

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

(11) (21) **PI 0105970-0 A**

(22) Data de Depósito: 08/11/2001
(43) Data de Publicação: **19/08/2003**
(RPI 1702)



(51) Int. Cl.⁷:
G01B 7/012
G01B 7/14
B61B 13/08



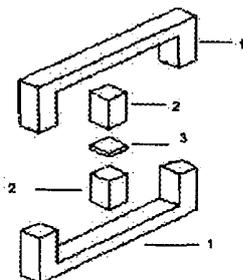
(54) Título: **SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA)**

(71) Depositante(s): Universidade Federal do Rio Grande do Sul (BR/RS)

(72) Inventor(es): Roberto Muller, Aly Ferreira Flores Filho

(74) Procurador: Paulo Afonso Pereira Cons. Marcas e Patentes LT

(57) Resumo: "SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA)". A presente invenção refere-se a um equipamento transdutor de posição linear magnético baseado no conceito de divisor de fluxo magnético. Apresenta uma parte estacionária, constituída por duas culatras (1) em forma de U, de material ferromagnético macio de elevada permeabilidade magnética, colocadas uma defronte à outra de forma espelhada, criando dois entreferros (4) nas suas extremidades, e uma parte móvel formada por pelo menos um ímã permanente (3) ou bobina ou um conjunto de bobinas com corrente elétrica e, eventualmente, dois afastadores (2) também de material ferromagnético macio. Os afastadores (2) são opcionais e estão separados das culatras (1) por um entreferro e unidos por pelo menos um ímã permanente (3), podendo ser utilizado mais de um ímã de forma a aumentar o fluxo magnético na estrutura. A posição do ímã permanente ao longo da excursão na régua magnética permite obter um sinal linear e diferencial, sem necessidade de circuitos eletrônicos para correção da linearidade.



SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA) CAMPO TÉCNICO

A presente invenção refere-se a um equipamento transdutor de posição linear magnético baseado no conceito de divisor de fluxo magnético.

ARTE ANTECEDENTE

Sensores magnéticos de posição são dispositivos magnéticos que possuem movimento de translação com um grau de liberdade ou movimento de rotação de sua parte magnética. Esse movimento modifica o circuito magnético e esse efeito é medido por um ou mais sensores. Basicamente, os sensores magnéticos de posição que não são excitados eletricamente são constituídos por uma culatra de material ferromagnético macio com um ou mais entreferros e de um material ferromagnético duro no interior da culatra, podendo este ter um movimento de translação ou rotação.

Muitas tecnologias podem ser aplicadas em sensores de posição. A mais antiga, simples e barata é um potenciômetro resistivo. A desvantagem em se ter um contato deslizante em um condutor fixo é a presença de ruídos elétricos e desgaste do sensor. Assim, para uma boa exatidão e um longo tempo de vida, utiliza-se sensores sem contato, cujas tecnologias básicas são: I) sistemas de efeito capacitivo, que permitem uma boa exatidão para pequenas faixas de medição, mas são sensíveis a vibrações, umidade e outros parâmetros; II) sensores de efeito óticos, que permitem uma grande exatidão em uma grande faixa de medição, sendo que os sinais usualmente transmitidos por estes sensores são numéricos, porém este tipo de sensor deve ser protegido do meio ambiente, principalmente da poeira, além de terem uma tecnologia muito cara e serem frágeis; III) sensores magnéticos,

que em alguns casos podem competir com os sensores óticos nas faixas de medição e exatidão e que se apresentam em várias configurações: LVDTs, incrementais, absolutos e outros. Sua grande vantagem em relação às outras tecnologias é a possibilidade de trabalhar sob condições severas sem alterar sua performance, sendo insensíveis à poeira não magnética, umidade e vibrações. Estes sensores podem ser baratos e particularmente robustos, sendo por isto utilizados em aplicações automotivas, como sensor do pedal do acelerador, controle de suspensão, entre outros.

Os sensores apresentam diferentes configurações, quais sejam:

1) sensores com ímãs permanentes para medida de deslocamento, que apresentam um circuito magnético onde o fluxo magnético é criado por um ou vários ímãs permanentes ou enrolamentos com correntes. Deslocamentos lineares ou angulares modificam o circuito magnético, produzindo uma variação da indução magnética "B" em entreferros de medição. Esta indução é medida por um elemento de detecção de indução magnética, como por exemplo um sensor de efeito Hall, uma magneto-resistência e outros tipos. Estes sensores tem dois tipos de resposta: senoidal ou linear. Muitos sensores são usados para medir deslocamentos angulares, sendo o mais simples constituído de uma culatra de material ferromagnético na forma de um cilindro com um ímã permanente na forma de disco no centro do cilindro. A rotação do ímã causa a rotação do campo magnético dentro do sensor. As componentes indutivas são medidas em um ou mais pontos por elementos de efeito Hall. O ímã permanente magnetizado diametralmente cria um campo senoidal no entreferro. Dois elementos de efeito Hall são colocados normalmente em duas posições radiais. Quando o rotor central move-se de um ângulo, o primeiro sensor Hall

mede seu cosseno e o segundo, seu seno. Das construções de sensores sem contatos, este tem um tempo de vida elevado e uma alta confiabilidade.

5 II) Sensor com resposta senoidal, conhecido por sensor Crouzet, onde a parte da medição é totalmente feita com uma peça maciça de silicone em forma de "L". O sensor é feito de elementos piezo-resistivos, medindo a deformação das partes flexíveis submetidas às forças de Laplace. Na parte flexível há um trilho onde uma corrente elétrica circula. As forças verticais são criadas pela interação entre as

10 componentes radiais do campo magnético e a corrente elétrica horizontal. Neste sistema, quatro elementos para medidas magnéticas são usados: seno, cosseno, - seno, - cosseno.

15 III) projeto de sensor perpendicular, conhecido por sensor Philips, que consta de uma placa com dois elementos de material magneto-resistivo com um ímã permanente girando sobre a placa em um eixo perpendicular a esta. O campo magnético criado pelo ímã permanente girando é medido pelos dois elementos magneto-resistivos na placa. Toda a eletrônica, incluindo as magneto-resistências, está no mesmo

20 circuito.

São dois os modos de se obter sensores com saídas lineares:

25 I) o primeiro deles é linearizando o sensor que naturalmente tem uma resposta senoidal. A saída linearizada é obtida pelo tratamento eletrônico ou por otimização do perfil do pólo ou da forma do ímã permanente.

II) o segundo modo é usando uma configuração particular que naturalmente tem uma resposta linear.

Lemarquand (Lemarquand, G., Lemarquand, V. Annular magnet position sensor. IEEE transactions on magnetic. 26:5, sept. 1990.

p.2041) apresenta dois métodos para linearizar um sensor senoidal:

I) o primeiro método é a determinação do ângulo por tratamento eletrônico dos sinais senoidais. O sensor mostra dois sinais dos elemento Hall que são proporcionais ao cosseno e ao seno do ângulo.

5 Uma comparação dos respectivos sinais e os valores absolutos dos sinais determina o intervalo em que o ângulo está situado. Dentro deste intervalo, a razão dos dois sinais é usada para determinar a tangente do ângulo. Quando a tangente é conhecida, o ângulo é então determinado usando um algoritmo numérico. Este tratamento eletrônico
10 é complexo, uma vez que se depende da razão de dois sinais e da determinação da função inversa da tangente.

II) outro método para obter uma lei de variação linear de uma indução normal em um entreferro é modificando a forma do ímã permanente. A nova geometria do sensor é geralmente otimizada por um programa
15 computacional. Este sensor tem uma variação linear em um determinado intervalo do ângulo. Para obter uma informação sobre uma volta inteira, o sensor usa dois elementos de efeito Hall em quadratura. Este sensor tem um tratamento eletrônico muito mais simples do que os anteriores.

20 Dois sensores com saídas lineares podem ser apresentados:

I) o sensor MMT, que é constituído de um ímã permanente em anel radialmente magnetizado inserido em um rotor cilíndrico de ferro, resultando em um completo rotor bipolar. O estator tem duas partes iguais feita de um material magnético macio que define os dois
25 entreferros radiais.

II) o sensor Midori, cuja geometria consiste em duas magneto-resistências R_1 e R_2 , conectadas em série. Um ímã permanente é colocado no eixo do rotor, produzindo um fluxo magnético sobre

as magneto-resistências que mudam de valor com a troca da posição do ângulo do rotor. A resistividade das partes dos elementos magneto-resistivos varia com indução magnética sobre eles. A voltagem no sensor de saída é proporcional à posição do ângulo e à fonte de tensão. Este sensor é caracterizado por uma saída linear mesmo usando elementos magneto-resistivos não lineares.

Em uma avaliação do estado da técnica, algumas patentes de invenção pertinentes ao assunto foram encontradas, sem contudo apresentar o mesmo conceito inventivo. As patentes EP0264461 e GB2098743 são transdutores de posição incrementais baseados em ranhuras e dentes. Ambas baseiam-se num princípio completamente diferente do apresentado na presente invenção, a não ser pelo fato de pretender detectar posição linear.

As patentes US5195377 e US5619135, ao contrário da presente invenção, não são transdutores de posição, mas sim de força, deformação ou outras características mecânicas e magnéticas.

A patente GB2275113 é um dispositivo que detecta posição baseado na deformação de uma fita flexível, um princípio diferente da invenção ora apresentada.

A patente GB1136700 apresenta um sensor móvel numa estrutura magnética fixa, sendo seu princípio de funcionamento diverso da presente invenção.

A patente AU36244/78 nada tem a ver com o princípio da régua magnética, pois depende do acoplamento magnético entre dois enrolamentos e da posição relativa entre estes dois enrolamentos, na fase produzida no sinal de saída.

A patente GB2156994 reivindica a propriedade de um dispositivo para detecção de posição tanto linear quanto angular, utilizando a

variação de uma seção magnética móvel para alterar uma relutância e, conseqüentemente, alterar, através de um divisor de fluxo magnético, o fluxo sobre um sensor Hall. Porém, aplica de forma totalmente diversa daquela concebida para a presente invenção, tendo, portanto, usos diferentes (mais detecção do que medição) e limitações sérias para a medição, que a presente invenção não apresenta.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A figura 1 apresenta uma vista espacial explodida da régua magnética;

A figura 2 apresenta uma vista espacial da régua magnética;

A figura 3 apresenta uma vista frontal;

10 A figura 4 apresenta uma vista lateral;

A figura 5 apresenta uma vista superior da régua magnética;

A figura 6 mostra o posicionamento dos sensores na régua magnética;

A figura 7 mostra os resultados obtidos no protótipo inicial;

15 A figura 8 mostra fluxograma do sistema de teste e calibração.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um sensor magnético de posição linear diferencial, que possui:

- uma parte estacionária, constituída por duas culatras (1) em forma de U, de material ferromagnético macio de elevada permeabilidade magnética, colocadas uma defronte à outra de forma espelhada, criando dois entreferrros (4) nas suas extremidades;

- uma parte móvel formada por pelo menos um ímã permanente (3) ou bobina ou um conjunto de bobinas com corrente elétrica e, eventualmente, dois afastadores (2) também de material ferromagnético macio. Os afastadores (2) estão separados das

culatras (1) por um entreferro e unidos por pelo menos um ímã permanente (3), podendo ser utilizado mais de um ímã de forma a aumentar o fluxo magnético na estrutura.

5 Entre a parte móvel e a parte estacionária, há um rolamento linear ou um sistema guia linear qualquer que proporciona o deslocamento e que não é mostrado no desenho por simplificação. Desta forma há um deslocamento unidirecional do ímã permanente (3) junto com os afastadores (2) ao longo do eixo central da régua magnética de uma extremidade à outra das culatras (1).

10 O deslocamento do ímã permanente (3) modifica o circuito magnético, pois muda a relutância do circuito à esquerda e à direita do ímã permanente (3), proporcionando assim uma variação da densidade de fluxo magnético nos dois entreferros laterais (4) de forma linear e até mesmo diferencial. Quando o ímã permanente (3) se desloca à
15 direita, o fluxo cresce no entreferro à direita (4) e decresce na mesma proporção no entreferro à esquerda (4).

20 Em princípio, qualquer sistema de medição da densidade do fluxo magnético pode ser usado, desde que permita medir as densidades de fluxo variáveis com a posição do ímã permanente ao longo da excursão da régua magnética.

25 Conforme a figura 6, a medição da densidade do fluxo magnético pode ser feita em um ou nos dois entreferros laterais (4), utilizando sensores para medição (5) que podem ser sensores Hall, magneto-resistências ou outros sensores de campo magnético, sendo estes ligados a um condicionador de sinais que fornece o valor das densidades de fluxo magnético medidas. Na hipótese de se utilizar magneto-resistências, uma em cada entreferro lateral (4), pode-se ligá-las em uma Ponte de Wheatstone de forma a se obter como sinal o

desbalanço da ponte, ou seja, um sinal de tensão diferencial relacionado à posição do ímã permanente. Eventualmente, as magneto-resistências poderão usadas em outros sistemas de medição que produzam um sinal ou valor relacionável à posição do ímã permanente ao longo da excursão da régua magnética.

5

Ensaios realizados num protótipo com excursão de 600 mm resultaram nas curvas apresentadas na Figura 7, as quais apresentam as densidades de fluxo magnético "B", medidas nos entreferros de trabalho, usando um Gaussímetro com sensor Hall, em função da posição do carro ao longo da excursão do protótipo. A constante da régua magnética nesse caso é 0,5 T/m. Os protótipos são desenvolvidos a partir de um modelo analítico e de um modelo numérico de simulação. O sistema de ensaios e calibração utilizado é mostrado na figura 8.

10

REIVINDICAÇÕES:

1. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), caracterizado por apresentar princípio de funcionamento baseado em divisor de fluxo magnético.
- 5 2. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser constituído por uma parte estacionária e uma parte móvel
3. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela
10 parte estacionária ser constituída de duas culatras (1) em forma de U, posicionadas uma defronte à outra de forma espelhada, formando dois entreferros (4) nas suas extremidades.
4. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por a
15 parte móvel ser formada por pelo menos um ímã permanente (3) e, eventualmente, dois afastadores (2).
5. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por o
20 ímã permanente (3) poder ser substituído por bobina ou um conjunto de bobinas com corrente elétrica.
6. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por os afastadores (2) estarem separados das culatras (1) por um entreferro e unidos por pelo menos um ímã permanente (3).
- 25 7. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por apresentar entre a parte móvel e a parte estacionária, um rolamento linear ou um sistema guia linear que proporciona o

deslocamento unidirecional do ímã permanente e dos afastadores ao longo do eixo central da régua magnética.

5 8. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), caracterizado por a medição da densidade de fluxo magnético poder ser feita em um ou nos dois entreferos laterais (4).

10 9. SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA), de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por poder ser utilizado qualquer sistema de medição de densidade de fluxo magnético, desde que tal sistema permita medir as densidades de fluxos variáveis com a posição do ímã permanente ao longo da excursão da régua magnética.

Figura 1

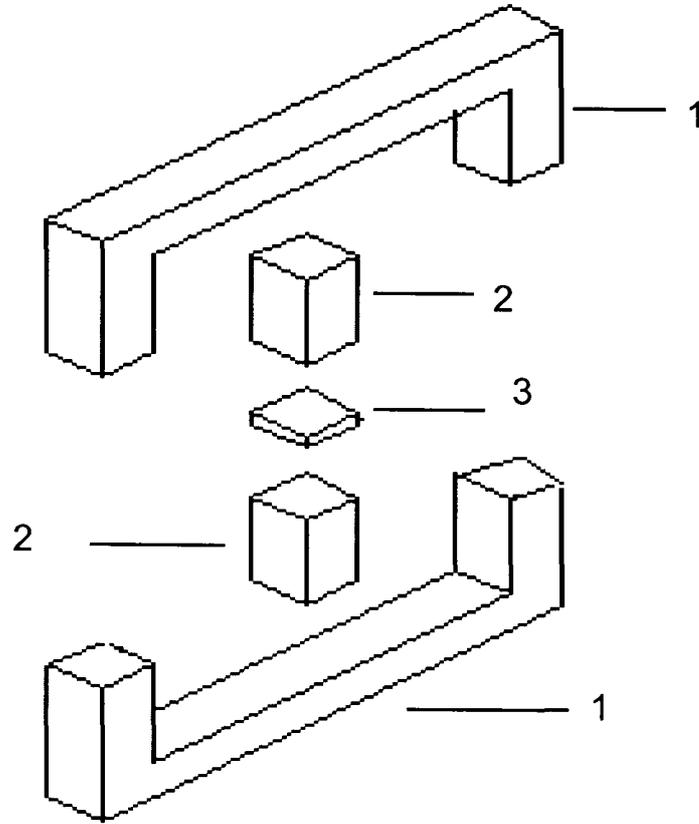


Figura 2

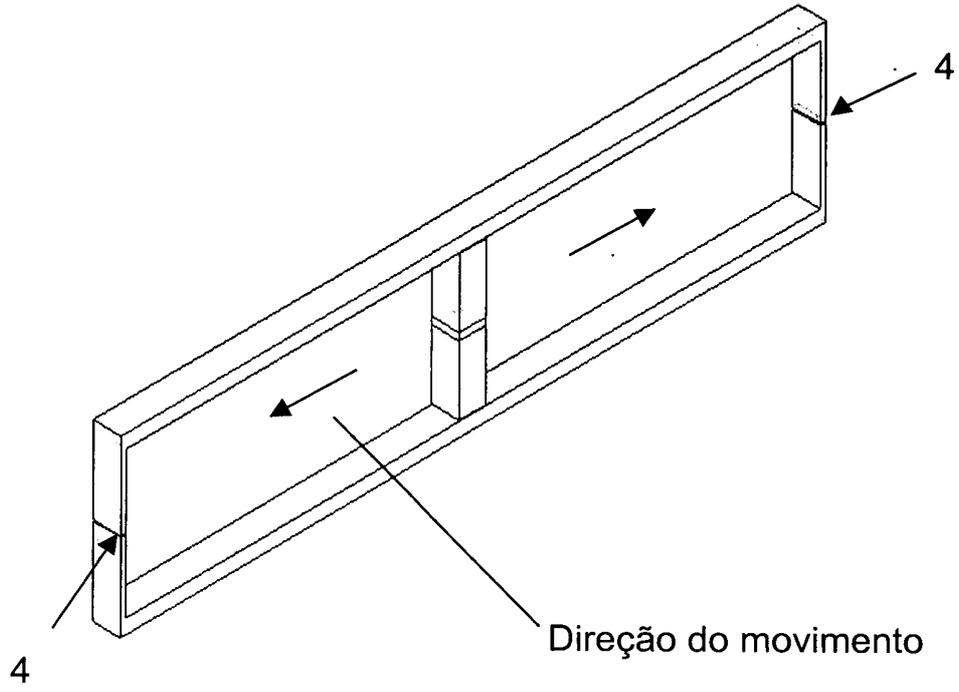




Figura 3

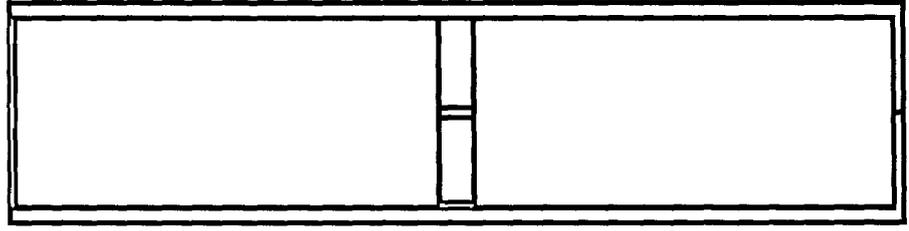


Figura 4



Figura 5

Figura 6

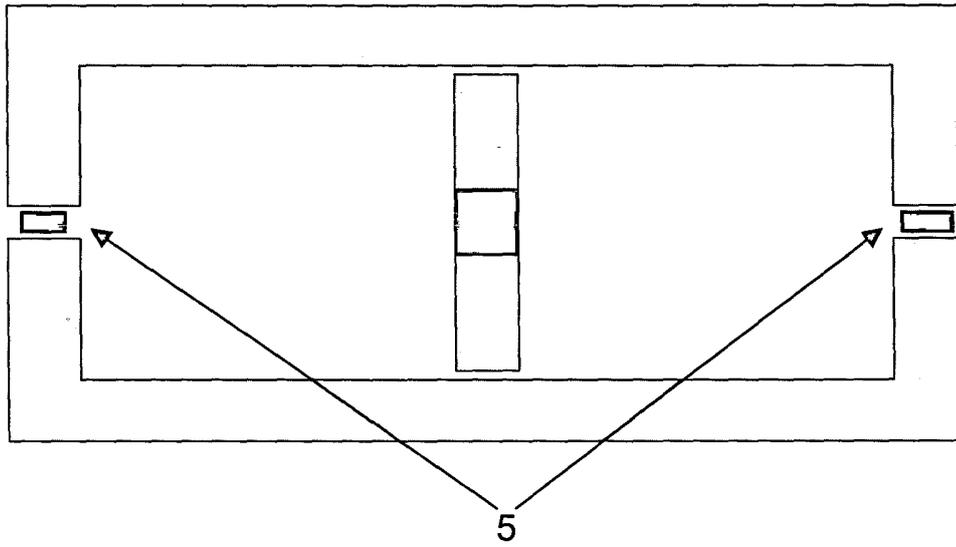


Figura 7

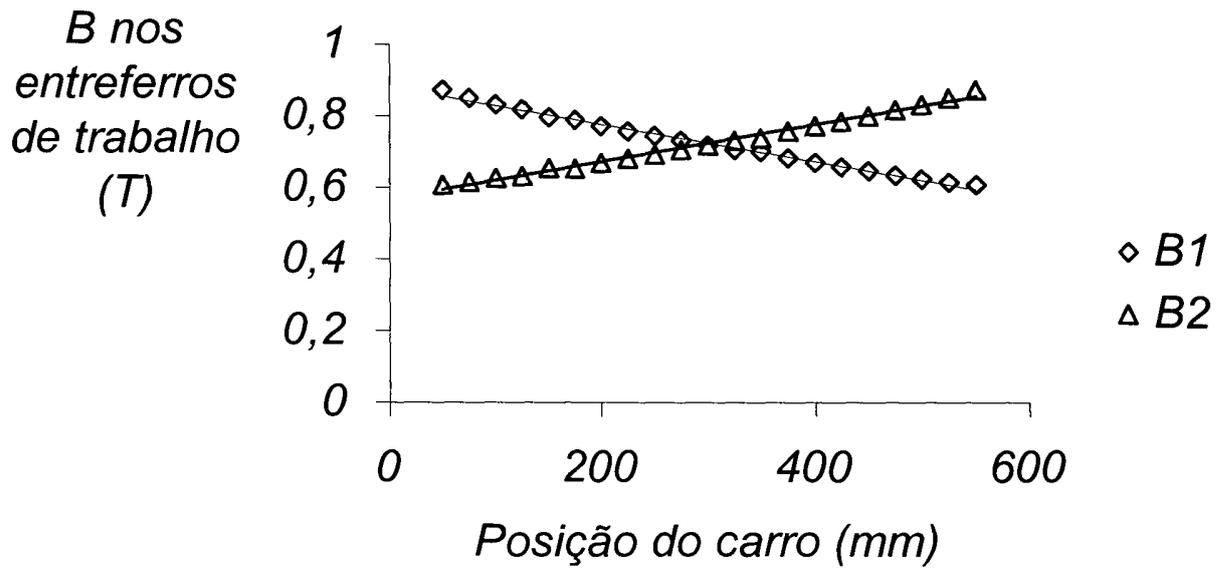
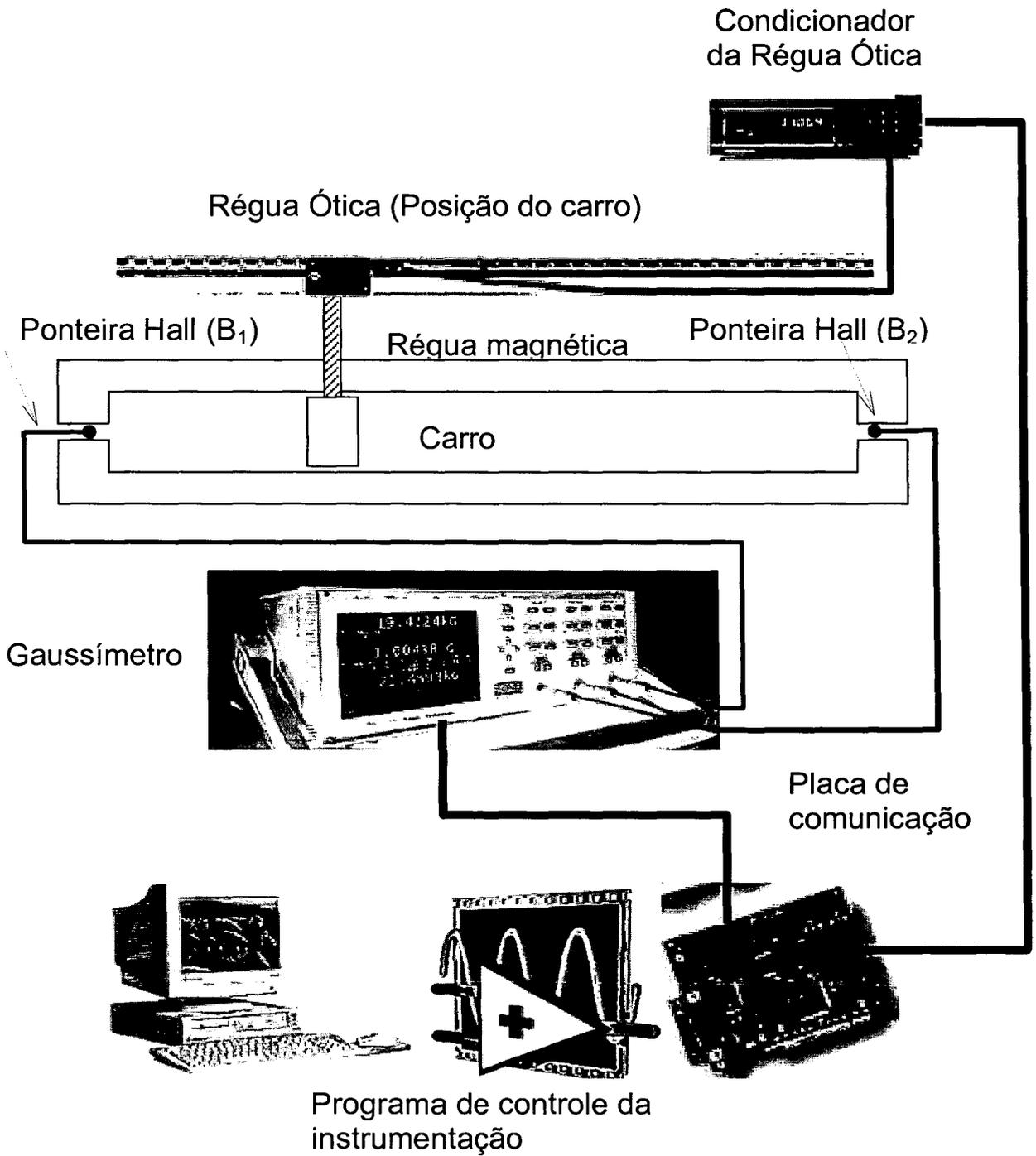


Figura 8



Resumo

SENSOR MAGNÉTICO DE POSIÇÃO LINEAR (RÉGUA MAGNÉTICA)

A presente invenção refere-se a um equipamento transdutor de posição linear magnético baseado no conceito de divisor de fluxo magnético. Apresenta uma parte estacionária, constituída por duas culatras (1) em forma de U, de material ferromagnético macio de elevada permeabilidade magnética, colocadas uma defronte à outra de forma espelhada, criando dois entreferros (4) nas suas extremidades, e uma parte móvel formada por pelo menos um ímã permanente (3) ou bobina ou um conjunto de bobinas com corrente elétrica e, eventualmente, dois afastadores (2) também de material ferromagnético macio. Os afastadores (2) são opcionais e estão separados das culatras (1) por um entreferro e unidos por pelo menos um ímã permanente (3), podendo ser utilizado mais de um ímã de forma a aumentar o fluxo magnético na estrutura. A posição do ímã permanente ao longo da excursão na régua magnética permite obter um sinal linear e diferencial, sem necessidade de circuitos eletrônicos para correção da linearidade.