kính lọc quang phổ chỉ để lọc bước sóng 870nm. Ở mặt trên tấm PCB, tại các vị trí 89, 90, 91, 92 gắn bốn LED hồng ngoại mỏng, ví dụ Rohm SIM-030ST. Trên mặt phát quang của LED, có thể dán miếng vật liệu 95, 96, 97, 98 trong suốt với tia hồng ngoại (PMMA) có mạ kim loại ở mặt trên và các cạnh hướng vào trong thiết bị, để phản xạ tia hồng ngoại ra các hướng còn lại, phát ra xung quanh thiết bị. Nhờ có các miếng này, cường độ chiếu sáng ra xung quanh sẽ mạnh hơn; tuy nhiên hệ thống vẫn có thể hoạt động mà không cần lắp các miếng này.

Tia hồng ngoại được phát từ các LED 89, 90, 91, 92, ra khoảng không gian xung quanh thiết bị, phản xạ vào ngón tay nhấn trên mặt phẳng đặt thiết bị, đi qua tấm dẫn sóng 41 của tầng hai (những tia không đi song song với mặt thiết diện 41

bị hấp thụ ở các mặt trên và mặt dưới), đập vào bốn gương nón inox 31, 32, 33, 34 đi vào bốn photo điốt tương ứng 57, 56, 55, 54.

Tầng ba cũng có hai lỗ 58, 59 để xuyên vít hoặc đồ keo gắn kết với tầng hai, tương ứng với vị trí lỗ 46, 47 của tầng hai.

Mặt dưới tầng ba gắn bốn tiếp điểm tại vị trí 60, 61, 62, 63 được dính kéo với que thăm dò tiếp xúc mặt phẳng, tương ứng với vị trí các lỗ 48, 49, 50, 51 của tầng hai và các lỗ 37, 38, 39, 40 của tầng một để que thăm dò xuyên qua.

Tại vị trí 64 của tầng ba, bảng mạch PCB bị cắt khoét vào để lắp cổng sạc cho pin và có thể đồng thời là cổng giao tiếp mini USB với máy tính hoặc thiết bị di động.

Mặt trên của tầng ba, gắn bốn tiếp điểm 77, 78, 79, 80 ứng với bốn phím nhấn vật lý của tầng bốn. Ngoài ra cũng có các lỗ 85, 86, 87, 88 để gắn keo vào bốn phím nhấn của tầng bốn.

Tầng ba cũng có bộ vi xử lý 70, ví dụ chip FPGA loại Actel IGLOO AGL015, kèm theo những mạch in kết nối các LED 89, 90, 91, 92 và photo điốt 54, 55, 56, 57, pin 53, cổng sạc 64, tiếp điểm thăm dò 60, 61, 62, 63, tiếp điểm phím nhấn 77, 78, 79, 80 với chip bluetooth 71 để bộ vi xử lý điều khiển việc sạc pin, nuôi LED, nhận tín hiệu từ các photo điốt và các tiếp điểm, xử lý tín hiệu thu được theo các sơ đồ tổng quát thuật toán trên Hình 2 và Hình 4, gửi tín hiệu trạng thái nhấn và các tín hiệu trạng thái khác tới, và cung cấp năng lượng cho, chip bluetooth.

Tầng bốn gồm bốn phím nhấn 65, 66, 67, 68, mỗi phím nhấn làm từ vật liệu nhựa, ví dụ Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), hoặc kim loại, ví dụ nhôm, có dạng hình hộp chữ nhật độ cao 0,3mm, rộng 16mm dài 17mm. Ở mặt dưới được gắn keo ở vị trí 81, 82, 83, 84, 73, 74, 75, 76 vào các tiếp điểm và lỗ tương ứng 77, 78, 79, 80, 85, 86, 87, 88 trên tầng ba. Phía trên hai phím nằm ngoài cùng có gờ nhô lên 93, 94 để tạo cảm giác xúc giác cho việc định vị hai phím này, cũng như định vị các phím khác theo vị trí tương đối so với hai phím này, mà không cần nhìn xuống thiết bị.

Các phím ngoài có thể làm mỏng hơn, ví dụ chỉ mỏng 0,2mm ở vành ngoài, giúp sự chuyển tiếp của ngón tay từ phím ảo sang phím vật lý được thuận lợi hơn. Về phần mềm cài trên bộ vi xử lý 70, các khối 14, 15, 16 được chi tiết hóa như sau.

Trong khối 14 các hệ số tín hiệu được tính bằng các công thức sau:

$$A_1 = (S_1 - S_2) / (S_1 + S_2);$$

$$A_2 = (S_3 - S_4) / (S_3 + S_4);$$

$$A_3 = (S_1 - S_3) / (S_1 + S_3);$$

$$A_4 = (S_2 - S_4) / (S_2 + S_4).$$

Trong các công thức trên, S_1 là cường độ phản xạ từ cảm biến 1 nằm ở góc trên bên trái của thiết bị khi nhìn từ trên xuống, S_2 là cường độ phản xạ từ cảm biến 2 nằm ở góc trên bên phải của thiết bị khi nhìn từ trên xuống, S_3 là cường độ phản xạ từ cảm biến 3 nằm ở góc dưới bên phải của thiết bị khi nhìn từ trên xuống, S_4 là cường độ phản xạ từ cảm biến 4 nằm ở góc dưới bên trái của thiết bị khi nhìn từ trên xuống. Các biểu thức được chọn có mức độ biến thiên giá trị mạnh theo sự thay đổi vị trí nhấn các nút liền kề. Mặc dù chỉ có ba trong số bốn hệ số trên là độc lập tuyến tính, và chúng chỉ giúp xác định, trong trường hợp tổng quát, trạng thái nhấn một ngón tay tại một thời điểm; việc giữ bốn hệ số giúp tăng độ tin cậy của phép đo và giúp phân biệt trạng thái nhấn của hai ngón tay tại cùng một thời điểm trong một số trường hợp đặc biệt.

Trích đoạn chi tiết một bảng tra cứu 15 cho các hệ số trên, mô phỏng sẵn cho các phím ảo của phương án đang trình bày, dùng chuẩn QWERTY, được cho ở bảng dưới. Trong mô phỏng ở bảng dưới, các phím ảo có kích thước tương đương các phím thực, phần ngón tay tiếp xúc với bề mặt đặt thiết bị có đường kính khoảng 9mm, cảm biến và nguồn sáng có đường kính 2mm. Kết quả mô phỏng trên bảng 15 hầu như không thay đổi khi thay đổi đường kính của phần ngón tay tiếp xúc với bề mặt đặt thiết bị trong khoảng từ 5mm đến 15mm; điều này chứng tỏ các hệ số này hầu như chỉ phụ thuộc vị trí ngón tay.

	A_1	A_2	A_3	A_4
Q	0,39	-0,35	0,40	-0,34
W	0,49	-0,41	0,50	-0,39
E	0,63	-0,46	0,64	-0,44
R	0,76	-0,44	0,77	-0,42
T	0,47	-0,28	0,51	-0,23
Y	0,02	-0,01	0,13	0,10
U	-0,43	0,26	-0,21	0,48
I	-0,75	0,44	-0,41	0,77
O	-0,64	0,46	-0,44	0,65
P	-0,50	0,41	-0,40	0,51
A	0,44	-0,44	0,44	-0,44
S	0,55	-0,55	0,55	-0,55

D	0,71	-0,71	0,71	-0,71
K	-0,73	0,73	-0,73	0,73
L	-0,56	0,56	-0,56	0,56
Z	0,41	-0,49	0,39	-0,50
X	0,46	-0,63	0,44	-0,64
C	0,44	-0,76	0,42	-0,77
V	0,28	-0,47	0,23	-0,51
B	0,01	-0,02	-0,10	-0,13
N	-0,26	0,43	-0,48	0,21
M	-0,44	0,75	-0,77	0,41

Khối 16 sử dụng thuật toán bình phương tối thiểu để xác định trạng thái nhẵn. Cụ thể, sau khi thu được các hệ số (A_1, A_2, A_3, A_4) , các bước tính sau sẽ được thực hiện:

chọn từ bảng 15 các dòng có giá trị cột một nằm đủ gần A_1 đo được, tức trong khoảng $(A_1 - e, A_1 + e)$ với e là một tham số định trước cho hệ thống (ví dụ $e = 0,05$), thu được bảng rút gọn thứ nhất;

chọn từ bảng rút gọn thứ nhất các dòng có giá trị cột hai nằm trong khoảng $(A_2 - e, A_2 + e)$, thu được bảng rút gọn thứ hai;

chọn từ bảng rút gọn thứ hai các dòng có giá trị cột ba nằm trong khoảng $(A_3 - e, A_3 + e)$, thu được bảng rút gọn thứ ba;

chọn từ bảng rút gọn thứ ba các dòng có giá trị cột bốn nằm trong khoảng $(A_4 - e, A_4 + e)$, thu được bảng rút gọn thứ tư;

nếu trong các bước trên, các bảng rút gọn thu được không chứa dòng nào, kết luận tín hiệu thu được không ứng với phím nhấn nào;

nếu bảng thu gọn thứ tư có nhiều hơn một dòng, chọn ra các dòng thứ i trong bảng này có giá trị D_i nhỏ nhất, với D_i là bình phương khoảng cách tính bởi:

$$D_i = (A_{1i} - A_1)^2 + (A_{2i} - A_2)^2 + (A_{3i} - A_3)^2 + (A_{4i} - A_4)^2$$

trong đó A_{ji} là giá trị ở cột j dòng i của bảng thu gọn thứ tư, thu được bảng thu gọn thứ năm;

nếu bảng thu gọn thứ năm có nhiều hơn một dòng đạt giá trị bình phương khoảng cách tối thiểu, chọn ra dòng có phương sai khoảng cách cực tiểu, với phương sai khoảng cách tính bằng:

$$V_i = |A_{1i} - A_1 - E_i| + |A_{2i} - A_2 - E_i| + |A_{3i} - A_3 - E_i| + |A_{4i} - A_4 - E_i|,$$

trong đó E_i là giá trị trung bình của khoảng cách:

$$E_i = (|A_{1i} - A_1| + |A_{2i} - A_2| + |A_{3i} - A_3| + |A_{4i} - A_4|) / 4;$$

nếu sau bước trên, vẫn có nhiều hơn một dòng được chọn ra, có thể thông báo trạng thái ERROR trong đó thiết bị không phân biệt được nhiều trạng thái ẩn; ngược lại nếu sau các bước trên ở một bảng thu gọn nào đó thu được một dòng thì dòng này ứng với kết quả của trạng thái nhấn cho ra;

nếu thu được trạng thái nhấn, tính trung bình cộng hệ số tín hiệu thu được và hệ số tín hiệu trong bảng, ở dòng tương ứng với trạng thái nhấn đã xác định, rồi cập nhật vào dòng đó trong bảng (15). Bước này có thể làm tăng độ chính xác cho việc xác định các trạng thái nhấn tiếp theo, tuy nhiên hệ thống có thể hoạt động bình thường nếu bỏ qua bước này.

Ngoài phần mềm cài trên thiết bị, có thể cung cấp phần mềm cho máy tính hay thiết bị di động để hiển thị thiết kế bàn phím và trạng thái nhấn phím trên màn hình của máy tính hay thiết bị di động, giúp người dùng có thêm phản hồi thị giác về trạng thái của bàn phím, và luyện tập sử dụng khi cần. Hiển thị này là quan trọng do trong phương án trình bày nêu trên, không có nguồn sáng chiếu hình ảnh các phím ảo lên bề mặt đặt thiết bị, khiến cho hiển thị trên màn hình là con đường phản hồi thị giác duy nhất. Nếu không có phản hồi thị giác trực tiếp, bàn phím phù hợp hơn cho những người đã có thói quen gõ 10 ngón tay, và chỉ cần định vị hai ngón trỏ trên các phím vật lý định vị là định vị được các phím còn lại.

Trong trường hợp muốn có phản hồi thị giác trực tiếp, có thể thay các LED hồng ngoại bằng loại phát ánh sáng nhìn thấy, cũng như chỉnh lại photo điốt và vật liệu hấp thụ và truyền dẫn ứng với bước sóng nhìn thấy, và đặt thêm trên đường dẫn ánh sáng phát ra từ LED các mặt nạ in hình các chữ cái của phím ảo để tạo ảnh các phím ảo này trên bề mặt đặt thiết bị. Mặt nạ có thể in các mặt ngoài, nơi ánh sáng đi ra, của các miếng vật liệu dán trên các LED 95, 96, 97, 98. Ngoài ra, cũng có thể dùng các phím vật lý là các nguồn sáng tạo ảnh các phím ảo này trên bề mặt đặt thiết bị; thiết kế này giúp nguồn sáng tạo ảnh phím ảo độc lập với bộ phận cảm nhận trạng thái nhấn, tuy nhiên khiến các phím vật lý dày hơn do chứa nguồn sáng, có thể dày tới 0,5 đến 0,7mm ở trung tâm, nơi chứa LED phát sáng.

Yêu cầu bảo hộ

1. Bàn phím cho máy tính hoặc thiết bị di động kết hợp cả phím vật lý và phím ảo bao gồm bốn tầng:

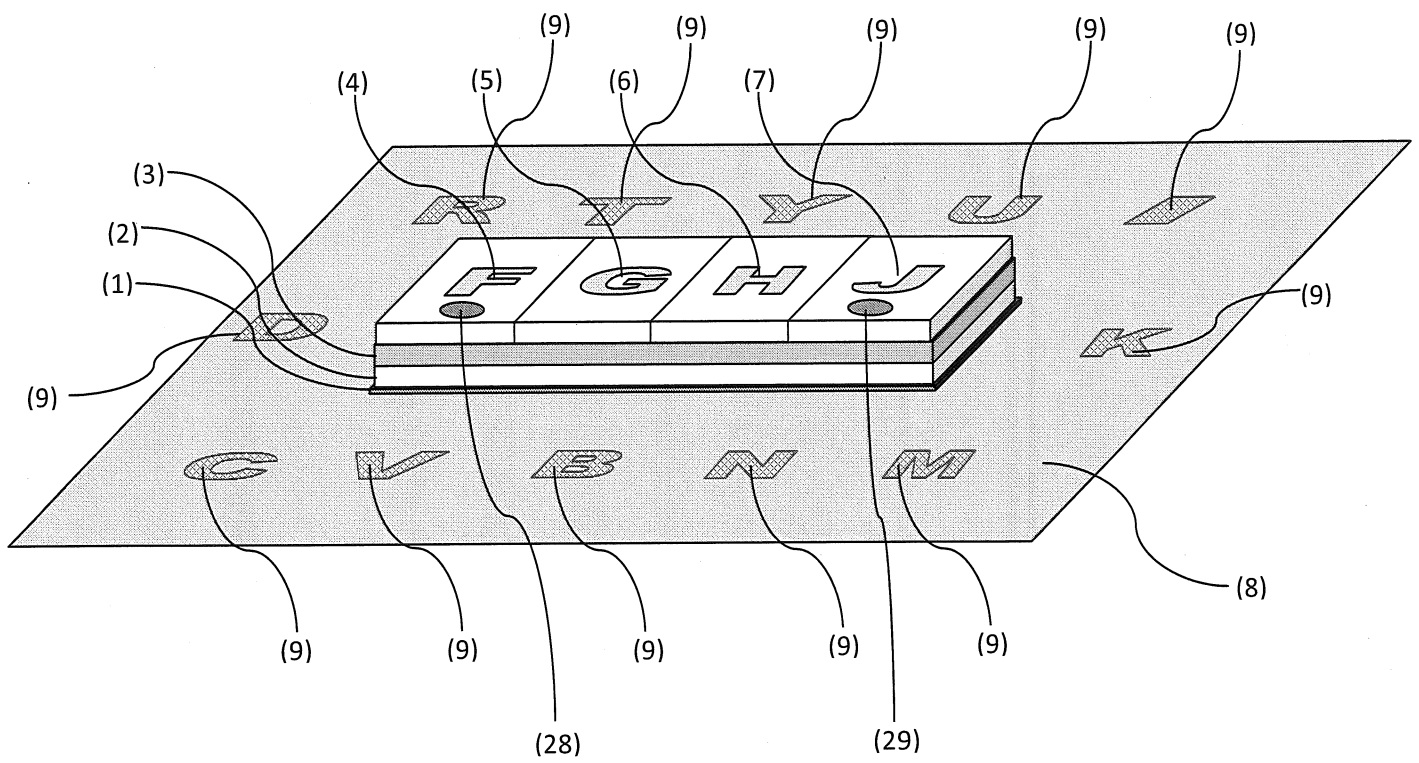
tầng một tạo lực ma sát của thiết bị với bề mặt đặt thiết bị, giúp cố định thiết bị trong quá trình sử dụng, và chứa cảm biến thể hiện trạng thái tiếp xúc với mặt phẳng;

tầng hai là đường dẫn quang học lọc tín hiệu phản xạ từ ngón tay, chỉ theo phương song song và sát mặt phẳng đặt thiết bị, về các cảm biến sáng;

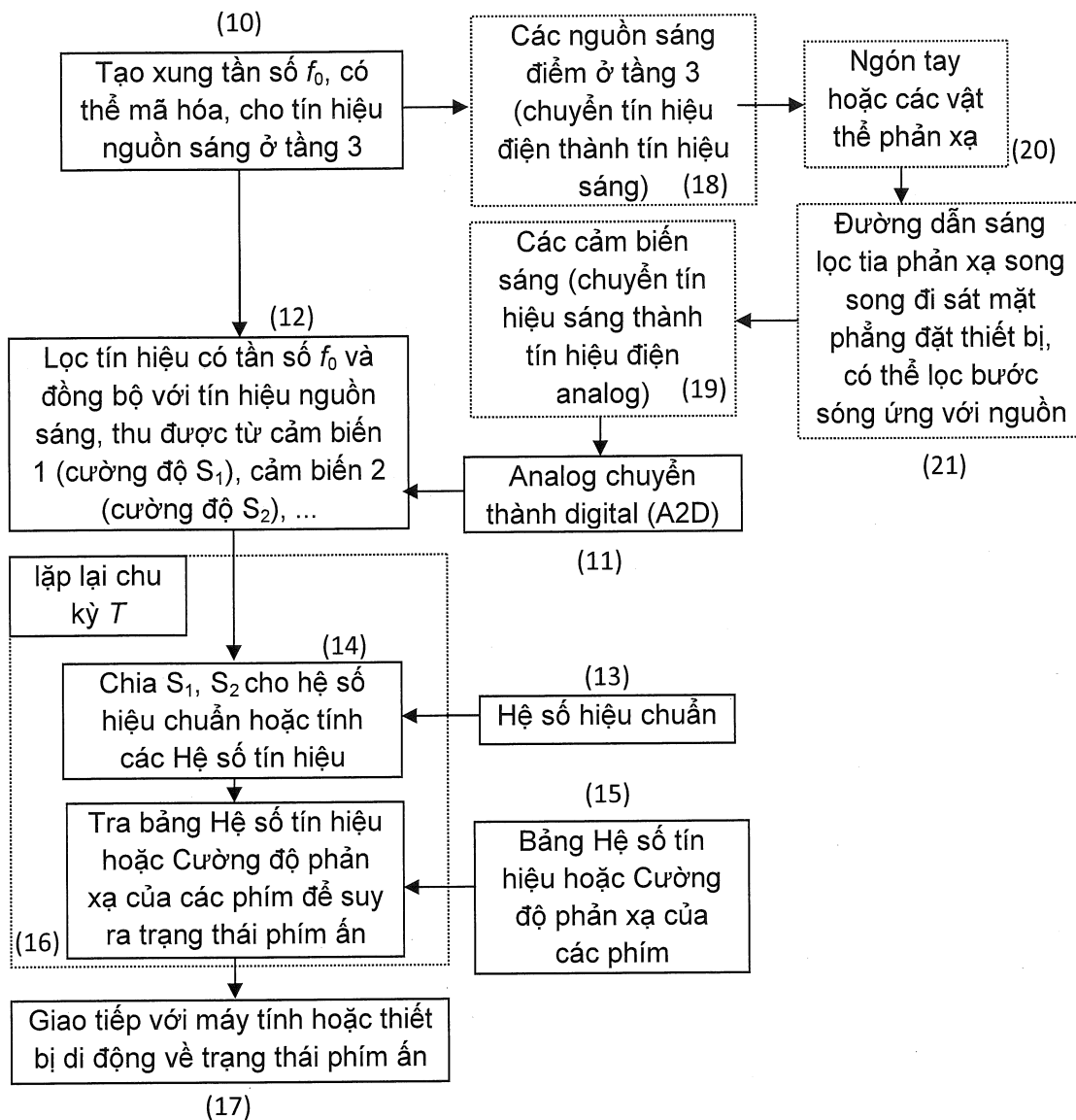
tầng ba chứa nguồn điện, nguồn phát tín hiệu quang ra xung quanh thiết bị, bộ vi xử lý đã cài đặt các thuật toán xử lý tín hiệu và xác định trạng thái nhấn phím ảo, bộ truyền thông trạng thái nhấn về cho máy tính hoặc thiết bị di động bằng phương pháp vô tuyến hoặc hữu tuyến, và có thể nguồn sáng tạo hình ảnh phím ảo xung quanh thiết bị, trên mặt phẳng đặt thiết bị; và

tầng bốn chứa các phím vật lý, trong đó có các phím định vị tạo phản hồi xúc giác đặc biệt, ví dụ gờ nhô lên, để phản hồi xúc giác cho người dùng, giúp người dùng không cần nhìn xuống bàn phím mà vẫn định vị được các phím nhấn; tầng bốn cũng có thể chứa nguồn sáng tạo hình ảnh phím ảo xung quanh thiết bị, trên mặt phẳng đặt thiết bị.

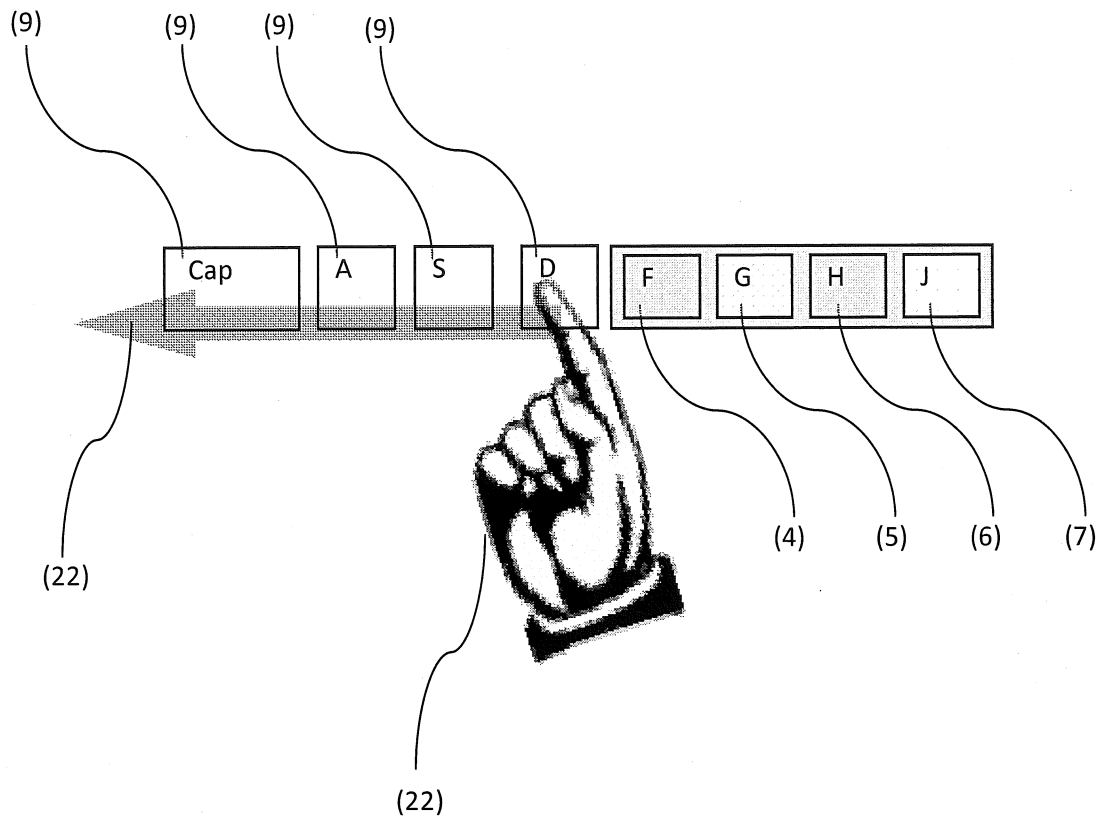
Hình 1



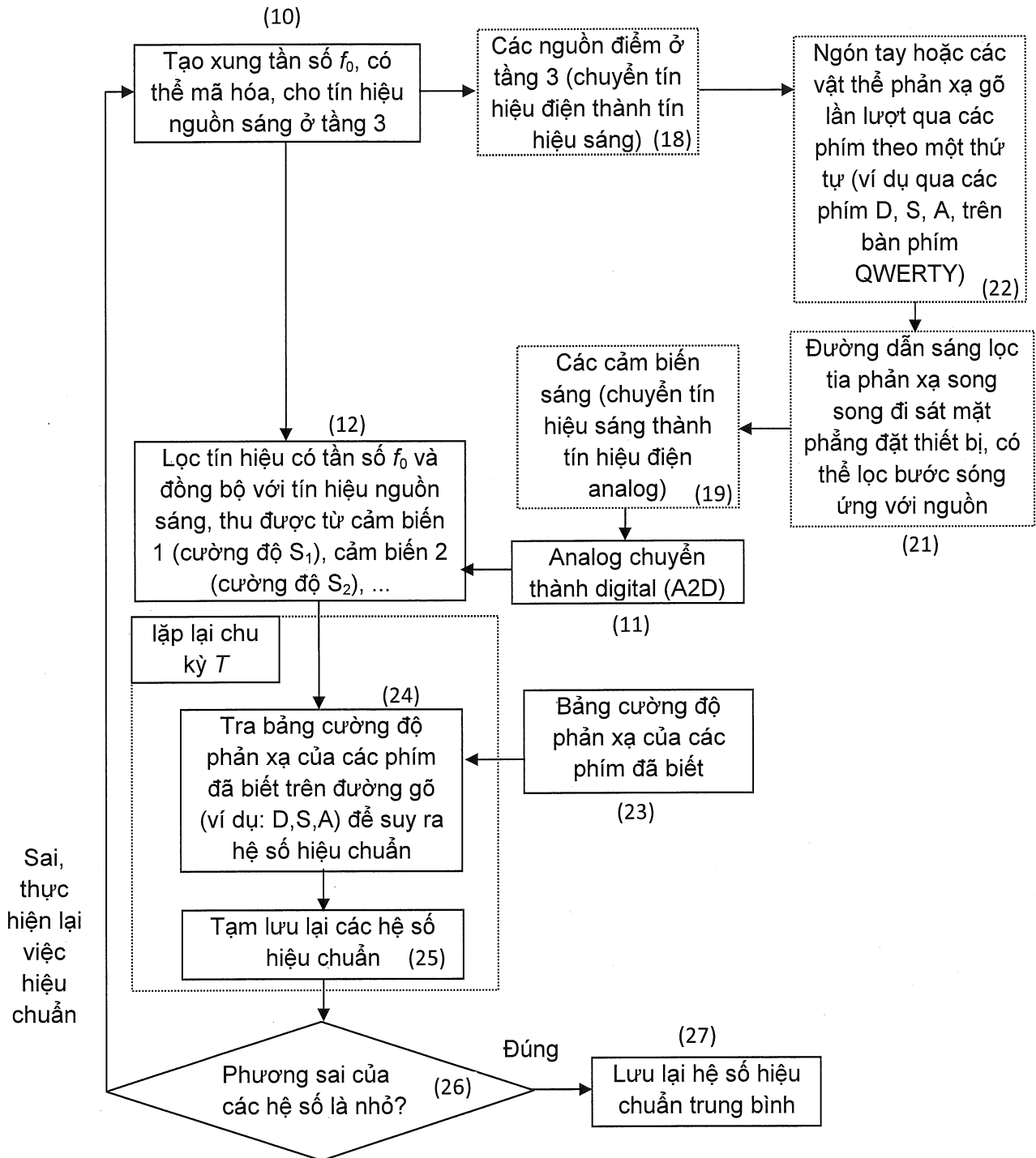
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5

