

(11) *Número de Publicação:* PT 90978 B

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 5)

H04N001/18 A

H04N001/40 B

(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) <i>Data de depósito:</i> 1989.06.26	(73) <i>Titular(es):</i> COMMUNAUTE EUROPEENNE DU CHAR.ET DE L'ACIER (CECA BAT.JEAN MONNET, PLATEAU DU KIRCHBERG L-2920 LUXEMBURGO LU
(30) <i>Prioridade:</i> 1988.06.27 LU 87259	
(43) <i>Data de publicação do pedido:</i> 1989.12.29	(72) <i>Inventor(es):</i> ROBERT GOUTTE FR GILLES JACQUEMOD FR CHRISTOPHE ODET FR
(45) <i>Data e BPI da concessão:</i> 12/93 1993.12.13	(74) <i>Mandatário(s):</i> ANTÓNIO LUÍS LOPES VIEIRA DE SAMPAIO RUA DE MIGUEL LUPI 16 R/C 1200 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* PROCESSO E DISPOSITIVO DE TRATAMENTO DE SINAIS ELÉCTRICOS PROVENIENTES DA ANÁLISE DE UMA LINHA DE IMAGEM

(57) *Resumo:*

[Fig.]

DESCRIÇÃO  
DA  
PATENTE DE INVENÇÃO

N.º 90 978

REQUERENTE: COMMUNAUTE EUROPEENNE DU CHARBON ET DE L'ACIER  
(CECA), com sede em Bâtiment Jean Monnet, Pla-  
teau du Kirchberg, L -2920 Luxemburgo.

EPÍGRAFE: " PROCESSO E DISPOSITIVO DE TRATAMENTO DE SI-  
NAIS ELÉCTRICOS PROVENIENTES DA ANÁLISE DE  
UMA LINHA DE IMAGEM ".

INVENTORES: Robert Goutte, Gilles Jacquemod e Christophe  
Odet.

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4º da Convenção de Paris  
de 20 de Março de 1883. Luxemburgo, em 27 de Junho de 1988, sob  
o n.º. 87 259.

P. 2. n.º 90.948

4.

COMMUNAUTE EUROPEENNE DU CHARBON ET DE L'ACIER (CECA)

---

"PROCESSO E DISPOSITIVO DE TRATAMENTO DE SINAIS ELECTRICOS PROVENIENTES DA ANÁLISE DE UMA LINHA DE IMAGEM"

A presente invenção diz respeito a um processo de tratamento de sinais eléctricos provenientes da análise de uma linha de imagem proveniente de detectores lineares tais como uma régua de fotodetectores unidos entre si que realizam uma amostragem do sinal com um passo constante. A presente invenção refere-se igualmente a dispositivos para a realização deste processo.

As régua de fotodetectores, por exemplo fotodíodos ou células CCD ("charge coupled device" - Dispositivo com cargas acopladas), são utilizadas para analisar uma imagem linha-a-linha, passando a imagem em frente da régua. Uma tal imagem pode, por exemplo, provir de um aparelho de controlo não destrutivo por raios X das bagagens nos aeroportos.

Os detectores integram em todos os instantes a energia luminosa que incide na superfície fotossensível do detector. O sinal eléctrico de saída do detector é decomposto em amostras uma vez por linha e é multiplexado com os sinais de saída dos outros detectores para constituir o sinal de uma linha de imagem. Na maioria dos casos, o sinal



de saída dos detectores é quantificado para permitir um tratamento ulterior em digital.

Devido à integração do sinal luminoso na superfície fotossensível do detector, o sinal eléctrico é rectificado relativamente ao sinal luminoso correspondente. A amostragem põe além disso problemas de inversão espectral quando o sinal luminoso de entrada for de banda larga. O alisamento ou rectificação corresponde à convolução do sinal por uma porta centrada sobre a origem; o espectro do sinal é multiplicado pela função de transferência deste filtro, que é uma sinusóide cardeal.

Se o sinal luminoso for de banda larga, a função de transferência do filtro limita a extensão espectral do sinal alisado. O efeito do filtro de alisamento é o de privilegiar as baixas frequências. Observam-se pois dois fenómenos que degradam a informação na banda útil do sinal; por um lado, o sinal sofre uma filtragem de baixa frequência e, por outro lado, as partes invertidas do espectro perturbam as baixas frequências.

Uma eventual diminuição da dimensão da superfície fotossensível dos fotodetectores aumentaria realmente a resolução, mas em nada alteraria o problema da inversão do espectro. Poderia pensar-se em fazer passar o sinal eléctrico multiplexado por um filtro cuja função de transferência fosse a inversa da correspondente à integração da informação na superfície fotossensível do detector. Mas esta correção do espectro não eliminaria as contribuições do sinal devidas à inversão das altas frequências.

A presente invenção tem pois por objecto pro-

porcionar um melhor processo de tratamento de sinais eléctricos provenientes da análise de uma linha de uma imagem por pelo menos uma régua de fotodetectores adjacentes que realizam uma amostragem do sinal do passo constante. Esse objectivo é atingido no plano do processo pelo facto de se efectuarem  $k$  análises da mesma linha com desvasagens laterais respectivas de  $1/k$  do passo dos fotodetectores, de se gerar um sinal sobre-decomposto em amostras, multiplicando as  $k$  amostras e de se submeter o sinal sobre-decomposto em amostras a uma filtragem temporal inversa da do filtro inerente ao alisamento espacial dos fotodetectores.

No que respeita aos dispositivos para a realização deste processo, faz-se referência às reivindicações correspondentes.

A presente invenção será a seguir descrita com mais pormenor, com o auxílio de alguns exemplos de realização e com referência aos desenhos anexos, cujas figuras representam:

A fig. 1, muito esquematicamente, o princípio do processo segundo a presente invenção;

A fig. 2, um esquema de blocos de um primeiro exemplo de realização deste processo, utilizando uma só régua;

A fig. 3, uma variante da fig. 2, utilizando quatro régua contíguas; e

A fig. 4, uma outra variante que utiliza quatro régua não contíguas.

A fig. 1 refere-se a uma amostra de uma chapa de aço que compreende dois defeitos artificiais sob a forma de ranhuras de larguras diferentes. Quando se faz o varrimento desta chapa perpendicularmente às ranhuras com uma cabeça de medição ideal, obtém-se um sinal (9), como se representa em cima na fig. 1, correspondendo as duas ranhuras às ameias (1) e (2). Se se tratar de fissuras provenientes por exemplo de uma soldadura incorrecta de uma chapa de aço, a largura das ameias é sempre pequena em relação às dimensões do fotodetector. É pois impossível estabelecer com um tal fotodetector um sinal de medição que seja uma imagem fiel das fissuras.

Por baixo deste sinal ideal, a fig. 1 mostra quatro régua (3), (4), (5) e (6) de fotodetectores, tais como (7) ou (8). Supõe-se que os fotodetectores são contíguos e que estão dispostos com o passo  $p$  constante dentro de cada régua. As quatro régua estão desfasadas entre si de uma distância  $p/4$  e admite-se que lêem simultaneamente a mesma linha de imagem.

A fig. 1 mostra além disso quatro sinais registados pelo conjunto dos fotodetectores de uma régua, ou sejam, um sinal ( $S_3$ ) respeitante à régua (3), um sinal ( $S_4$ ) respeitante à régua (4) e assim sucessivamente para as régua (5) e (6).

As régua fotossensíveis, tais como as do tipo CCD, são fornecidas com circuitos electrónicos de pré-tratamento e de conversão para digital, de modo que os sinais ( $S_3$ ) a ( $S_6$ ) simbolizam a sucessão dos valores digitais fornecidos pelas régua (3) a (6) respectivamente. Comparando o sinal (9) na parte superior da fig. 1 com a posição dos diferentes fotodetectores das régua (3) a (6), podem

facilmente reconstituir-se os sinais ( $S_3$ ) a ( $S_6$ ). Assim, o sinal ( $S_3$ ) começa com dois níveis "zero" correspondentes aos dois primeiros fotodetectores desta régua, que não são afectados por uma das ranhuras (1) e (2). Depois observa-se um valor (12) não nulo, correspondente ao fotodetector (8), que cobre a totalidade da ranhura (1). Os dois detectores seguintes afixam de novo o valor zero, e assim sucessivamente.

A amplitude (12) de um valor não nulo é proporcional à integração da parte da ameia, tal como (1), afectada pelo detector. Assim, o detector (8) da régua (3) que cobre a totalidade da ameia (1) conduz a uma amplitude (12) mais elevada do que a criada pelo fotodetector, que cobre totalmente a ameia (2) de largura mais reduzida. Do mesmo modo, um detector (7) da barra (6), que apenas cobre parcialmente a ameia (1), conduz a uma amplitude (13) menor do que a amplitude (12).

A análise do sinal óptico por uma só régua de fotodetectores daria portanto um dos sinais ( $S_3$ ) a ( $S_6$ ) que estão longe de ser significativos para o sinal (9) na parte superior da figura. Isso tem duas causas principais:

a) um fotodetector integra o sinal na sua superfície elementar, o que conduz a uma perda das partes de altas frequências do sinal óptico, fenómeno que pode designar-se por "alisamento espacial".

b) o sinal ideal é captado pelas amostras  $p$ . Não tendo acesso ao sinal senão depois de sujeito à amostragem, observa-se uma inversão espectral quando o sinal

ideal for de faixa larga. Uma diminuição das dimensões dos fotodetectores aumentaria de facto a resolução, mas em nada alteraria o problema da inversão espectral. Por outro lado, uma filtragem inversa ao efeito do alisamento espacial não permite eliminar a perturbação das baixas frequências pelas altas frequências resultantes da inversão espectral.

Segundo a presente invenção, os quatro sinais ( $S_3$ ) a ( $S_6$ ) são entrelaçados ou multiplexados para dar o sinal com sobreamostragem (S), que compreende uma sucessão de quatro amplitudes dos fotodetectores de ordem idêntica nas quatro régua. Assim, a amplitude (12) do sinal ( $S_3$ ) e a amplitude (13) do sinal ( $S_6$ ) são marcadas no sinal com sobreamostragem (S) nos lugares que lhes são próprios.

O sinal (S) é então submetido a uma desconvolução num filtro auto-regressivo, que realiza a filtragem inversa à correspondente à integração do sinal na superfície dos fotodetectores. Este sinal assim desconvoluído (D) constitui uma imagem bastante fiel do sinal que se representa na parte superior desta figura, porque este filtro está adaptado à forma particular da função de filtragem quando da integração do sinal pelos fotodetectores (função porta).

O processo, tal como atrás foi explicado com o auxílio da fig. 1, pode ser realizado de diversas maneiras. Uma primeira forma de realização, que está representada na fig. 2, utiliza uma só régua de fotodetectores CCD (20), que está mecanicamente acoplada a um dispositivo de desfasamento (21). Este dispositivo compreende um motor passo-a-passo que, depois de cada amostragem, desloca a régua (20) na direcção da linha [simbolizada por uma seta

(22) de uma distância  $p/4$ . Assim, a régua toma sucessivamente as posições que correspondem às réguas (3), (4), (5), (6) na fig. 1. Depois, a régua volta à posição original e começa outro ciclo de quatro amostragens depois do avanço da chapa de um passo, perpendicularmente à seta (22).

Uma régua de fotodetectores do tipo CCD existente no mercado é normalmente fornecida em associação com um circuito electrónico (23) de pré-tratamento e de conversão em digital, que fornece, numa saída (24), sucessivamente os valores correspondentes aos diferentes detectores da régua. Cada um dos valores é por exemplo codificado em oito bits, que estão disponíveis em paralelo. Estes valores são aplicados a uma memória denominada memória de sobreamostragem (25), cuja capacidade é igual ao número de valores provenientes de quatro ciclos de amostragem da régua. Na saída (26) desta memória, estes valores são entrelaçados de modo que se dispõe aí de uma sucessão das quatro amostras provenientes de um mesmo detector e depois os valores correspondentes aos detectores seguintes e assim sucessivamente. Na saída (26) encontra-se portanto o equivalente do sinal (S) da fig. 1. Esta sucessão de valores é finalmente aplicada a um filtro auto-regressivo (27), cuja função de transferência seja a inversa da inerente ao alisamento espacial dos fotodetectores da régua. O filtro é por exemplo do tipo de registador com deslocamento em anel. A inversão espectral já não falseia praticamente o sinal (S), porque o eixo de inversão está a uma distância, em frequência quatro vezes maior do que no caso de um sinal não sobreamostrado. Obtém-se pois na saída (28) deste filtro um sinal (D) (fig. 1)

que representa bastante fielmente a forma do sinal físico (9) na parte superior da fig. 1.

Se, por razões de rapidez e de estabilidade mecânica do dispositivo, não for viável um desfazamento passo-a-passo de uma régua tal como (20), utilizam-se quatro réguas (30), (31), (32) e (33), que são montadas de modo que os seus fotodetectores recebam simultaneamente a luz proveniente da mesma linha a analisar. Cada uma das réguas está provida dos seus circuitos electrónicos de pré-tratamento, tal como (23) (fig. 2), e fornece na saída (34') [para a barra(30)] ou (34'') [para a barra (31)], e assim sucessivamente, a sucessão dos valores numéricos correspondentes aos diferentes detectores, a um multiplexador (35), que tem a mesma função que a memória de sobreamostragem (25) da fig. 2, excepto a memorização, e fornece pela sua saída (36) a sequência com sobreamostragem conforme o sinal (S) da fig. 1. O filtro auto-regressivo (27) é o mesmo que anteriormente.

Finalmente, na fig. 4 representa-se uma outra variante, que se distingue da representada na fig. 3 por uma certa distância (d) entre as quatro réguas (40), (41), (42) e (43) perpendicularmente à direcção de desfazamento. Num dado instante, as quatro réguas "lêem" portanto linhas diferentes da imagem a analisar. A sobreamostragem deve pois ter em conta a passagem da imagem perpendicularmente à direcção da linha. Como anteriormente, cada régua está associada ao seu circuito electrónico de pré-tratamento e fornece ~~uma~~ saída única, tal como (44'), para a régua (40), e (44'') para a régua (41), a sucessão dos valores da

linha analisada pela régua respectiva num instante dado. É uma memória de sincronização e de sobreamostragem (45) que rearranja os valores provenientes das diferentes régua e pertencentes à mesma linha, em função da velocidade de passagem perpendicularmente à direcção desta linha. Esta memória deve pois ter uma capacidade maior que a memória (25) da fig. 1, porque ela deve poder armazenar uma parte da imagem correspondente à superfície coberta pelas quatro régua e os espaços (d) que as separam. Na saída (46) desta memória, encontram-se então de novo os mesmos valores que na saída (36) e (26) das figuras anteriores, os quais são então submetidos a uma filtragem num filtro (27) como anteriormente.

É claro que a presente invenção não se limita aos exemplos de realização atrás descritos. Em particular, pode escolher-se uma taxa de sobreamostragem  $k$  diferente de 4. Por outro lado, além da análise das fissuras em chapas de aço por meios de raios X, pode proceder-se à análise de uma chapa fotográfica ou ao controlo não destrutivo dos materiais por uma radiação conveniente, tal como a radiação visível, a infravermelha ou a ultravioleta. O processo segundo a presente invenção permite melhorar os dois factores limitativos ligados à natureza das régua de fotodetectores, nomeadamente o alisamento e a inversão espectral. Graças à sobreamostragem diminui-se o efeito de inversão espectral. Pode então fazer-se a desconvolução do sinal numa maior extensão do espectro. É certo que se obtém sempre uma versão filtrada do sinal ideal por um filtro passa-baixo, mas dispõe-se de informações correctas numa fai



xa de frequências maior e diminui-se o efeito do alisamen-  
to dos fotodetectores.

R e i v i n d i c a ç õ e s

1.- Processo de tratamento de sinais eléctricos provenientes da análise de uma linha de imagem proveniente de detectores lineares, tais como uma régua de fotodetectores unidos pelos extremos, que realizam uma amostragem do sinal de passo constante, caracterizado por serem efectuadas k análises da mesma linha com desfazamentos laterais respectivos de  $1/k$  do passo dos fotodetectores, por se gerar um sinal de sobreamostragem multiplexando as k amostras e se submeter o sinal com sobreamostragem a uma filtragem temporal inversa da filtragem inerente ao alisamento espacial dos fotodetectores.

2.- Dispositivo para a realização do processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se dispor uma régua (20) de fotodetectores de maneira móvel na direcção da linha a analisar para permitir a leitura sucessiva de k amostras de cada detector

(tal como 7 e 8), por se aplicar a série de sinais correspondentes à amostragem de uma linha a uma memória de sobreamostragem (25) cuja saída (26) fornece o referido sinal com sobreamostragem (S) e por se aplicar este último sinal a um filtro temporal (27) cuja função de transferência é a inversa da da filtragem inerente ao alisamento espacial devido às dimensões dos fotodetectores.

3.- Dispositivo para a realização do processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se disporem  $k$  réguas (30 a 33) de fotodetectores unidas pelos extremos, em paralelo, para analisar ao mesmo tempo  $k$  vezes a mesma linha da imagem, estando cada uma das réguas desfasada lateralmente em relação à régua adjacente de uma distância correspondente a  $1/k$  do passo ( $p$ ) dos fotodetectores, por se ligarem as  $k$  réguas pelas suas saídas em série (34', 34"), que fornecem sucessivamente sinais ( $S_3$  a  $S_6$ ) correspondentes à amostragem dos diferentes pontos da referida linha, a um multiplexador comum (35) que fornece o referido sinal com sobreamostragem (S) a um filtro temporal (27) cuja função de transferência é a inversa da inerente ao alisamento espacial dos fotodetectores.

4.- Dispositivo para a realização do processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se disporem  $k$  réguas em paralelo para analisar sucessivamente  $k$  vezes a mesma linha da imagem, estando cada régua desfasada lateralmente em relação à

régua adjacente de uma distância correspondente a  $1/k$  do passo dos fotodetectores, por as  $k$  régua estarem ligadas pelas suas saídas em série (44', 44") a uma memória comum de sobreamostragem (45) cuja saída (46) fornece o referido sinal com sobreamostragem (S) e por se aplicar este último sinal a um filtro temporal (27), cuja função de transferência é a inversa da da filtragem inerente ao alisamento espacial dos fotodetectores.

5.- Dispositivo de acordo com uma qualquer das reivindicações 2 a 4, caracterizado por as régua estarem associadas a um circuito de pré-tratamento (23) que implica uma conversão dos sinais para digital, sendo portanto o filtro (27) constituído por um filtro auto-regressivo digital do tipo de registador com deslocamento em anel,

Lisboa, 26 de Junho de 1989  
O Agente Oficina da Propriedade Industrial

R E S U M O

"Processo e dispositivo de tratamento de sinais eléctricos provenientes da análise de uma linha de imagem"

A invenção refere-se a um processo e a um dispositivo de tratamento dos sinais eléctricos provenientes da análise de uma linha de uma imagem saída de detectores lineares, tais como uma régua (20) de fotodetectores unidos pelos extremos [tais como (7) e (8)], que realizam uma amostragem de passo constante. Segundo a invenção, efectuam-se  $k$  análises da mesma linha com desfazamentos laterais respectivos de  $1/k$  do passo dos fotodetectores, gerando-se um sinal de sobreamostragem multiplexando as  $k$  amostras e submetendo-se o sinal sujeito a sobreamostragem a uma filtragem inversa à filtragem inerente ao alisamento espacial. Reduz-se assim a degradação do sinal devido à inversão do espectro e à filtragem inerente à integração da "luz" na superfície fotosensível dos fotodetectores.

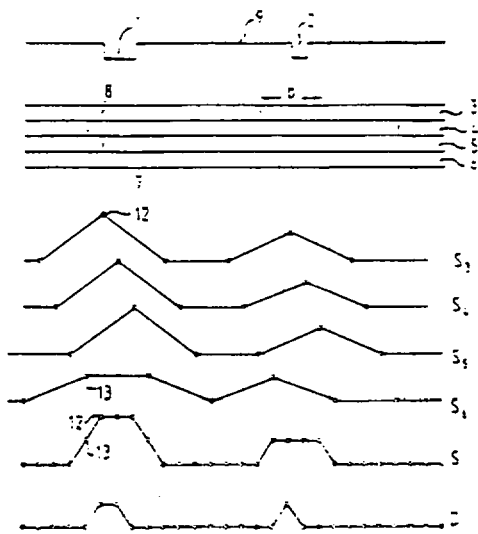


FIG 1

Lisbo 26 de Junho de 1989  
O Agente Oficial da Propriedade Industrial

*Agente Oficial*

4.

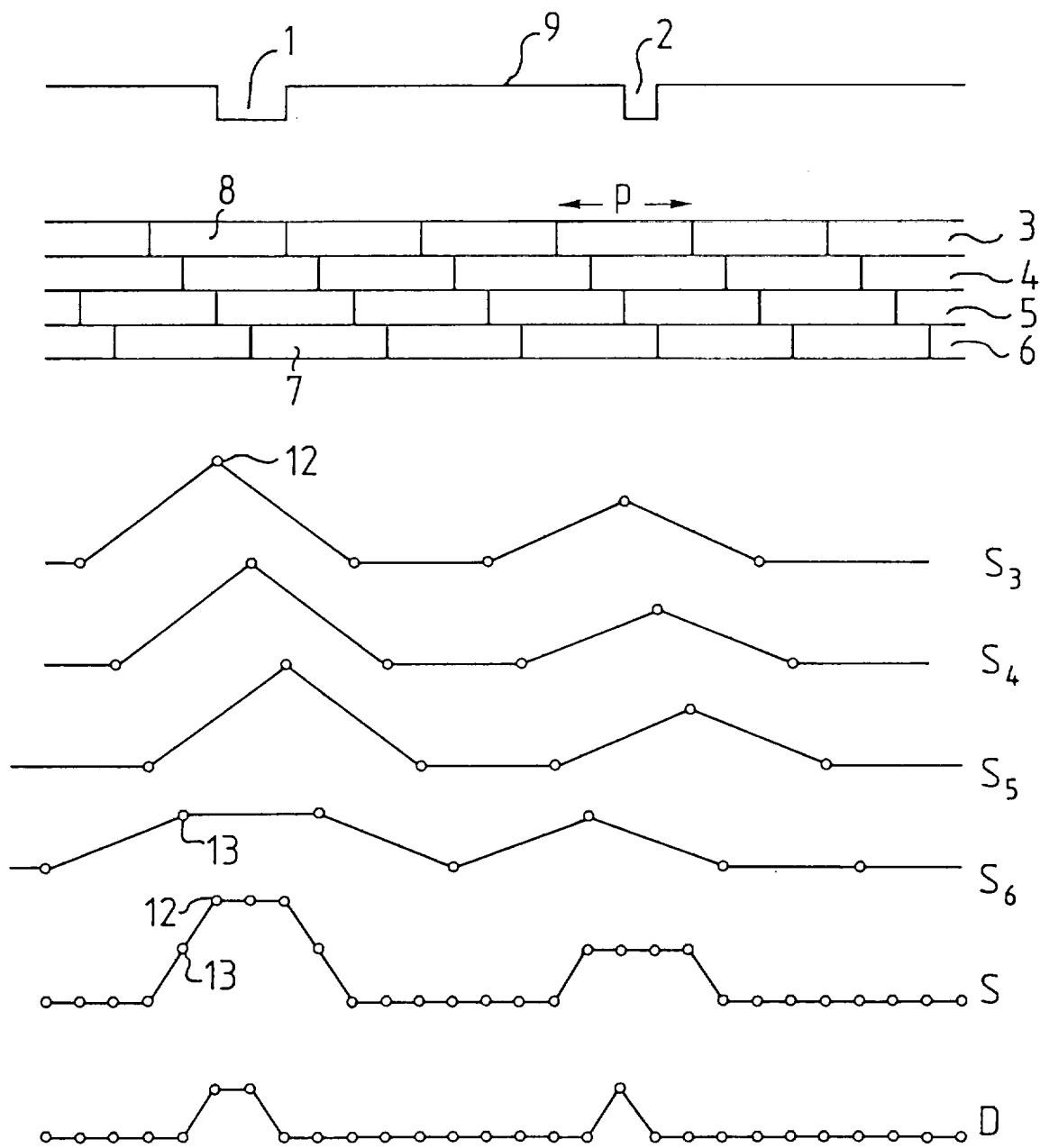


FIG.1

4.

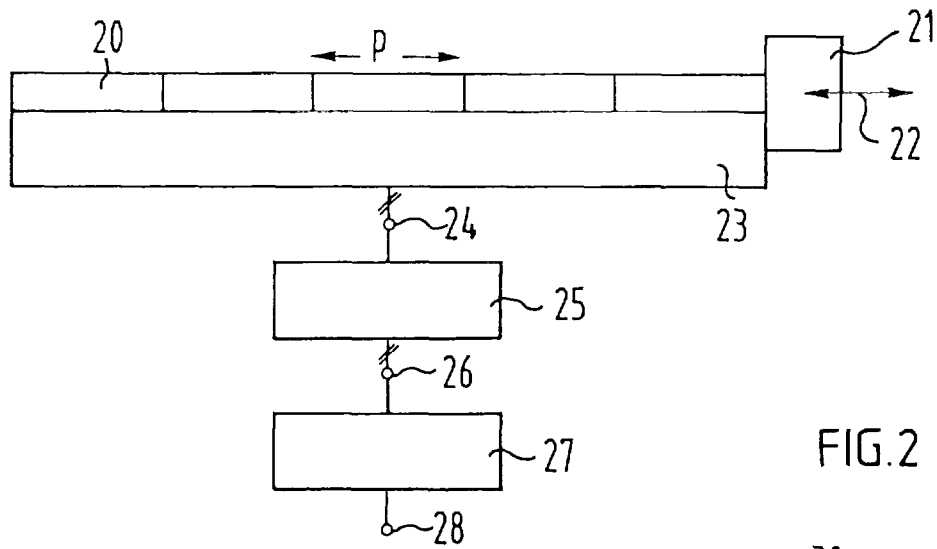


FIG. 2

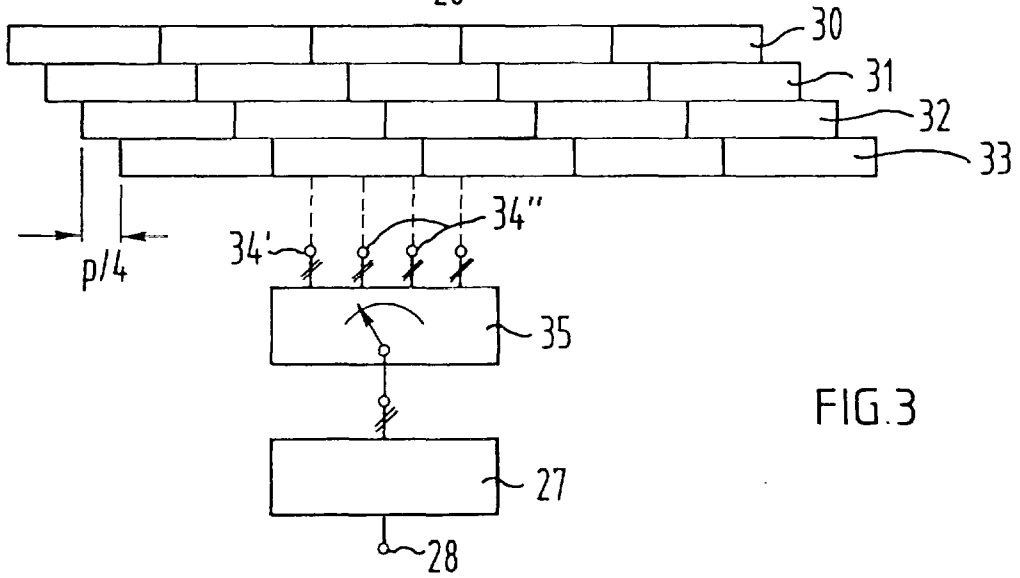


FIG. 3

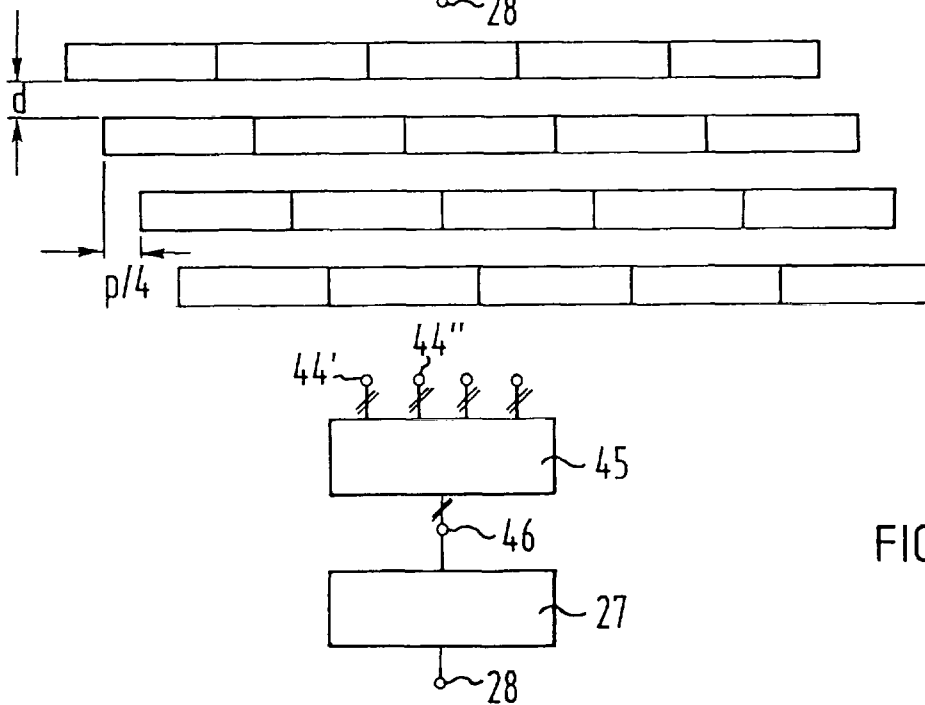


FIG. 4