



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0312316-2 B1

(22) Data do Depósito: 11/06/2003

(45) Data de Concessão: 02/05/2017



(54) Título: SENSOR DE POSIÇÃO

(51) Int.Cl.: G01B 7/14; G01D 5/14; G01D 5/20

(30) Prioridade Unionista: 03/07/2002 US 10/189,945

(73) Titular(es): FISHER CONTROLS INTERNATIONAL LLC

(72) Inventor(es): GEORGE W. GASSMAN; CARL GENE SCAFFERI; RONALD FRANCIS HURD

“SENSOR DE POSIÇÃO”

Referência cruzada a Patente(s) U.S. e Pedido(s) U.S. relacionados

Este pedido é relacionado à Patente U.S. 5.451.923 depositada em 18 de setembro de 1995 e intitulada “Communication System and Method”, Patente U.S. 6.060.881 depositada em 6 de agosto de 1997 intitulada “Flux Shaping Pole Pieces for a Magnetic Displacement Sensor”, e um Pedido U.S. também pendente 09/836.307 depositado em 17 de abril de 2001 intitulado “Method for Detecting Broken Valve Stem” que são consignados ao mesmo consignatário que o presente Pedido de Patente e são aqui, com isto, incorporados para referência.

Campo de técnica

Este pedido é relativo a um aparelho para medir o deslocamento ou posição entre dois objetos. Mais especificamente, um sensor de posição sem contato é divulgado, o qual tem uma fonte de fluxo magnético configurável que é utilizada para detectar posição de haste de válvula em uma válvula de controle.

Fundamento

Plantas de processamento industrial utilizam válvulas de controle em uma ampla variedade de aplicações desde controle de escoamento de produto em uma planta de processamento de alimento até manutenção de níveis de fluido em grandes parques de tanques. Válvulas de controle que são tipicamente automatizadas são utilizadas para administrar o escoamento de produto funcionando como um orifício ou passagem variável. Movendo um componente interno da válvula, o tampão da válvula, a quantidade de produto que passa através do corpo da válvula pode ser controlada de maneira precisa. A válvula de controle é tipicamente automatizada utilizando um atuador e um instrumento operado de maneira remota que comunica entre um computador de controle de processo e o atuador, para comandar mudanças de escoamento dentro da válvula para alcançar a estratégia de controle desejada pelo

operador da planta. Sensores de posição desempenham um papel crítico na manutenção de controle de processo preciso.

Quando o computador de controle de processo emite um comando para modificar escoamento, o instrumento operado de maneira remota deve ler a posição atual da válvula e aplicar a ação corretiva apropriada através do atuador. Um atuador típico é acionado por uma fonte de ar pressurizado que é controlada por meio do instrumento operado de maneira remota. Por exemplo, em um atuador de mola e diafragma utilizado sobre uma válvula de haste deslizante, variações na pressão de ar aplicada a um grande diafragma provocam movimento ou deslocamento do diafragma. Preso ao diafragma existe uma haste atuadora que, por sua vez, é conectada ao tampão da válvula. Mudando a pressão de ar para o diafragma, o instrumento operado de maneira remota pode posicionar diretamente o tampão da válvula e, portanto, controlar escoamento através da válvula de controle. Para controlar escoamento de maneira adequada, o instrumento deve sempre saber onde o tampão da válvula está, e para onde ele deve se mover em resposta ao novo comando. Isto é conseguido prendendo um sensor de posição entre o instrumento operado de maneira remota e a haste atuadora. A saída do sensor de posição deve ser conectada diretamente ao instrumento operado de maneira remota para fornecer a realimentação da posição da haste para controle preciso de válvula.

Sensores de posição tradicionais, tais como potenciômetros, requerem articulações mecânicas dinâmicas ou móveis para acoplar movimento e deslocamento no sensor. Em aplicações onde existem vibrações mecânicas provocadas por escoamento turbulento, erros de sistema ou instabilidades podem reduzir a confiabilidade do sensor de posição fazendo com que milhões de ciclos de operação se acumulem em um período de tempo muito breve. As articulações mecânicas também tem pontos de contato ou de desgaste. Durante condições de serviço pesado instabilidades podem

literalmente “serrar separando” as articulações mecânicas nos pontos de desgaste, desconectando com isto a haste de válvula do instrumento operado de maneira remota. Falhas catastróficas deste tipo destroem o controle de válvula e devem ser evitadas. Para melhorar a confiabilidade do sensor, projetos de sensor migraram para métodos de detecção de posição sem contato.

Um tipo de projeto de sensor sem contato é um sensor de posição magnético. Sensores de posição magnéticos detectam deslocamento entre dois objetos prendendo uma fonte de fluxo magnético, tipicamente um ímã, ao primeiro objeto e um sensor, tal como um sensor de efeito Hall ao segundo objeto. Qualquer movimento de um ou ambos os objetos que produza deslocamento relativo, apresenta uma porção diferente do campo magnético ao sensor, mudando com isto a saída do sensor. Esta saída pode estar diretamente relacionada ao deslocamento relativo entre o atuador e a haste de válvula.

Sensores de posição sem contato são muito adaptáveis, e podem medir inúmeras formas de deslocamento. Contudo, sensores de posição sem contato corrente são muitas vezes limitados pelo método de prendê-los aos elementos móveis. Existem inúmeros exemplos comerciais de sensor de posição ou de realimentação em instrumentos operados de maneira remota que ainda utilizam “contatar” ligações dinâmicas para acoplar deslocamento. Uma tal configuração utiliza um aparelho de engrenagem de parafuso sem fim convencional para acoplar diretamente movimento rotativo a um elemento magneto-resistivo sem contato. Embora o elemento magneto-resistivo possa ser classificado como um sensor sem contato, o movimento é realmente “traduzido” através de um aparelho “com contato” e irá sofrer de confiabilidade reduzida diminuída da mesma maneira que potenciômetros tradicionais baseado em articulação.

Adicionalmente, outros sensores de posição sem contato

sofrem da incapacidade de configurar a fonte de fluxo magnético para fornecer uma saída pré-definida para diversos tipos de medições de deslocamento (por exemplo, retilíneo ou rotativo). Exemplos destes tipos de sensores de posição são encontrados em Riggs *et al.*, Patente U.S. 5.359.288, Wolfgang *et al.*, Patente U.S. 5.497.081 e Takaishi *et al.*, Patente U.S. 5.570.015.

Sumário

Um conjunto sensor de posição, como descrito aqui, fornece uma posição sem contato para detectar de maneira precisa o deslocamento relativo entre dois objetos e, mais especificamente, para medir de maneira precisa a posição de um tampão de válvula em um conjunto de válvula de controle.

Em uma configuração, um sensor de posição com uma fonte de fluxo magnético altamente configurável que utiliza uma pluralidade de ímãs distintos, que é adaptada para medir ambos, deslocamento retilíneo ou deslocamento rotativo. Isto é realizado através de projeto controlado de um conjunto magnético. Ímãs individuais são montados para criar um campo de fluxo composto contínuo, criando com isto uma fonte de fluxo magnético de geometria física variável.

Em uma outra configuração, programar o conjunto magnético predetermina a relação entre passeio e a saída do sensor de posição. Inúmeras relações de saída são projetadas pré-definindo o campo magnético e então programando a pluralidade de ímãs distintos para criar de maneira cooperativa o campo magnético desejado.

Uma outra configuração utiliza um ímã cilíndrico para criar um sensor de posição rotativo com características de saída altamente lineares através de uma faixa estendida de rotação. Controlando de maneira precisa o comprimento dos ímãs cilíndricos e o espaço de ar dentro do conjunto sensor, as características de resposta são enormemente melhoradas.

Breve descrição dos desenhos

As características e vantagens do sensor de posição descrito aqui serão melhor apreciadas quando da referência à descrição detalhada a seguir e aos desenhos que acompanham, nos quais:

5 A Figura 1A mostra um diagrama de blocos que ilustra uma vista em seção transversal de um sensor magnético posicionado junto ao centro de uma fonte de fluxo magnético.

10 A Figura 1B mostra um diagrama de blocos que ilustra uma vista em seção transversal do sensor magnético da Figura 1A posicionado junto a uma extremidade da fonte de fluxo magnético.

A Figura 1C é um gráfico que ilustra a saída do sensor magnético que corresponde à Figura 1A;

Figura 1D é um gráfico que ilustra a saída do sensor magnético que corresponde à Figura 1B.

15 A Figura 2A é uma vista em perspectiva de um sensor de um conjunto sensor de posição sem contato montado a um atuador de haste deslizante para detectar deslocamento retilíneo de uma haste de válvula.

20 A Figura 2B é uma vista em perspectiva do conjunto sensor de posição sem contato completo da Figura 2A, que mostra a interconexão entre a fonte de fluxo magnético e o conjunto sensor de posição sem contato.

A Figura 2C é uma vista em perspectiva da carcaça do sensor e conjunto sensor para o sensor de posição sem contato retilíneo.

25 A Figura 3A é uma vista lateral do sensor de posição, que mostra uma fonte de fluxo magnético que contém uma pluralidade de ímãs distintos que tem valores de indução individuais posicionados para passeio retilíneo.

A Figura 3B é uma vista superior do sensor de posição da Figura 3A para passeio retilíneo, e mostra a posição lateral e a profundidade de inserção da fonte de fluxo magnético dentro do conjunto sensor.

As Figuras 3C e 3D são, combinadas, um esquema que ilustra um circuito eletrônico que é utilizado para energizar de maneira intermitente o sensor magnético e condicionar o sinal de saída pulsado para criar um sinal analógico para utilização em um dos instrumento operado de maneira remota.

5 A Figura 4A é um diagrama de espaço livre utilizado para ilustrar os efeitos extremos não lineares de um ímã barra distinto colocado como descrito na técnica precedente e utilizado como uma fonte de fluxo magnético para medição de deslocamento retilíneo.

10 A Figura 4B é um diagrama de espaço livre utilizado para ilustrar os campos de fluxo superpostos, gerados por meio de ímãs distintos da fonte de fluxo magnético e o campo magnético composto resultante reunido pela peça pólo de reunião de fluxo.

15 A Figura 5A é uma vista lateral ilustrativa de um portador de ímã cilíndrico rotulado para mostrar espaçamento vertical eqüidistante de ímãs distintos orientados de maneira helicoidal na fonte de fluxo magnético para um sensor de posição de passeio retilíneo de 4 polegadas (101,6 mm).

20 A Figura 5B é uma vista superior ilustrativa do sistema de ímã distinto orientado de maneira helicoidal para um sensor de posição retilíneo que mostra a rotação angular dos ímãs distintos dentro da fonte de fluxo magnético e a posição lateral e a profundidade de inserção da fonte de fluxo magnético dentro do conjunto sensor.

25 A Figura 6 é uma vista em perspectiva ilustrativa de um sensor de posição rotativo acoplado a um eixo rotativo onde a pluralidade de ímãs distintos que constituem a fonte de fluxo magnético rotativo são posicionados com distribuição angular uniforme ao redor do eixo de rotação.

A Figura 7A é uma vista em perspectiva ilustrativa de um sensor de posição rotativo montado no extremo onde a fonte de fluxo magnético cilíndrica é rotativa entre pernas da peça pólo de reunião de fluxo.

A Figura 7B é uma vista extrema ilustrativa que mostra o

plano de detecção de referência e a rotação angular máxima para o sensor de posição rotativo montado na extremidade que apresenta características de saída lineares.

Descrição detalhada das configurações preferenciais

5 Para apreciar as vantagens do sensor de posição descrito aqui, é desejável ter um entendimento dos componentes do sensor de posição e como eles operam para medir deslocamento em uma válvula de controle. Embora a configuração preferencial ensine medição de deslocamento relacionada a válvulas de controle, aqueles versados na técnica irão reconhecer a relevância também para outras aplicações de medição de deslocamento. Voltando para os desenhos e fazendo referência inicialmente à Figura 1A, estão mostrados os componentes chave do sensor de posição sem contato.

15 Na Figura 1A o sensor 5 está colocado adjacente à fonte de fluxo magnético 8. Como conhecido comumente, a fonte de fluxo magnético 8 apresenta um campo de fluxo contínuo tridimensional que envolve completamente a fonte de fluxo magnético 8 e o sensor 5. Continuando, o sensor 5 é um dispositivo que produz o sinal elétrico que é proporcional ao campo magnético 10 que o circunda. Como é conhecido daqueles versados na técnica, a magnitude detectada do campo magnético 10 muda com relação à posição dentro do campo magnético 10. Conseqüentemente, qualquer mudança em posição relativa ou deslocamento do sensor 5 com relação ao campo magnético 10 irá produzir uma mudança correspondente na saída do sensor 5, como está ilustrado no gráfico da Figura 1C. Esta relação pode ser explorada para criar um sensor de posição sem contato.

25 Em aplicações de medição de posição ou de deslocamento sem contato, o sensor 5 e a fonte de fluxo magnético 8 são montados em dois objetos mecanicamente distintos (não mostrado). Nenhuma articulação mecânica dinâmica ou móvel são utilizadas para acoplar o deslocamento

relativo entre a fonte de fluxo magnético 8 diretamente para o sensor 5. Fazendo referência novamente à Figura 1A, a posição relativa do sensor 5 e o sensor de fluxo magnético 8 colocam o sensor 5 junto ao centro da fonte de fluxo magnético 8 com um deslocamento indicado por D1. O gráfico correspondente na Figura 1C mostra a saída do sensor 5 indicada por V1 para um deslocamento de D1. Na Figura 1B o deslocamento é mudado para uma nova posição indicada por D2 que coloca o sensor 5 junto à extremidade da fonte de fluxo magnético 8. O gráfico correspondente na Figura 1D mostra a mudança na saída do sensor 5 diretamente relacionada à mudança em posição do sensor 5 dentro do campo magnético 10 gerado pela fonte de fluxo magnético 8, V2. Estas mudanças no sinal de saída do sensor 5 são utilizadas como uma medição direta do deslocamento entre os dois objetos mecanicamente independentes. Um circuito eletrônico (não mostrado) conectado ao sensor 5 é utilizado para processar o sinal de saída do sensor 5 para utilização em aplicações de válvula de controle explicadas em maior detalhe abaixo.

Fazendo referência agora à Figura 2A, um sensor de posição está mostrado acoplado a um atuador de haste deslizante 20 utilizado para controle automatizado de uma válvula de controle. O atuador de haste deslizante 20 é adaptado para movimento retilíneo, isto é, o movimento em uma linha reta. A vista em perspectiva da Figura 2A mostra como o conjunto sensor magnético do sensor de posição 11 e a fonte de fluxo magnético 18a (mostrada em maior detalhe nas Figuras 3 – 7) são montados de maneira independente entre o atuador de haste deslizante 20 e o instrumento operado de maneira remota 19 (apenas está mostrada a base do módulo dos instrumentos montados de maneira remota).

Como conhecido, o atuador de haste deslizante 20, o instrumento operado de maneira remota 19, uma válvula de controle (não mostrado) se combinam para formar o conjunto de válvula 23. Um conjunto

de montagem 14 prende a fonte de fluxo magnético 18a ao conector de haste 27. O conjunto de montagem 14 é construído de uma placa de montagem 15a e uma placa de alinhamento 15b. O conector de haste 27 é conectado entre a haste atuadora 17 e a haste de válvula 21 utilizando parafusos conectores de haste 16a e 16b.

A operação genérica de um conjunto de válvula típico não equipado com o presente sensor de posição está descrita na Patente U.S. 5.451.923 e é consignada a Fischer Controls Internacional, Inc., e com isto aqui incorporada para referência. Como é conhecido, quando um comando para mover o tampão da válvula é recebido pelo instrumento operado de maneira remota 19, ar pressurizado é direcionado para o atuador de haste deslizante 20 e a haste atuadora 17 irá mover. Qualquer deslocamento da haste atuadora 17 cria uma mudança relativa na posição da fonte de fluxo magnético 18a com relação ao conjunto sensor 11. Esta mudança de posição modifica a saída do sensor. O sinal de saída é transmitido para o instrumento operado de maneira remota 19 para processamento, para criar controle preciso do tampão da válvula (não mostrado). A Figura 2B mostra uma vista em perspectiva do sensor de posição retilíneo 30a. A fonte de fluxo magnético 18a e o conjunto sensor 11 são colocados em proximidade junta para acoplar de maneira adequada o campo magnético 10 (Figura 1A e Figura 1B) ao conjunto sensor 11, porém não faz qualquer contato durante operação.

Fazendo referência agora à Figura 2C, o conjunto sensor 11 é montado na carcaça de sensor 22. A carcaça de sensor 22 fornece alinhamento de posição da peça pólo de reunião de fluxo 32 e sensor magnético 35, explicado em maior detalhe abaixo. O sensor magnético 35 e a peça pólo de reunião de fluxo 32 são mantidas na carcaça de sensor 22 por meio de um suporte 38 e dois parafusos 24a e 24b. Além disto, integrando a carcaça de sensor 22 diretamente no instrumento operado de maneira remota 19, as conexões elétricas são simplificadas e de acordo com restrições industriais

para operação intrinsecamente segura e à prova de explosão em ambientes perigosos bem conhecidos daqueles na técnica. A carcaça de sensor 22 é fabricada de alumínio ou qualquer outro material não magnético adequado, e é adaptada para acomodar o conjunto sensor 11.

5 Fazendo referência agora à Figura 3A e Figura 3B, a fonte de fluxo magnético 18a (Figura 3A) e o conjunto sensor 11 (Figura 3B) na configuração preferencial, são discutidos em detalhe. Na configuração preferencial a fonte de fluxo magnético 18a é projetada para medir passeio retilíneo e fornece um sinal de saída linear sobre toda a faixa de medição de
10 deslocamento. Por exemplo, uma mudança de 10% em deslocamento irá produzir uma mudança de 10% correspondente no sinal de saída do sensor de posição. Todas as mudanças na saída do sensor de posição estão em proporção direta com mudanças em deslocamento. A relação de saída linear é importante no funcionamento de um instrumento operado de maneira remota.
15 Criando uma medição diretamente proporcional de deslocamento, nenhum processamento adicional por meio do instrumento operado de maneira remota 19 ou da eletrônica do sensor 13 (Figuras 3C e 3D) é requerido para fornecer realimentação de posição.

Uma pluralidade de ímãs individuais ou distintos cilíndricos
20 50 - 72 é montada em um portador em forma retangular 41 para criar a fonte de fluxo magnético 18a. O material preferencial para o portador 41 é não magnético tal como alumínio ou plástico. Na configuração preferencial, vinte e três ímãs distintos 50 - 72 são arranjados no portador 41 para criar um sistema linear capaz de medir cerca de 4,5 polegadas (114,3 mm) de passeio retilíneo. Os ímãs distintos 50 - 72 são preferivelmente fabricados de
25 ALNICO 8H e alinhados verticalmente e horizontalmente. Em uma configuração, os ímãs 50 - 72 são montados dentro do portador utilizando um epóxi tal como o 2214 Structural Adhesive de 3M de Saint Paul, Minnesota. Cada ímã distinto 50 - 72 tem aproximadamente 0,1875 polegadas (4,76 mm)

em diâmetro 0,1875 polegadas (4,76 mm) em comprimento. O espaçamento de centro para centro dos ímãs individuais na direção vertical é aproximadamente 0,25 polegadas (6,35 mm), fornecendo cerca de 4,5 polegadas (114,3 mm) de medição de deslocamento sobre a porção central do sistema. O portador 41 fornece o alinhamento mecânico do sistema de ímã, e prende diretamente ao conector de haste 27 com o conjunto de montagem 14 sendo preso ao conector de haste 27 utilizando parafusos de conector de haste 16a e 16b como anteriormente mostrado na Figura 2A.

Como entendido por alguém versado na técnica, a acumulação de tolerância dimensional que ocorre durante a montagem do instrumento montado de maneira remota 19 no atuador 20 requer calibração de instrumento antes da operação do conjunto de válvula 23. A calibração de instrumento é facilitada fornecendo alinhamento de posição grosseiro ao longo do eixo longitudinal de passeio e em um plano horizontalmente perpendicular e o eixo longitudinal. Diferentemente de articulações da técnica precedente que acoplam diretamente movimento ao sensor, a placa de montagem 15a e a placa de alinhamento 15b do conjunto de montagem 14 são estáticas e apenas fornecem ajustamento durante o processo de instalação. O alinhamento horizontal da fonte de fluxo magnético 18a e o conjunto sensor 11 estão ainda delineados na Figura 3B.

A vista superior ilustrada na Figura 3B mostra claramente a peça pólo de reunião de fluxo em forma de U 32 do conjunto sensor 11. A peça pólo de reunião de fluxo 32 é constituída de duas seções em forma de L 33a e 33b de material de alta permeabilidade, preferivelmente HyMu “80”® recozido, de Carpenter Technology de Reading, Pensilvânia, colocado em oposição espelhada uma da outra. As seções em forma de L 33a e 33b são unidas na base com um espaço adaptado para acomodar o sensor magnético 35 e colocar cada seção em forma de L 33a e 33b em contato íntimo com o sensor magnético 35. A dimensão da seção transversal quadrada de cada

seção em forma de L 33a e 33b é aproximadamente 0, 15 polegadas (3,8 mm). Preferivelmente cada seção em forma de L 33a e 33b tem aproximadamente 1,25 polegadas (31,75 mm) em profundidade e 0,445 polegadas (11,3 mm) através da perna base, criando assim uma forma em U que tem dimensões
5 externas de aproximadamente 1,25 polegadas (31,75 mm) em profundidade por 0,89 polegadas (22,6 mm) em largura. Na configuração preferencial o sensor magnético 35 é um elemento Allegro 3516 de Efeito Hall, porém outros tipos de sensores magnéticos poderiam ser utilizados também ou em adição.

10 A saída do sensor magnético 35 é processada pelo circuito eletrônico 13 (Figuras 3C e 3D). O circuito eletrônico 13 fornece a interface entre o sensor magnético 35 e o instrumento operado de maneira remota 19. Como ilustrado na Figura 3C, um par de conectores J1 e J2 recebem energia a partir de uma malha de corrente industrial padrão de 4 - 20 mA. Como
15 entendido por aqueles versados na técnica, energia para o sensor magnético 35 e o circuito eletrônico 13 pode ser gerada de um circuito regulador projetado com o diodo U2 de voltagem de referencia de micro-energia LM285 de National Semiconductor de Santa Clara, Califórnia e componentes passivos R5, R6, R7, R10, R11, R12 e C5. Os valores/designações para estes
20 e outros componentes das Figuras 3C e 3D estão ilustrados na Tabela 1.

Energizar os circuitos de maneira intermitente reduz o consumo de energia do sensor magnético 35 e do circuito eletrônico 13. O sensor magnético 35 é conectado ao circuito eletrônico através do conector J3 e é “comutado em energia” ou pulsado a aproximadamente 200 hertz através
25 de um transistor de efeito de campo de n-canais (FET) Q2. Como entendido por aqueles versados na técnica, o controlador embutido U1, um PIC12C508A disponível de Microchip Technology de Phoenix, Arizona, e componentes passivos R1, Y1 C1 e C2 fornecem a sincronização e controle para operação pulsada. O sinal de saída pulsado a partir do sensor magnético

35 deve ser interpolado ou reconstruído para criar um sinal analógico que pode ser processado pelo instrumento operado de maneira remota 19. O FET Q1, um amplificador operacional U3A (Figura 30), e componentes passivos R2, R8, R13, R14, C3, C6 e C7 criam uma amostra e mantém o circuito para reconstruir o sinal analógico. Um amplificador operacional U3B e componentes passivos R3, R4, R9, e C4 condicionam (isto é, ajustam o ganho e deslocamento) e filtram o sinal analógico reconstruído para criar o sinal de saída final. O sinal de saída final ou medição de deslocamento de posição é transmitido para o instrumento operado de maneira remota 19 através do conector J4 (Figura 3C). Finalmente o conector de teste J5 pode fornecer sinais de teste para a avaliação de diagnóstico para o sensor magnético 35 e o circuito eletrônico 13.

Tabela 1

R1	100 K Ω
R2	634 K Ω
R3	178 K Ω
R4	86.6 K Ω
R5	665 K Ω
R6	24.3 K Ω
R7	51 K Ω
R8	221 K Ω
R9	1 M Ω
R10	665 K Ω
R11	15 K Ω
R12	60.4 K Ω
R13	2 M Ω
R14	1 M Ω

C1	5.1 pFd
C2	5.1 pFd
C3	0.47 μ Fd
C4	18 pFd
C5	47 μ Fd
U1	PIC12C508A
U2	LM285BYM
U3	OP281
Y1	131 KHz
Q1	BSS138
Q2	BSS138
J1	CONN0611
J2	CONN0611
J3	CONN0411
J4	CONN0411
J5	CONN0611

Continuando até a Figura 4B, a peça pólo de reunião de fluxo 32 reúne o campo magnético 10 a partir da fonte de fluxo magnético 18a e direciona o fluxo para o sensor magnético 35 e está discutida em mais detalhe abaixo. A fonte de fluxo magnético 18a é montada aproximadamente perpendicular ao conjunto sensor 11 de tal modo que qualquer deslocamento horizontal relativo não provoca contato físico da fonte de fluxo magnético 18a com as pernas internas na peça pólo de reunião de fluxo 32. A fonte de fluxo magnético 18a é engatada cerca de 0,3125 polegadas (7,94 mm) depois da abertura da peça pólo de reunião de fluxo em forma de U 32. Um espaço de ar de aproximadamente 0,2 polegadas (5,1 mm) de cada lado da fonte de fluxo magnético 18a posiciona de maneira simétrica a fonte de fluxo magnético 18a dentro do conjunto sensor 11.

Cada ímã distinto 50 - 72 produz um campo magnético. Como é conhecido, a forma e densidade do campo magnético são diretamente relacionada a diversos fatores. Dois destes fatores são a indução do ímã e as interações do ímã com campos magnéticos estranhos. Para melhor entender as

características exclusivas da fonte de fluxo magnético 18a os fatores anteriormente mencionados são explicados em maior detalhe abaixo.

5 A indução do ímã é uma medida direta de sua força magnética inerente e pode ser controlada ou programada durante a fabricação. Como conhecido, para uma dada geometria física do ímã um aumento em sua indução produz um aumento correspondente na força do ímã e na densidade de seu campo magnético. Controlando a indução dos ímãs distintos, sua densidade de fluxo, (isto é, a quantidade de fluxo em um dado volume), portanto seu campo magnético pode ser controlado. Também qualquer campo
10 magnético adicional ou estranho não gerado pelo ímã distinto pode ser combinado com o campo magnético gerado pelo ímã distinto. A polaridade e densidade do campo magnético adicional pode, aditivamente aumentar ou diminuir o campo magnético que circunda o ímã distinto. O circuito magnético descrito aqui utiliza ambos, o controle de indução e as interações
15 entre campos magnéticos estranhos, para criar uma fonte de fluxo magnético programável.

Ímãs de barra únicos como demonstrado na técnica precedente apresentam dificuldades ao utilizar todo o comprimento do ímã para medição de deslocamento. Como ilustrado na Figura 4A, a direção de polarização ou
20 orientação dos pólos magnéticos na aplicação de ímã de barra único é paralela à direção de passeio. Esta orientação polar estabelece campos magnéticos altamente concentrados 130a e 130b junto aos pólos do ímã. Nestas regiões de fluxo denso as forças de repulsão entre as linhas de fluxo criam mudanças extremamente não lineares no campo magnético. Se um ímã de barra único
25 deve ser utilizado para medição de deslocamento, processamento especial por meio da eletrônica do conjunto sensor é requerida para criar uma saída linear. Alternativamente, o comprimento do ímã poderia ser aumentado por aproximadamente 75% para negativar os efeitos extremos não lineares, porém esta abordagem aumenta desnecessariamente o custo e limita a aplicação do

sensor de posição devido ao aumento em comprimento físico. Na configuração preferencial o comprimento da fonte de fluxo magnético pode ser substancialmente igual ao deslocamento máximo a ser detectado e nenhum processamento especial do sinal de saída é requerido.

5 A Figura 4B é um diagrama de espaço livre de uma configuração preferencial que utiliza apenas sete ímãs distintos 50 - 56 para ilustrar de maneira gráfica os campos magnéticos 110 - 116 que se combinam para criar o campo magnético composto maior 10. A teoria magnética a seguir explica de maneira apropriada a relação entre a pluralidade de ímãs distintos.

10 Como mostrado na Figura 4B os campos magnéticos individuais 110 - 116 não apenas envolvem os ímãs distintos 50 - 56 a partir dos quais eles se originam, mas também fornecem linhas de fluxo que se cruzam para ímãs adjacentes. As regiões de fluxo superposto se combinam aditivamente para produzir um campo magnético pré-definido maior 10, que define toda a fonte

15 de fluxo magnético. Em uma configuração preferencial, o eixo polar de cada ímã distinto 50 - 56 é orientado perpendicular à direção de movimento relativo para facilitar empilhamento dos campos magnéticos seqüenciais. Controlando a indução ou força de cada ímã distinto 50 - 56, e colocando-os em um sistema linear, os campos magnéticos distintos 110 - 116 se combinam

20 aditivamente para produzir uma fonte de fluxo magnético programável que produz um campo magnético pré-definido 10.

 Como descrito anteriormente, cada ímã distinto tem uma quantidade específica de energia magnética ou indução associada com ele. O volume magnético físico, a geometria do ímã, e as características do material

25 magnético, todas ditam quanta energia magnética pode residir dentro do ímã. Como conhecido daqueles versados na técnica, cada indução de ímã distinto pode ser programada ou calibrada utilizando um tratador de ímã convencional tal como o Magnetreater® Model 990C feito por Magnetic Instrumentation, Inc. de Indianápolis, Indiana. Todas as características de ímã anteriormente

mencionadas são consideradas ao utilizar o Magnetreater® Model 990C. A Tabela 2 mostrada abaixo fornece os valores de indução para o sistema linear delineado na Figura 3A.

Tabela 2

Número do ímã	Objetivo (Gauss)
50	465.6
51	465.6
52	344.5
53	288.7
54	258.4
55	218.8
56	186.2
57	142.0
58	121.1
59	76.8
60	46.6
61	0
62	-46.6
63	-76.8
64	-121.1
65	-142.0
66	-186.2
67	-218.8
68	-258.4
69	-288.7
70	-344.5
71	-465.6
72	-465.6

5

Como descrito anteriormente e mostrado na Tabela 2, os valores de indução de ímã sequenciais variam em quantidades graduadas para criar o campo magnético 10 da fonte de fluxo magnético 18a. Um ímã distinto 61 é localizado no centro geométrico do sistema e é programado para zero Gauss para fornecer um ímã nulo para referência absoluta durante calibração de instrumento. Além disto, para fornecer medição de deslocamento absoluto os ímãs distintos 50 - 72 são de polaridade oposta de cada lado do magnético nulo. Esta diferença de polaridade é detectada pelo circuito eletrônico 13 (não mostrado na Figura 4B) e é utilizada pelo instrumento operado de maneira remota 19 como uma medição de posição absoluta. Como conhecido, o sinal aritmético oposto nos valores da Tabela 2 indica a mudança de polaridade.

10

15

Convencionalmente, valores positivos são designados para deslocamentos relativos acima do magnético nulo e valores negativos são designados para deslocamentos relativos abaixo do magnético nulo. Embora as configurações preferenciais ensinem um sensor de posição com uma relação de saída linear, deveria ser apreciado que a capacidade de programação inerente da fonte de fluxo magnético poderia fornecer inúmeras relações de passeio de sinal de saída do sensor de posição sem modificar a eletrônica do conjunto sensor. As características exclusivas da fonte de fluxo magnético tornada discreta fornecem adaptação eficiente também para diversas formas de medição de deslocamento. As adaptações estão explicadas em maior detalhe nas configurações alternativas descritas abaixo.

Em uma outra configuração da aplicação retilínea, reposicionamento dos ímãs distintos dentro da fonte de fluxo magnético controla as interações. Como mencionado anteriormente, a modalidade preferencial se apóia em programar a indução de ímãs distintos adjacentes para criar um sinal de saída pré-definido. Fazendo referência novamente às Figuras 1A – 1D, a posição física dentro do campo magnético determina a força medida daquele campo. De maneira similar, criando espaço ou distância entre os ímãs permanentes, a força aparente de ímãs distintos e, portanto, suas interações podem ser controladas.

A Figura 5A é uma vista lateral de uma configuração alternativa. Os ímãs distintos 50 - 72 da fonte de fluxo magnético 18b são novamente espaçados de maneira equidistante ao longo do eixo longitudinal 46 do portador 42. Ímãs distintos 50 - 72 tem aproximadamente 0,125 polegadas (3,18 mm) de diâmetro e 0,462 polegadas (11,73 mm) de comprimento. O portador 42 é adaptado para acomodar os ímãs distintos 50 - 72 com um espaçamento de centro a centro de aproximadamente 0,25 polegadas (6,35 mm). As interações do campo magnético são controladas orientando helicoidalmente ou girando os ímãs distintos 50 - 72 ao redor do

eixo longitudinal 46 da fonte de fluxo magnético 18b. Como conhecido, aumentando o espaço para longe de um ímã em qualquer direção, a força aparente do ímã irá diminuir. Nesta configuração alternativa, fornecer deslocamento angular preciso entre ímãs adjacentes ao redor do eixo longitudinal controla as interações entre campos magnéticos adjacentes. Nesta configuração alternativa, o conjunto sensor 11 (não mostrado) é o mesmo como explicado em detalhe na configuração preferencial. Assim, através de colocação calculada de ímãs distintos 50 - 72 o sinal de saída pré-definido pode ser gerado.

10 A Figura 5B é uma vista superior da fonte de fluxo magnético orientada de maneira helicoidal 18b para um sensor de posição retilíneo. A ilustração mostra o plano de referência de rotação 126 para os ímãs distintos 50 - 72. A fonte de fluxo magnético 18b é aproximadamente centralizada entre as primeira e segunda seções em forma de L 33a e 33b da peça pólo de reunião de fluxo 32. A Tabela 3 mostrada abaixo, fornece o exemplo dos ângulos de rotação requeridos para alcançar uma saída substancialmente linear a partir do conjunto sensor 11 (não mostrado) com todos os ímãs distintos 50 - 72 programados para aproximadamente 457 Gauss.

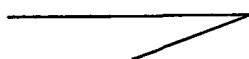


Tabela 3

Número do Ímã	Ângulo de Rotação (graus)
50	10
51	43
52	70
53	71
54	71
55	74.5
56	79
57	80
58	82
59	85
60	89
61	90
62	91
63	95
64	98
65	100
66	101
67	106
68	109
69	109
70	110
71	137
72	170

Uma outra configuração do sensor de posição está mostrada na Figura 6. Um sensor de posição sem contato rotativo 30b é construído utilizando técnicas similares descritas na configuração preferencial. Quinze ímãs distintos 50 - 64 são alinhados em um portador em forma de setor 43 com uma distribuição angular uniforme de seis graus. O portador em forma de setor é montado perpendicular ao eixo de rotação 47 para criar a fonte de fluxo magnético rotativa 18c. Novamente o portador em forma de setor 43 é feito preferivelmente de alumínio. A fonte de fluxo magnético rotativa 18c é acoplada diretamente a um eixo rotativo 75 por meio de um conjunto de montagem rotativo 79. As seções em forma de L 33a e 33b da peça pólo de reunião de fluxo, o sensor magnético 35 e os ímãs distintos 50 - 64 são os mesmos como explicado acima. A Tabela 4 mostrada abaixo fornece os valores de indução para a fonte de fluxo magnético rotativa 18c delineada na Figura 6.

Tabela 4

Número do Ímã	Objetivo (Gauss)
50	465.6
51	226.3
52	179.3
53	155.0
54	110.3
55	82.9
56	38.6
57	0.0
58	-38.6
59	-82.9
60	-110.3
61	-155.0
62	-179.3
63	-226.3
64	-465.6

O sensor de posição rotativo 30b mostrado na Figura 6 fornece uma relação linear entre passeio rotativo e saída de sensor através de calibração controlada da indução de cada ímã distinto 50 - 64. As características operacionais de saída linear são fornecidas através de 90 graus de rotação.

Os princípios descritos aqui podem também ser aplicados ao sensor de posição rotacional 30c com uma faixa operacional linear estendida.

Utilizando as mesmas seções em forma de L 33a e 33b da peça pólo de reunião de fluxo 32 e o sensor magnético como descrito acima com referência à Figura 2C, um ímã de barra único 39 pode ser utilizado como a fonte de fluxo magnético para o sensor de posição. Como mostrado na Figura 7A o sensor rotativo 30c é projetado para fornecer uma saída que varia em uma maneira linear. O ímã cilíndrico 39 é girado entre as primeira e segunda seções em forma de L 33a e 33b da peça pólo de reunião de fluxo 32, para fornecer um sinal de saída substancialmente linear. Linearidade máxima é alcançada através da seleção adequada de comprimento de ímã. Com relação à peça pólo de reunião de fluxo 32, o comprimento ótimo para o ímã cilíndrico 39 é essencialmente dois terços da largura do espaço entre as seções

em forma de L da peça pólo de reunião de fluxo 32. Por exemplo, utilizando a peça pólo de reunião de fluxo 32 da configuração preferencial com uma largura interna de aproximadamente 0,59 polegadas (15 mm), o ímã cilíndrico 39 terá um comprimento de aproximadamente 0,385 polegadas (9,8 mm).

5 Nesta configuração alternativa o diâmetro dos ímãs cilíndricos 39 é aproximadamente 0,1875 polegadas (4,76 mm). Como mostrado, o portador 44 liga o ímã cilíndrico 39 ao eixo rotativo 75. O portador 44 é adaptado para ligar ao ímã cilíndrico 39 ao redor do eixo 49 do eixo rotativo 75. Além disto, o ímã cilíndrico 39 é inserido cerca de 0,3125 polegadas (7,9 mm) depois da
10 abertura da peça pólo de reunião de fluxo 32.

Como mostrado na Figura 7B, as características operacionais de saída linear são fornecidas através de 110 graus de rotação, pelo que a rotação é distribuída de maneira simétrica ao redor de um plano 119 que divide ao meio as primeira e segunda seções em forma de L 33a e 33b da peça
15 pólo de reunião de fluxo 32. O plano bissetor 119 é orientado em um ângulo reto com o plano de sensoriamento 118 do sensor magnético.

Diversas modificações e variações podem ser feitas nas técnicas e estruturas descritas e ilustradas aqui, sem se afastarem do espírito e escopo da presente invenção. Por exemplo, uma derivação magnética
20 construída de material ferro-magnético poderia ser colocada adjacente a ou circundando completamente cada ímã distinto para reduzir de maneira seletiva seu campo magnético e, portanto, controlar seu efeito em ímãs subsequentes. Adicionalmente, espaçamento não uniforme entre ímãs individuais ou comprimento variável de ímã também poderia ser utilizado.
25 Conseqüentemente, deveria ser entendido que os métodos e aparelhos descritos aqui são apenas ilustrativos e não são limitativo sobre o escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Sensor de posição (30a-c) para um conjunto de válvula (23), sensor de posição (30a-c) caracterizado por:

5 uma fonte de fluxo magnético (18a-c) para gerar um campo magnético predefinido (110-116), a fonte de fluxo magnético (18a-c) consistindo de um arranjo de ímã compreendido de uma pluralidade de ímãs distintos (50-60 e 62-72) provendo uma pluralidade de campos magnéticos distintos (110-116), a pluralidade de ímãs distintos (50-60 e 62-72) sendo posicionada consecutivamente em relação a um ímã localizado centralmente
10 (61), em que o ímã localizado centralmente (61) provê essencialmente um campo magnético nulo e cada campo magnético distinto (110-116) é uma função da posição relativa de cada ímã distinto (50-60 e 62-72) em relação ao ímã localizado centralmente (61), e

um sensor (35) colocado próximo à fonte de fluxo magnético
15 (18a-c) para detectar variações no campo magnético predefinido (110-116) como resultado de um deslocamento relativo entre a fonte de fluxo magnético (18a-c) e o sensor (35).

2. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que variações no campo magnético predefinido
20 resultam da pluralidade de campos magnéticos distintos projetados para interagir e criar um campo magnético composto que produz um sinal de saída predefinido a partir do sensor.

3. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato do sensor compreender:

25 um sensor magnético;

uma peça pólo de reunião de fluxo, a peça pólo de reunião de fluxo sendo geometricamente formada para acumular e direcionar os campos magnéticos individuais através do sensor magnético; e

um dispositivo de processamento conectado ao sensor

magnético para fornecer um sinal representativo do deslocamento entre o sensor e a fonte de fluxo magnético.

4. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato da interação da pluralidade de campos magnéticos individuais ser determinada por uma rotação angular da pluralidade de ímãs distintos em relação ao ímã localizado centralmente e ao redor de um eixo através do centro geométrico da pluralidade de ímãs distintos.

5. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato das interações entre a pluralidade de campos magnéticos individuais ser determinada pela indução da pluralidade de ímãs distintos em relação ao ímã localizado centralmente.

6. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato do deslocamento relativo do sensor com relação à pluralidade de ímãs distintos ser retilíneo.

7. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato das variações no campo magnético serem substancialmente lineares com relação ao deslocamento.

8. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato do deslocamento relativo do sensor com relação à pluralidade de ímãs distintos ser rotativo.

9. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato da pluralidade de ímãs distintos ser posicionada em um raio constante ao redor do eixo de rotação, a pluralidade de ímãs distintos sendo posicionada com uma distribuição angular uniforme ao redor do eixo de rotação.

10. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato das variações no campo magnético serem substancialmente lineares com relação a deslocamento.

11. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 2,

caracterizado pelo fato do sensor magnético ser um sensor de Efeito Hall, um magneto-resistor, uma ponte gigante magneto-resistiva, ou uma porta de fluxo.

12. Sensor de posição, caracterizado pelo fato do sensor de
5 posição compreender:

uma fonte de fluxo magnético (18a-c) para gerar um campo magnético (10), a fonte de fluxo magnético (18a-c) sendo compreendida de uma pluralidade de ímãs distintos (52-60 e 62-72) provendo uma pluralidade de campos magnéticos adjacentes (110-116), a pluralidade de ímãs distintos
10 (52-60 e 62-72) sendo posicionada consecutivamente em relação a um ímã localizado centralmente (61), em que o ímã localizado centralmente (61) provê essencialmente um campo magnético nulo e cada campo magnético adjacente (110-116) é uma função da posição relativa de cada ímã distinto (52-60 e 62-72) em relação ao ímã localizado centralmente (61), em que
15 campos magnéticos adjacentes (110-116) dos ímãs distintos (52-60 e 62-72) interagem cooperativamente para criar o campo magnético (10);

um sensor magnético (35); e

um dispositivo de processamento (13) conectado ao sensor magnético (35) para fornecer um sinal representativo do deslocamento entre o
20 sensor magnético (35) e a fonte de fluxo magnético (18a-c).

13. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato da interação da pluralidade de campos magnéticos individuais ser determinada pela rotação angular da pluralidade de ímãs distintos em relação ao ímã localizado centralmente e ao redor de um eixo
25 através do centro geométrico de cada um da pluralidade de ímãs distintos.

14. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o sensor magnético compreende um dispositivo eletrônico que responde a um campo magnético e uma peça pólo de reunião de fluxo, em que a peça pólo de reunião de fluxo é adaptada para acumular e

direcionar os campos magnéticos que interagem através do sensor magnético.

15 15. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato do dispositivo eletrônico ser um dispositivo de efeito Hall, um magneto-resistor, uma ponte gigante magneto-resistiva, ou uma porta de fluxo.

16. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato das interações entre os campos magnéticos individuais gerarem mudanças no sinal representativo do deslocamento em uma maneira substancialmente linear.

10 17. Sensor de posição (30a-c), caracterizado pelo fato de compreender:

15 um sensor (35), o sensor (35) incluindo um dispositivo eletrônico que responde a campos magnéticos e uma peça pólo de reunião de fluxo (32) para coletar e direcionar fluxo magnético ao sensor (35), a peça pólo de reunião de fluxo (32) sendo construída pela colocação simétrica de uma primeira e uma segunda seções em forma de L (33a, 33b) de material magneticamente permeável formando uma forma em U com uma base bifurcada, a base bifurcada da peça pólo em forma de U tendo um espaço que separa as primeira e segunda seções em forma de L, em que o espaço é dimensionado para fornecer contato íntimo com o dispositivo eletrônico; e

20 uma fonte de fluxo magnético (18a-c) para gerar um campo magnético que varia de uma maneira substancialmente linear, a fonte de fluxo magnético (18a-c) sendo conformada de maneira cilíndrica e tendo um comprimento essencialmente de dois terços da largura interna da peça pólo de reunião de fluxo, tal que quando girada entre a primeira e uma segunda seções em forma de L (33a, 33b) da peça pólo de reunião de fluxo (32), em que a fonte de fluxo magnético (18a-c) gera um sinal representativo do deslocamento entre o sensor (35) e a fonte de fluxo magnético (18a-c).

18. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 17,

caracterizado pelo fato da fonte de fluxo magnético ser compreendida de um ímã em barra única.

5 19. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato da fonte de fluxo magnético ser compreendida de uma pluralidade de ímãs distintos colocados em contato íntimo com a atração polar.

10 20. Sensor de posição de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato do sinal representativo ser produzido através de cerca de 110 graus de rotação, a rotação sendo distribuída de maneira simétrica ao redor de um plano que divide ao meio as primeira e segunda seções em forma de L da peça pólo de reunião de fluxo, o plano bissetor sendo ortogonal ao plano de sensoramento do sensor magnético.

FIG. 1A

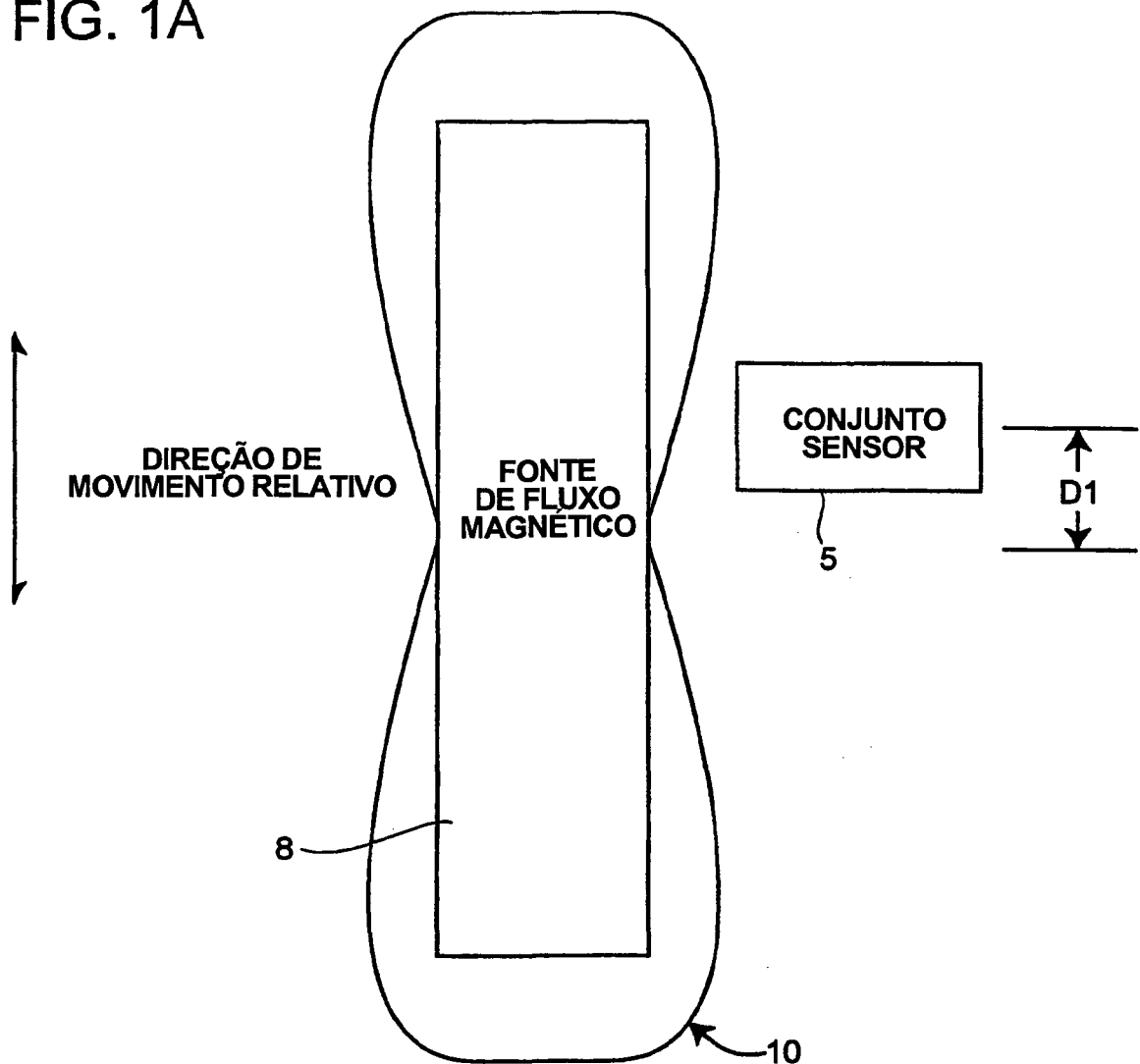


FIG. 1C

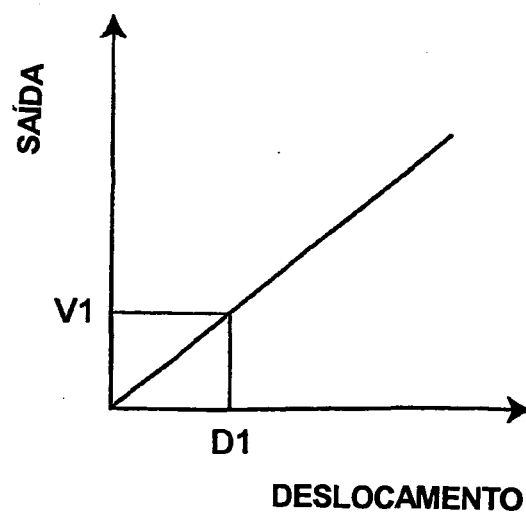


FIG. 1B

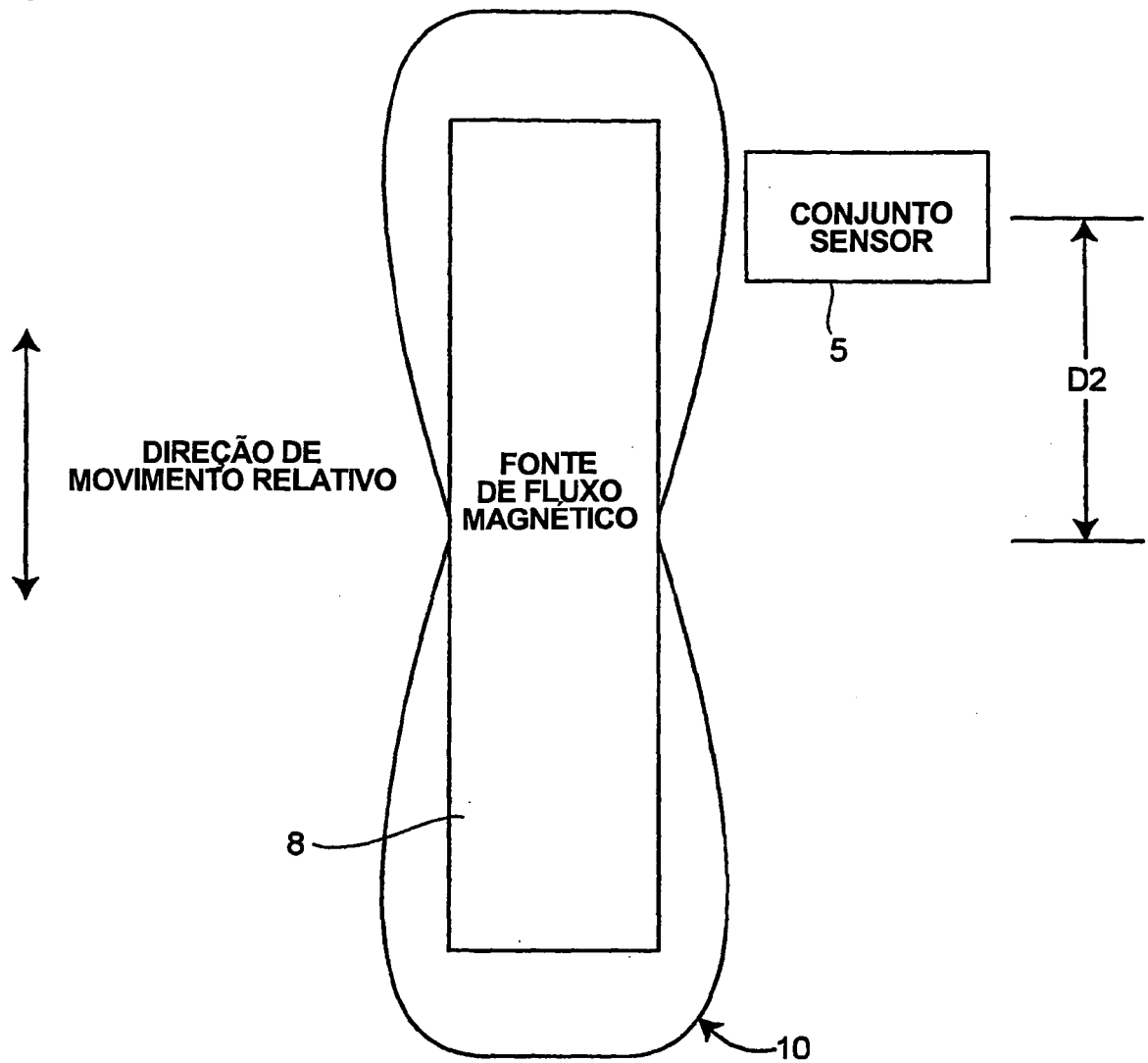
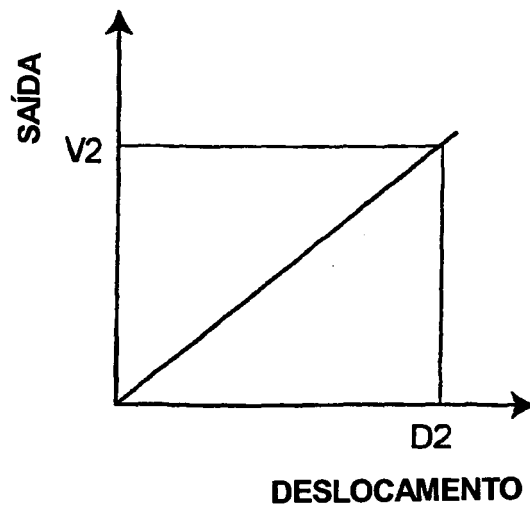


FIG. 1D



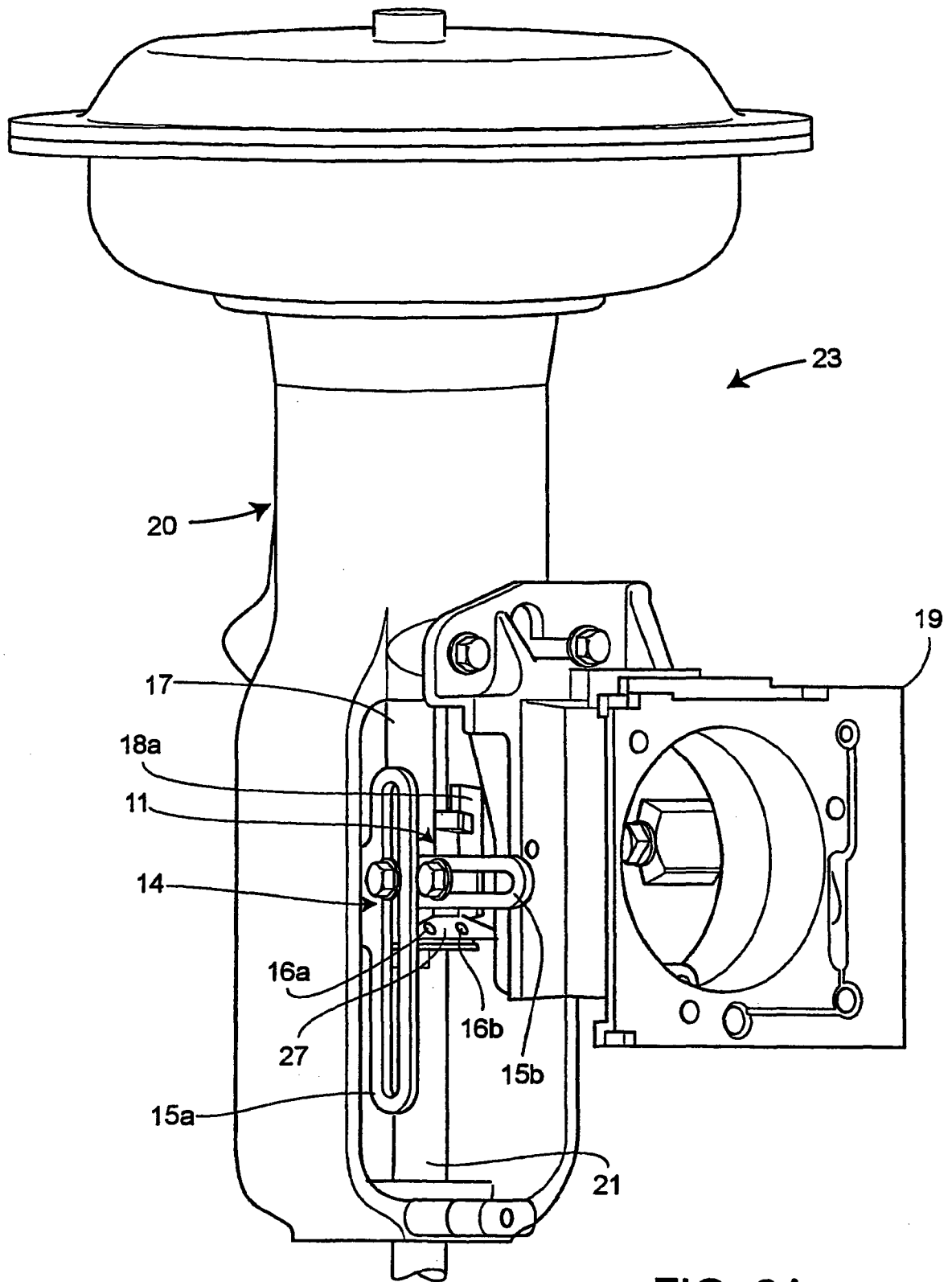


FIG. 2A

FIG. 2B

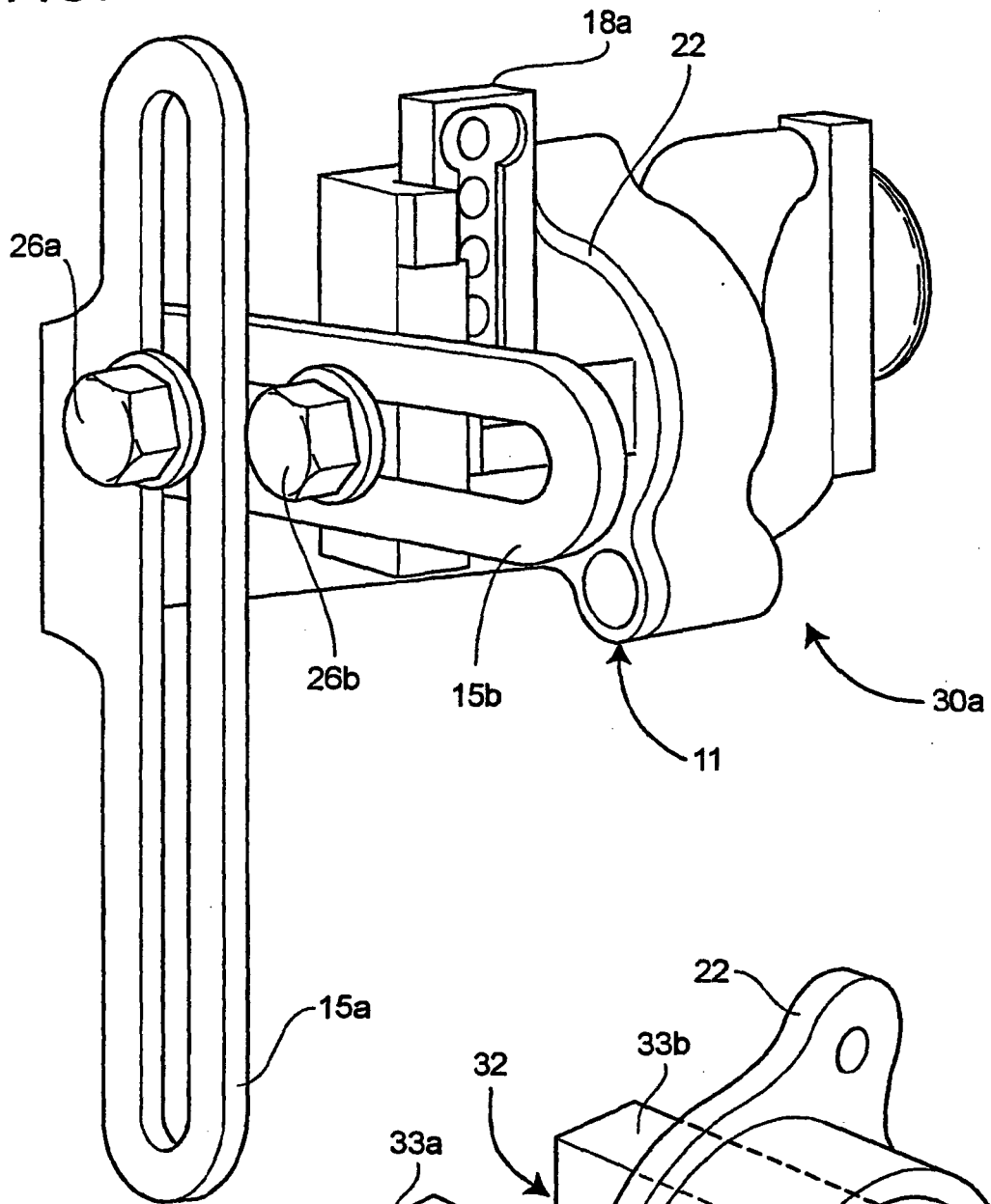
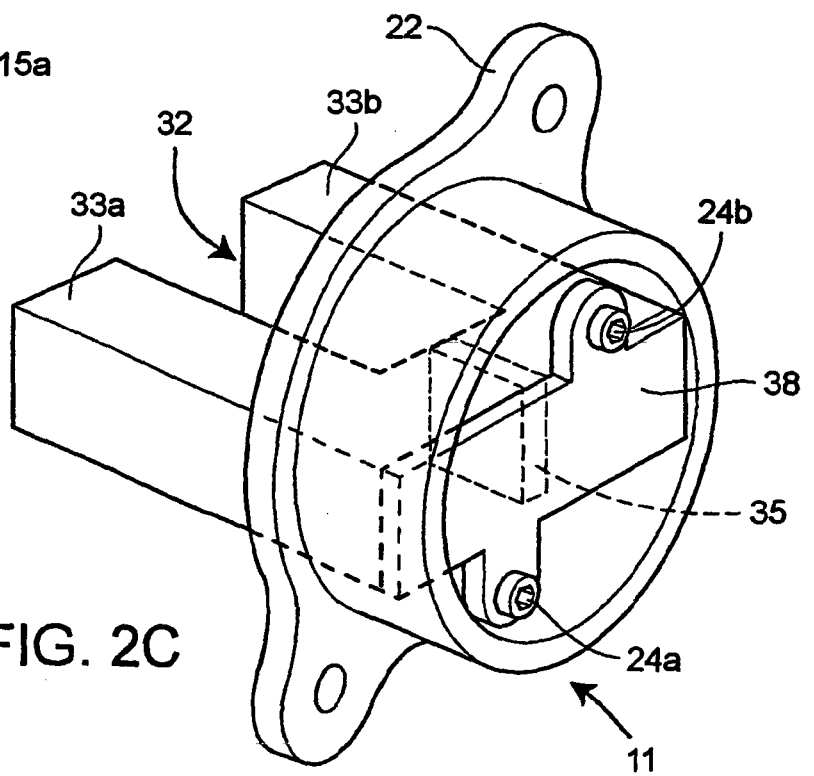


FIG. 2C



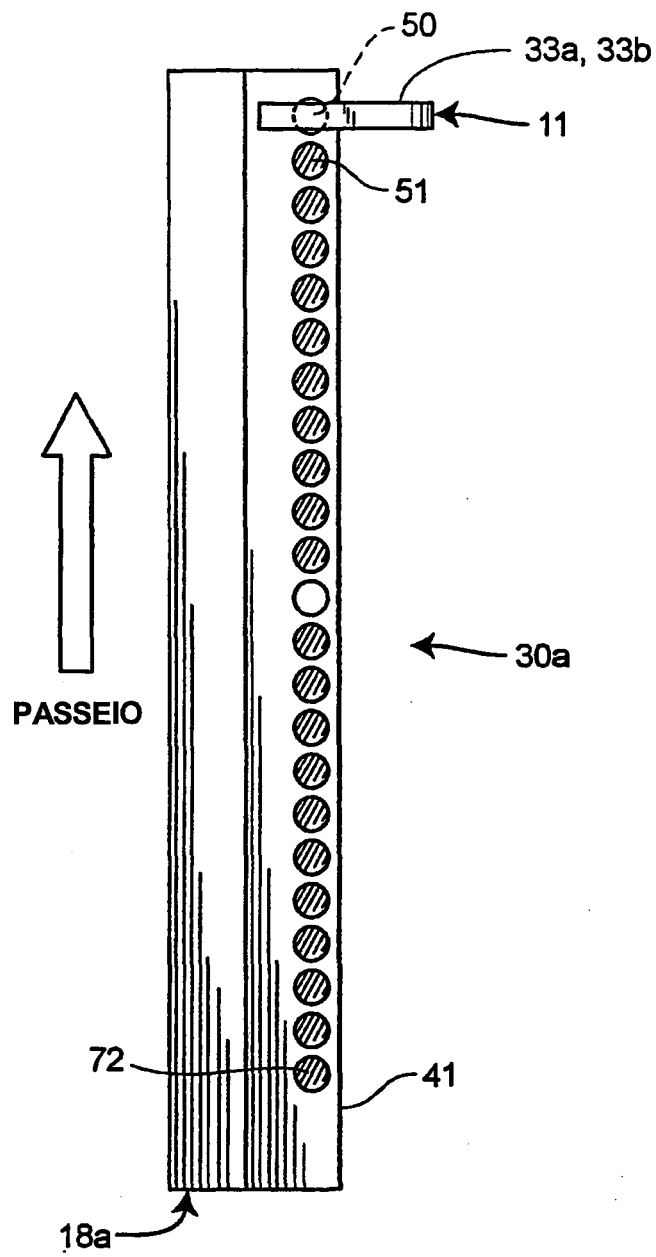


FIG. 3A

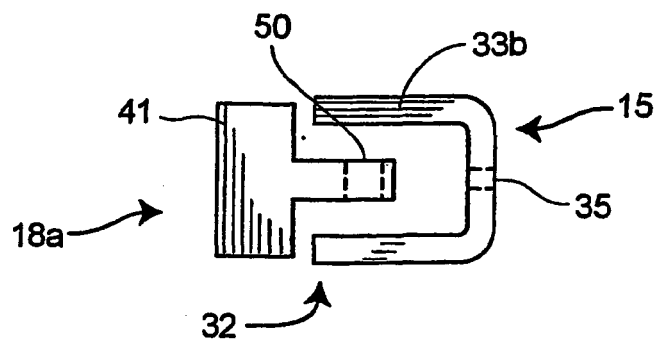


FIG. 3B

FIG. 3C

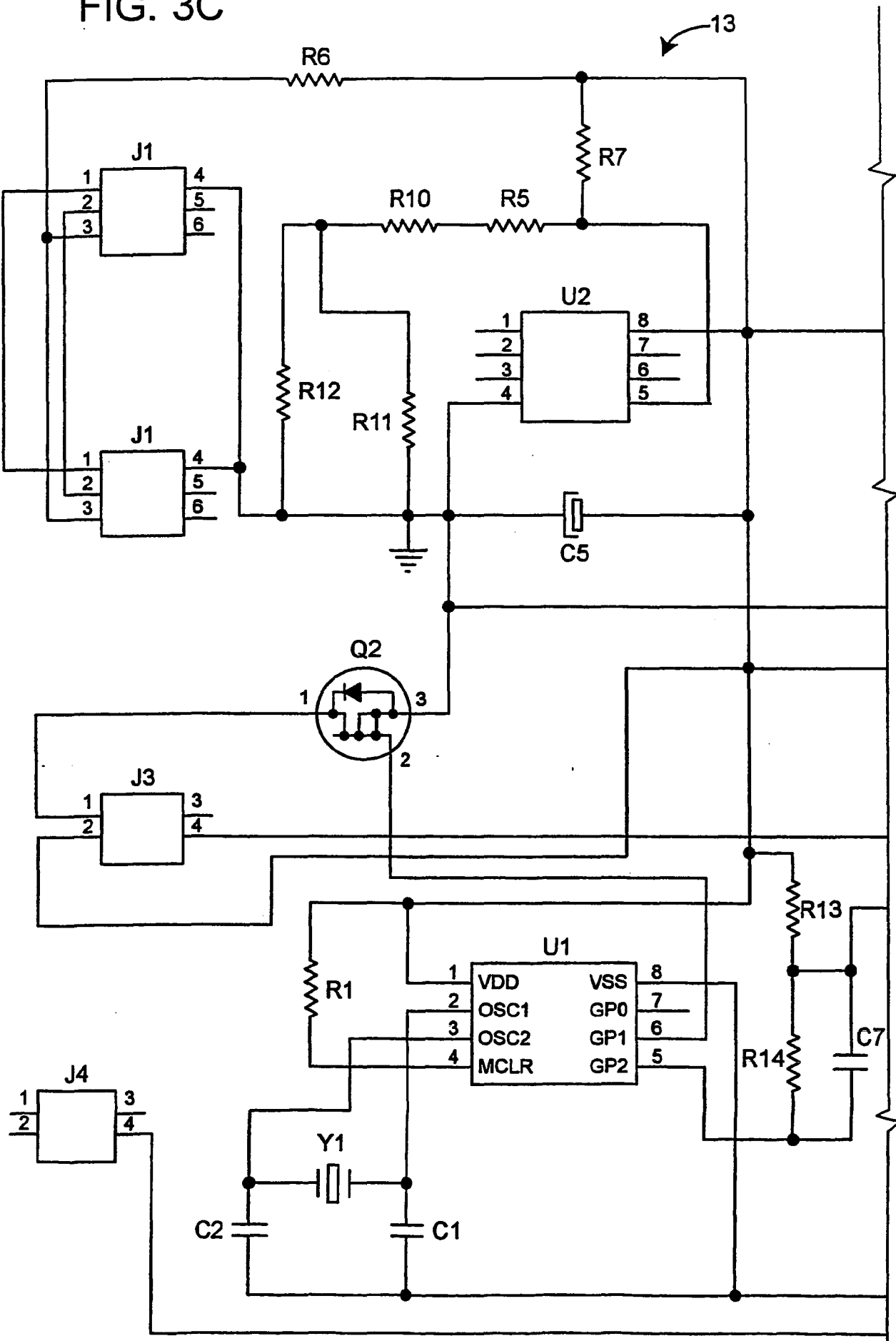
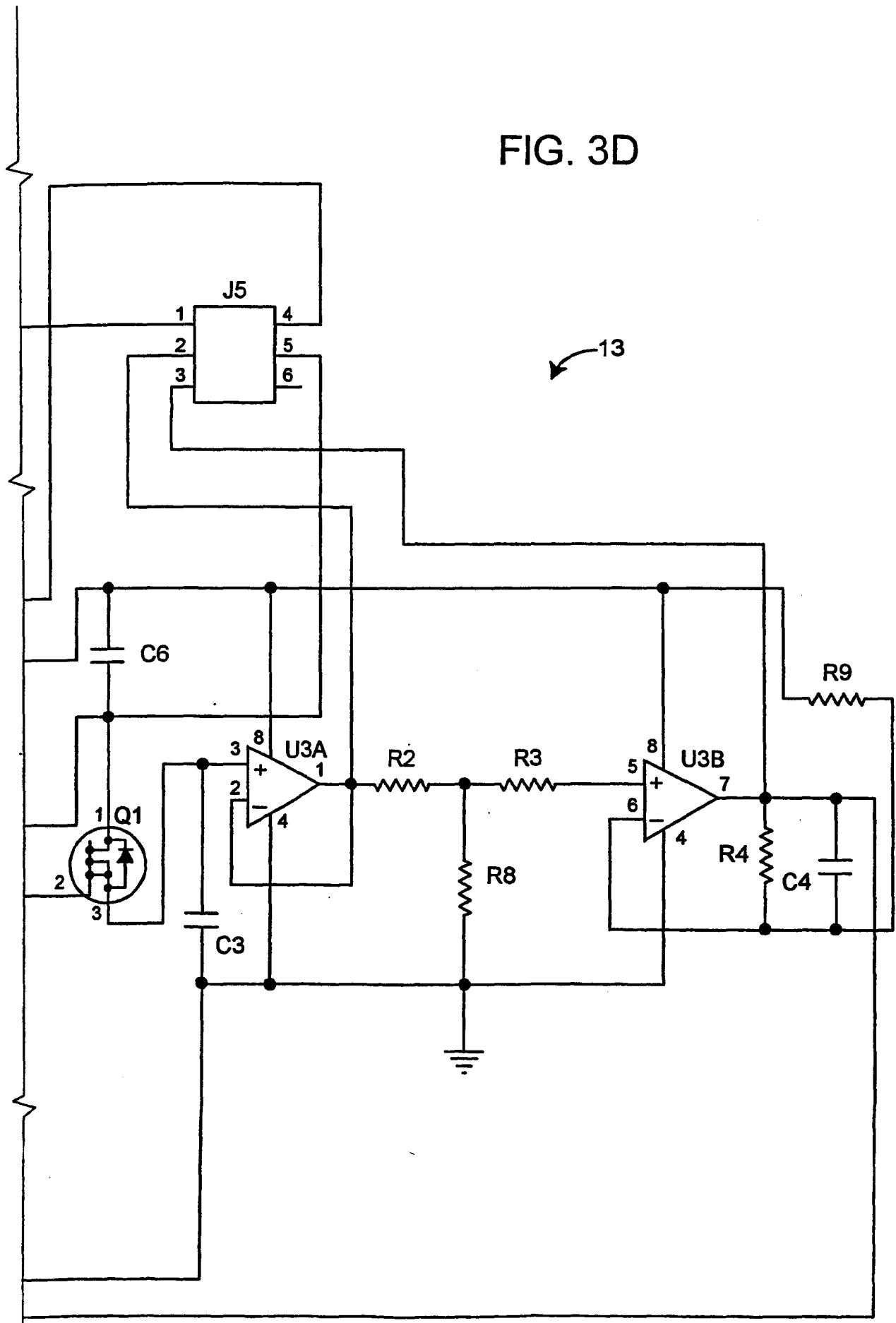


FIG. 3D



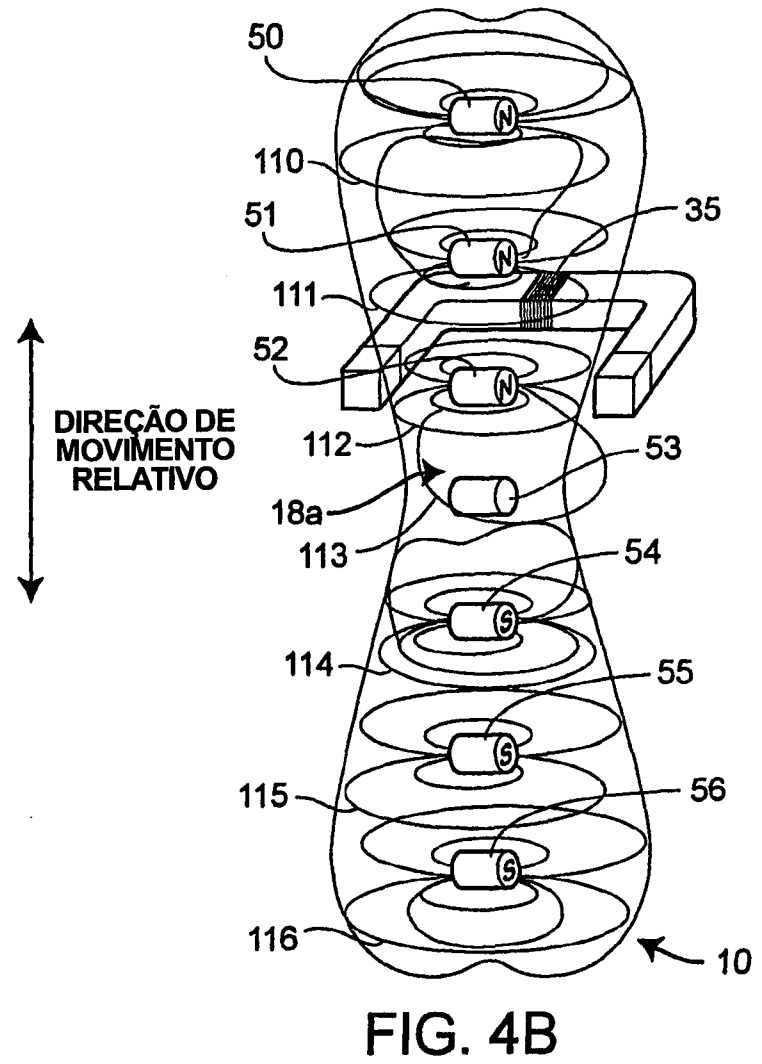
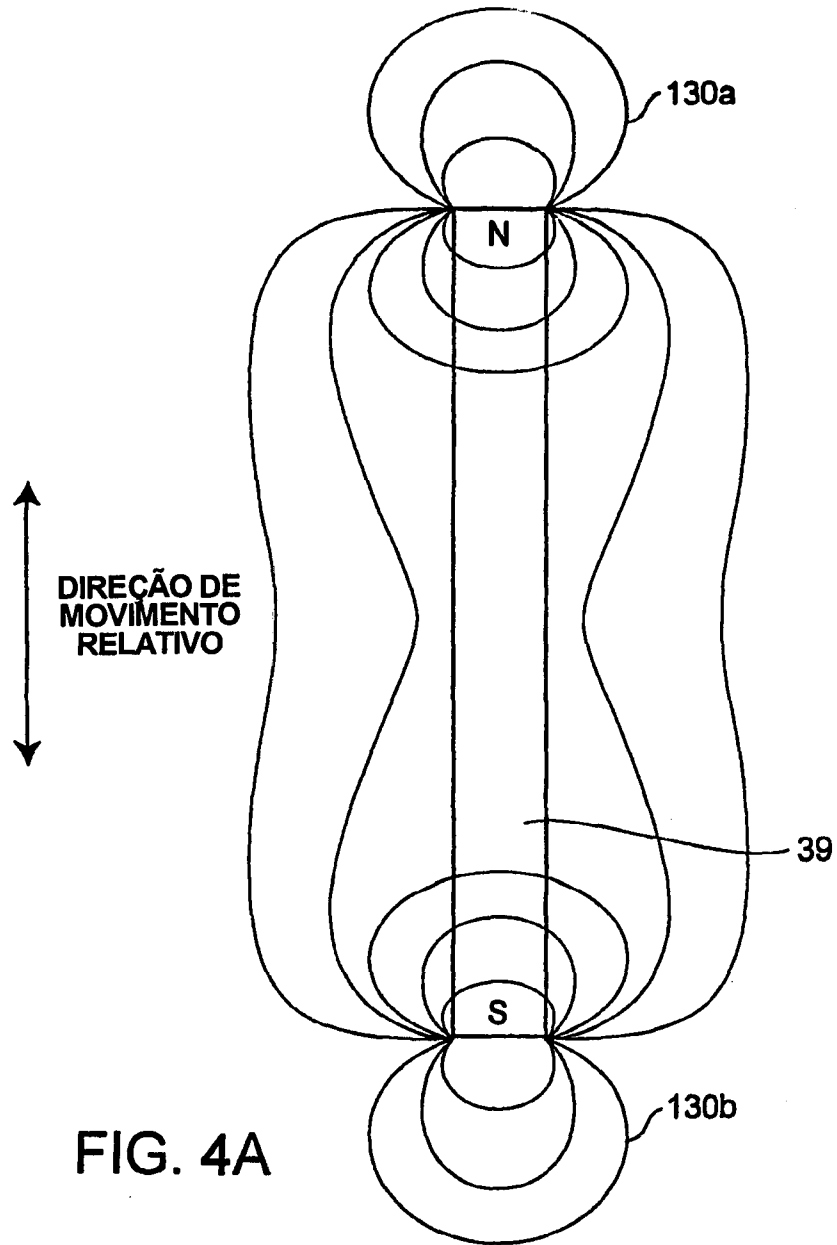


FIG. 5A

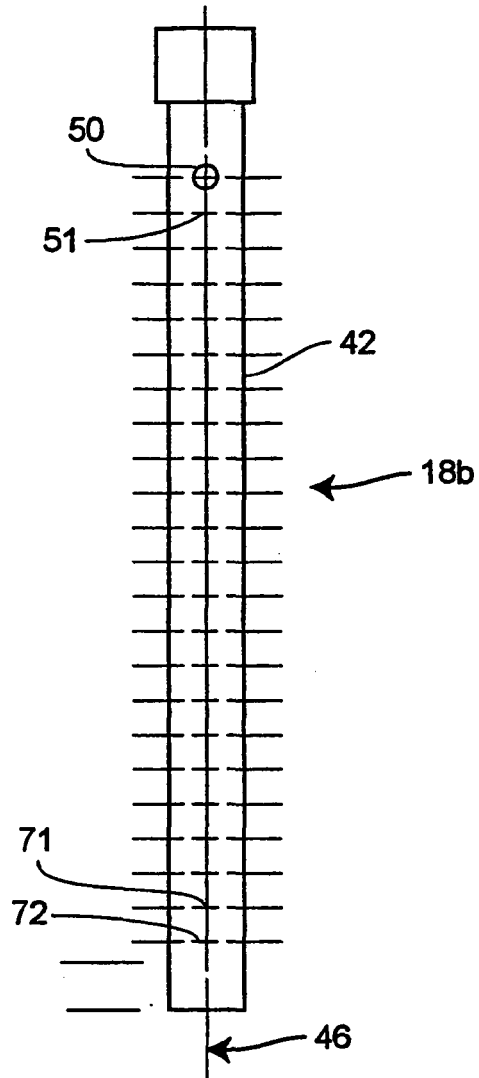


FIG. 5B

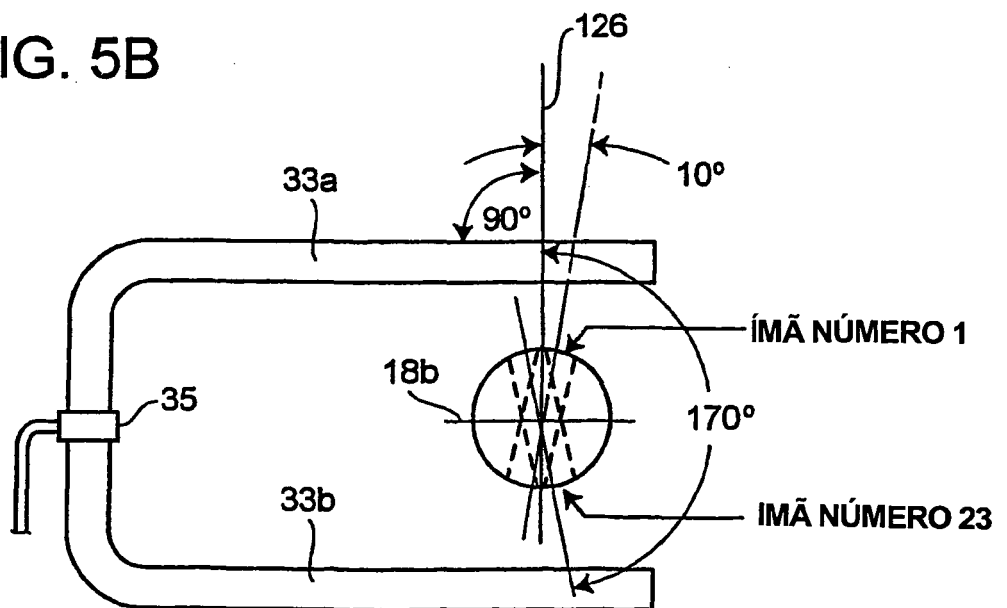


FIG. 6

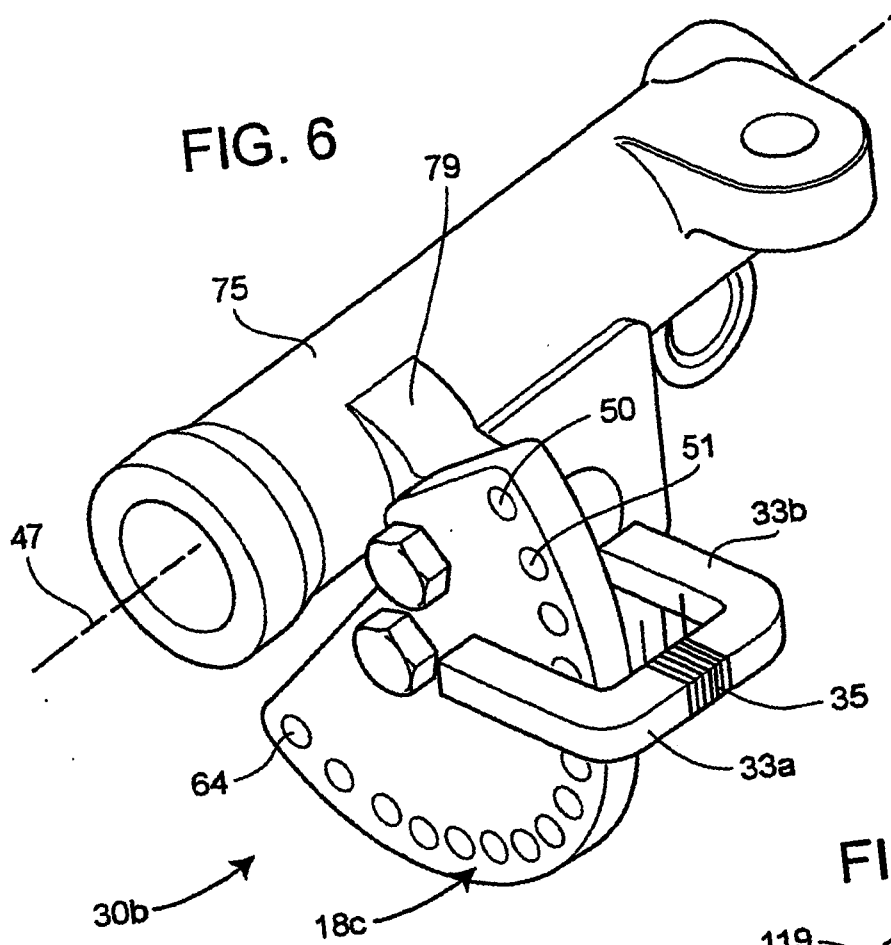


FIG. 7A

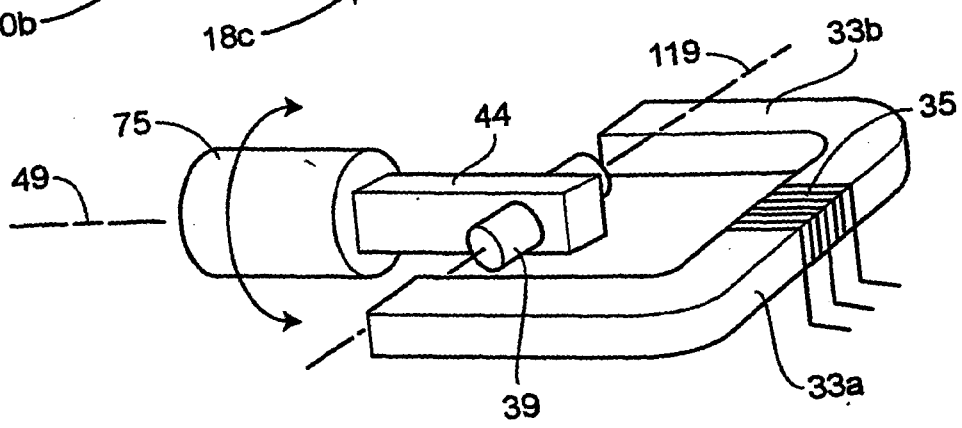


FIG. 7B

