



# Sensor de deslocamento LVDT

Instrumentação Eletrônica (2008.2)

Ana Angélica Melo

# Tópicos Abordados

- Introdução
- Visão Geral
- Histórico
- Conceitos Básicos
- Características
- Esquemas
- Aplicações
- Evolução
- LVDTs comerciais
- RVDT
- Conclusões
- Referências

# Introdução

- O transdutor é um dispositivo usado para transformar uma grandeza qualquer em outra que pode ser utilizada nos dispositivos de controle;
- Os transdutores transformam uma grandeza física (temperatura, pressão, etc.) em um sinal de tensão ou corrente que pode ser facilmente interpretado por um sistema de controle;
- Transdutor é o instrumento completo que engloba o sensor;
- O sensor é apenas a parte sensitiva do transdutor.

# Visão Geral

Transformador Linear de Tensão Diferencial Variável (LVDT – *Linear Variable Differential Transformer*)

- Dispositivo eletromecânico que produz uma tensão de saída proporcional a posição de um núcleo móvel;
- Conversão de deslocamento em sinal elétrico.



Figura 1: LVDT (Estrutura Mecânica).

# Histórico

- Início do século passado – surgimento dos primeiros transformadores diferenciais; utilizados para controle de potência AC de motores e geradores;
- Em meados de 1930 - transformadores diferenciais começaram a ser usados em processos telemétricos (em equipamentos de análises químicas), tornando-se dispositivos lineares;
- Na segunda guerra mundial - LVDT era usado para indicar posição nula em aviões, torpedos, máquinas industriais e outros equipamentos específicos;
- O uso do LVDT foi difundido com a publicação do artigo “*The Linear Variable Differential Transformer*” por Herman Shaevitz em 1946;
- 1957 –Japão desenvolve o primeiro micrômetro usando um LVDT.

# Conceitos Básicos

- Princípio de Funcionamento
  - Baseia-se na Lei da Indução de Faraday
    - Geração de um campo magnético por um campo elétrico variável e vice-versa.
  - No transformador, sempre que houver variação do fluxo magnético gerado pelo enrolamento primário (fonte CA), haverá uma indução de uma força eletromotriz no enrolamento secundário (causada por essa variação de fluxo alternado).

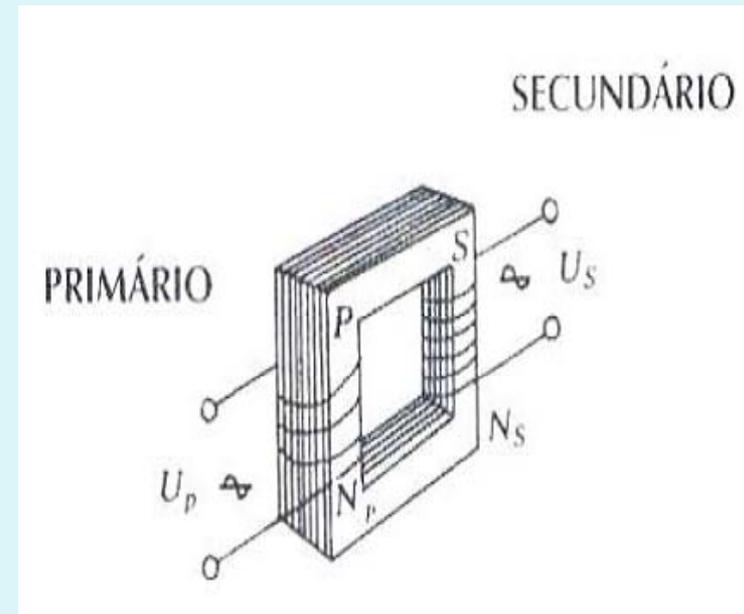


Figura 2: Transformador com seus respectivos enrolamentos.

# Conceitos Básicos

- Estrutura Interna
  - Componentes:
    - 1 Bobina primária
    - 2 Bobinas secundárias
    - Núcleo ferromagnético móvel
    - Eixo não ferromagnético (acoplado ao núcleo)
    - Estrutura isolante para as bobinas
    - Carcaça metálica (para prover blindagem e resistência mecânica)

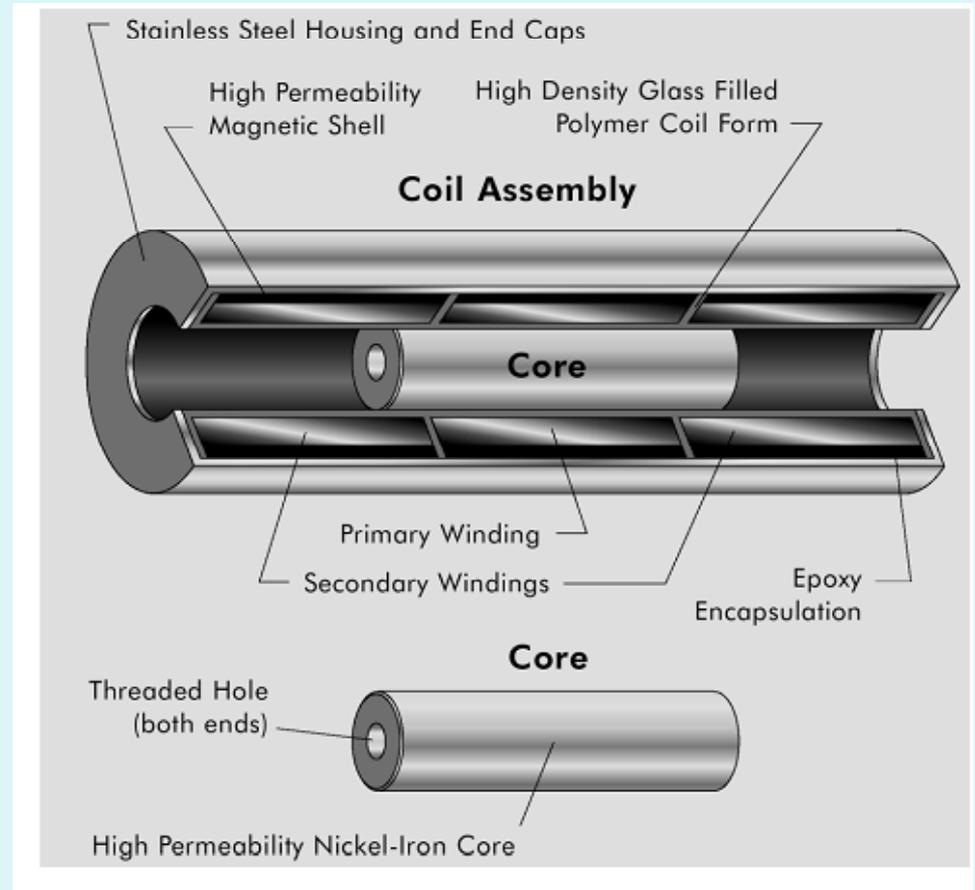


Figura 3: LVDT em corte.

# Conceitos Básicos

- Funcionamento do Sensor
  - Três bobinas simétricas, no interior destas se move uma barra magnética que gera uma trajetória para o fluxo magnético entre as bobinas;
  - A posição do núcleo controla a indutância mútua entre a bobina primária e as duas bobinas secundárias.

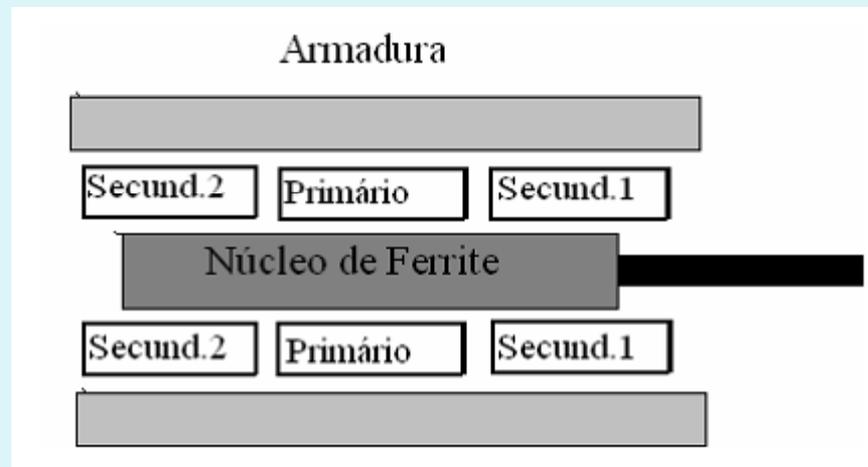


Figura 4: Estrutura externa (armadura) do LVDT.

# Conceitos Básicos

- Funcionamento do Sensor
  - A amplitude da tensão induzida em cada bobina secundária varia de acordo com a posição do núcleo.

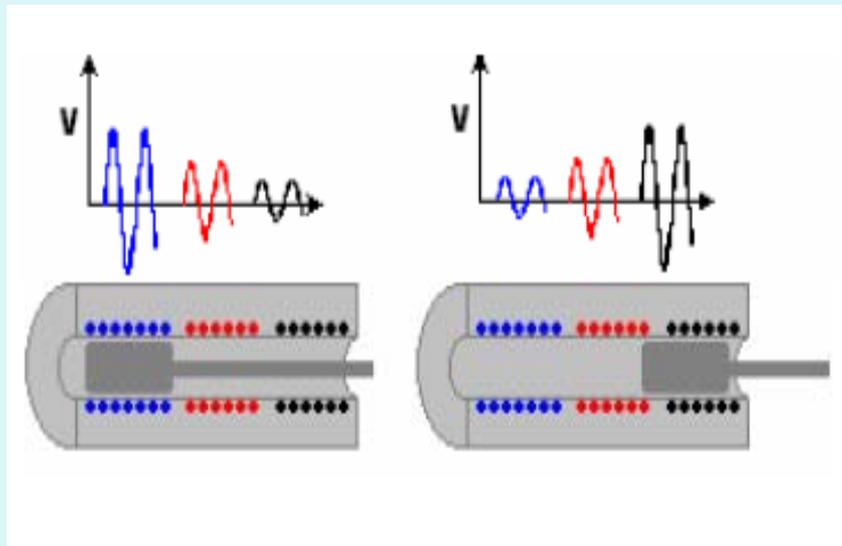


Figura 5: Amplitude da tensão variando com a posição do núcleo.

# Conceitos Básicos

- Dados Relevantes
  - Sensibilidade
    - Varia comercialmente entre 0,2 a 2 Volts/cm de deslocamento por Volt de excitação aplicada ao primário;
    - Quanto maior o deslocamento, menor será a sua sensibilidade.
  - Tensão e Freqüência de Alimentação
    - A tensão aplicada, geralmente, ao enrolamento primário é de 5 a 10 Volts, à uma freqüência de 60Hz a 5kHz.

# Conceitos Básicos

- Dados Relevantes
  - Campo de Medida
    - Podem ser encontradas, comercialmente, com deslocamentos entre 1 e 50 mm.
  - Erro
    - Geralmente de 0,5% a 2% para a máxima saída.

# Conceitos Básicos

- Dados Relevantes

- Resposta

- Núcleo situado exatamente entre as duas bobinas secundárias, as tensões induzidas são iguais e opostas, logo, a tensão de saída é nula;
    - Núcleo quando se move da posição central, ocorre um desbalanceamento das indutâncias mútuas;
    - A tensão varia linearmente com o deslocamento do núcleo e o sentido do movimento pode ser determinado pelo sinal da saída da tensão.

# Conceitos Básicos

- Dados Relevantes
  - Resposta
    - Voltagem de saída varia linearmente com o deslocamento do núcleo.

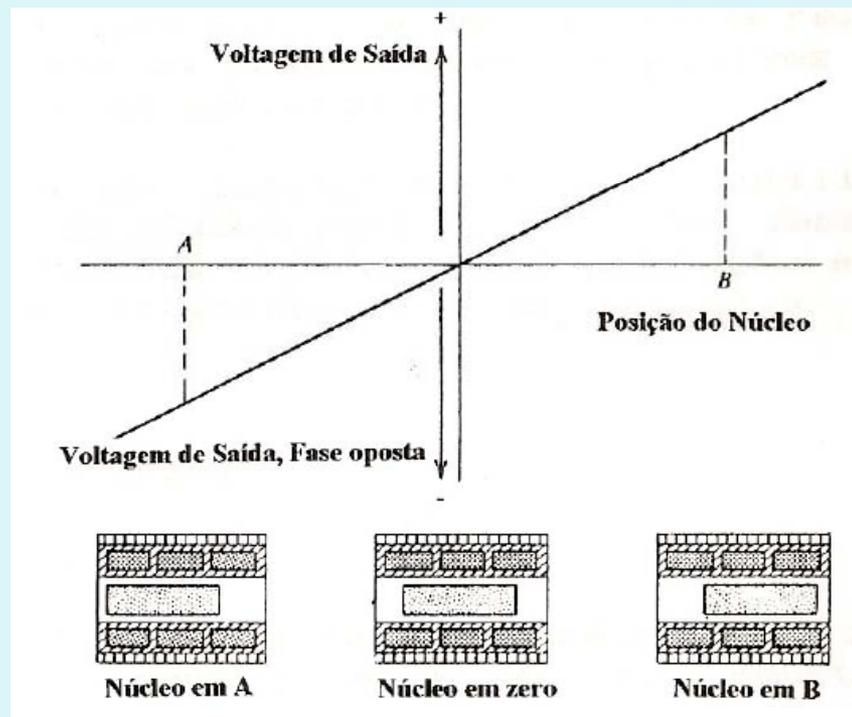


Figura 6: Voltagem de Saída.

# Características

- Resolução analógica infinita;
- Vida mecânica ilimitada (não há atrito);
- Isolação elétrica entre o primário e o secundário;
- Isolamento elétrico do núcleo e do enrolamento;
- Robustez com o meio de trabalho;
- Repetibilidade de posição nula;
- Resposta dinâmica rápida.

# Esquemas

- Esquema Elétrico Simplificado

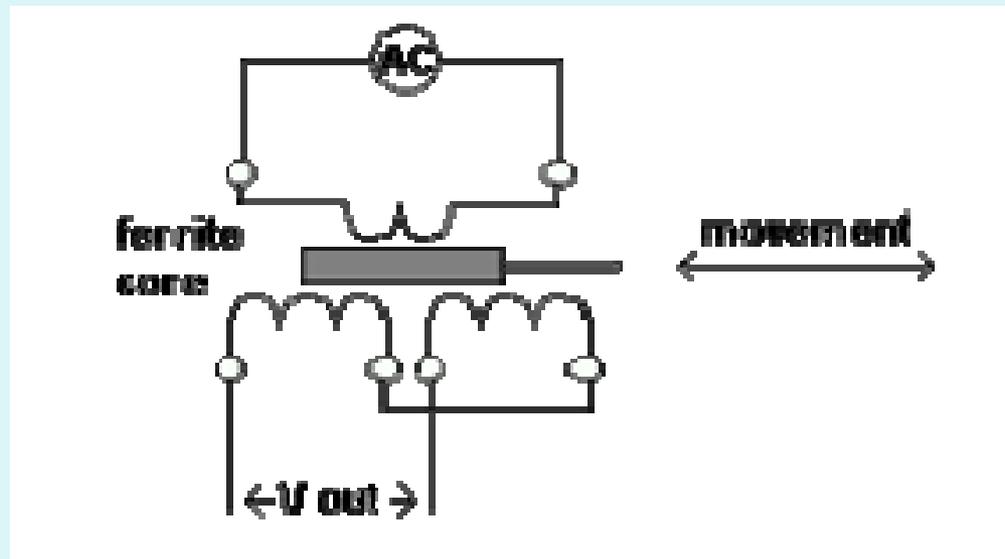


Figura 7: Esquema Elétrico do LVDT.

# Esquemas

- Esquema de Funcionamento
  - Apresenta o sinal de cada enrolamento e o sinal de saída do LVDT.

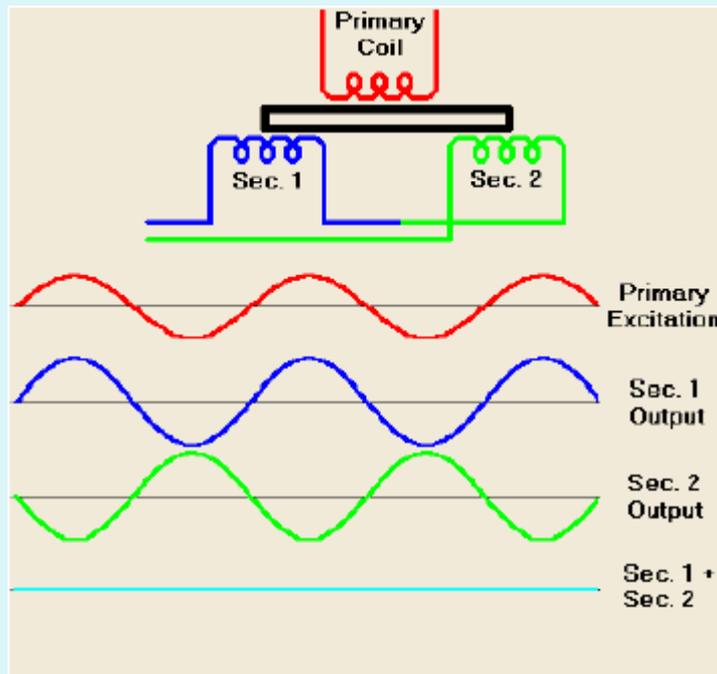


Figura 8: Esquema de funcionamento quando o LVDT está com o núcleo móvel na posição central.

# Esquemas

- Esquema 3D do LVDT

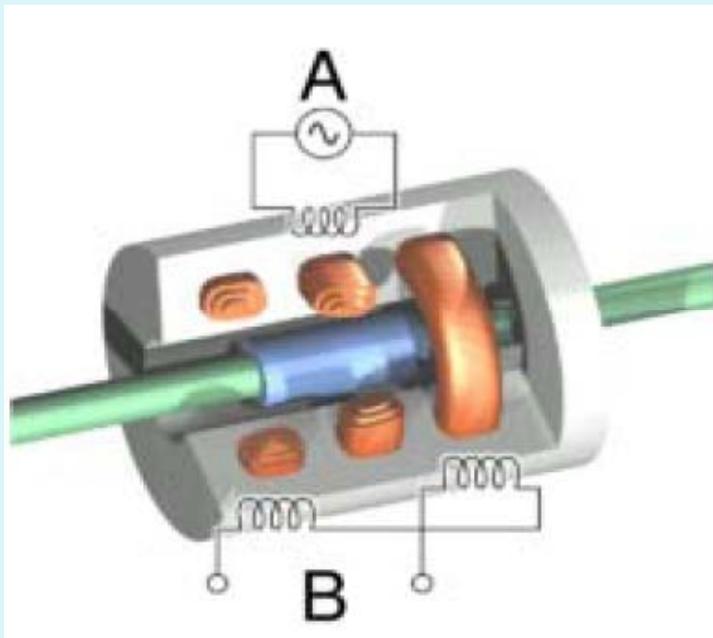


Figura 9: LVDT (3D).

- Esquema 2D do LVDT

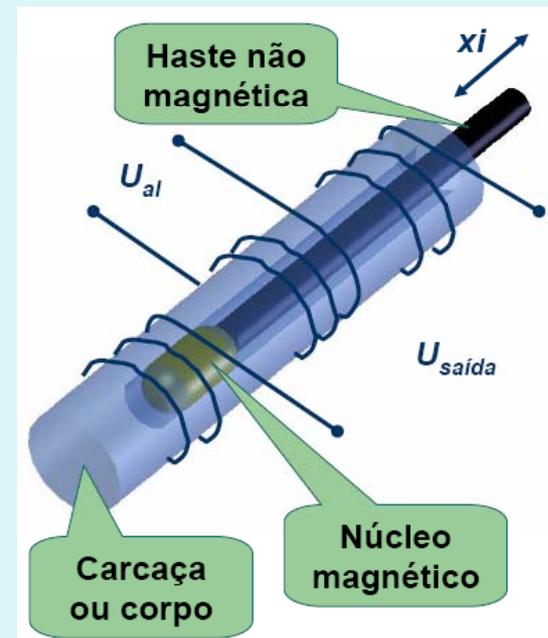


Figura 10: LVDT (2D).

# Aplicações

- Usado em diversas áreas
  - Aviões (sensores de partes mecânicas); Submarinos/Navios; Naves espaciais; Laboratórios Espaciais; Reatores nucleares; Medições industriais; Laboratórios de indústrias químicas.
  - Embora o LVDT seja sensor de deslocamento, muitas outras quantidades físicas podem ser medidas. Assim pode ser empregado em:
    - Deslocamento: extensômetros, transdutores de temperatura (dilatação);
    - Deflexão de vigas, fios e anéis: transdutores de força ou de pressão;
    - Variação de espessura de peças: medidas de espessura e perfil;
    - Nível de fluído: medida de nível e fluxo de fluído;
    - Velocidade e aceleração : controle de suspensão automotiva.

# Evolução

- Desenvolvimento dos instrumentos para a medida de corrente contínua a fim de obter uma saída também contínua;
- Isto é obtido através da introdução de um oscilador eletrônico, na entrada do LVDT, que transforma a corrente contínua em corrente alternada de tensão estabilizada e proporcional à entrada, que alimentará o primário do LVDT;
- Na saída do LVDT é acoplado um sistema eletrônico composto por um demodulador e um filtro passa baixa, obtendo-se assim uma saída em corrente contínua.

# LVDTs Comerciais

- *Micro Miniature – SM Series Singer Instruments*
  - Menor LVDT do mercado, medindo 2,3 mm de diâmetro;
  - Alto desempenho;
  - Tensão de entrada: 2,3 Vrms;
  - Frequência de entrada: 5 KHz;
  - Desvio linear (erro): 2% *Full Range Max*;
  - Temperatura de Operação: -20 a +70°C;
  - Material da Carcaça: Nickel-Iron (Ferro-Níquel)

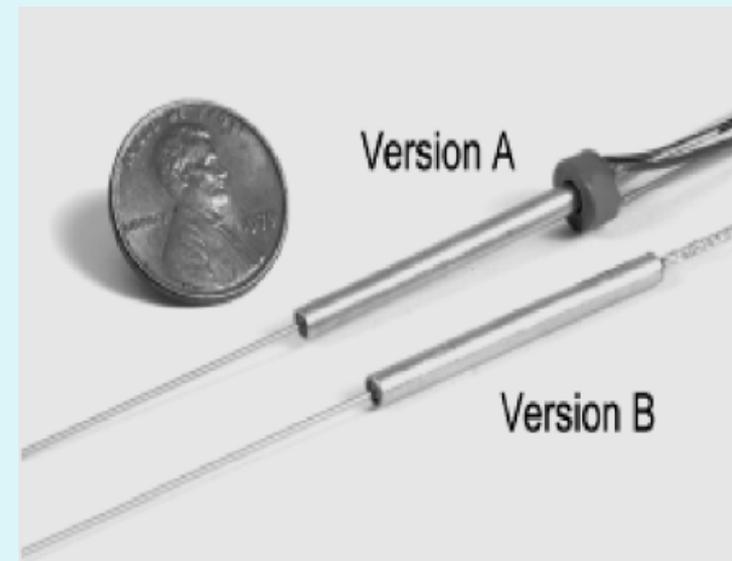


Figura 11: *Micro Miniature*.

# LVDTs Comerciais

- Unidade de Condicionamento de Sinal USB 10 (*Singer Instruments*)
  - 21 bits de resolução;
  - Saída analógica ou digital de sinal;
  - Portas USB(1.1 e 2.0) e Serial RS-232;
  - Escala e zero ajustável por *software*;
  - Filtro e taxa de conversão selecionável por *software*;
  - Leitura no painel ou pelo *software*;
  - Opção de linearização por *software*;
  - Nenhuma alimentação requerida quando ligado pelo USB.



Figura 12: Unidade de Condicionamento de sinal USB 10.

# LVDTs Comerciais

- HR *Series* (*Shaevitz LVDT Technology*)
  - Tensão de entrada: 3 Vrms (nominal);
  - Faixa de Freqüências: 400 Hz a 5 Hz;
  - Faixa de Operação: -55 a +150 °C;
  - Choque Mecânico: 1.000 g em 11ms;
  - Tolerância a vibrações: 20 g até 2 Hz.



Figura 13: *HR Series*.

# RVDT

- O RVDT (*Rotational Variable Differential Transformer*) é usado para medir ângulos de rotação e usa o mesmo princípio do sensor LVDT. Enquanto o LVDT usa um centro cilíndrico de aço, o RVDT usa um centro rotativo ferromagnético.

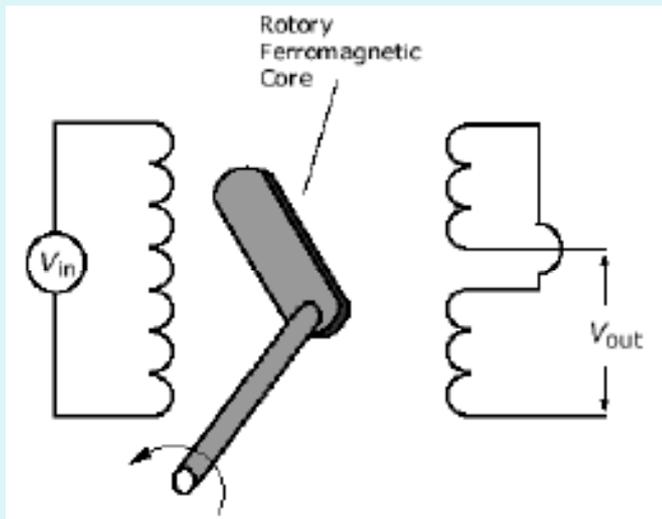


Figura 14: Esquema típico do RVDT.



Figura 15: RVDT (Estrutura Mecânica).

# Conclusões

- O LVDT tem um funcionamento bastante prático e preciso, medindo pequenas variações que não podem ser percebidas a olho nu;
- Desde o seu surgimento os sensores LVDT não pararam mais de ser estudados e aperfeiçoados, devido a sua variedade de aplicações;
- Possui uma grande vida útil;
- Largamente utilizados nos dias de hoje;
- Conseguem atender bem as exigências do mercado.

# Referências

- BERTOTTI. F. LVDT. Disponível em: <[http://www.cpgei.cefetpr.br/~biota/Seminarios/seminario\\_190804.pdf](http://www.cpgei.cefetpr.br/~biota/Seminarios/seminario_190804.pdf)> . Acesso em: 05 nov. 08.
- BORGES. G. Sensores e Transdutores. Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://www.ene.unb.br/~gaborges/disciplinas/fr/slides/3.locomocao.atuadores.sensores.pdf>> . Acesso em: 30 out. 08.
- COUTO, J. Projeto de Conclusão. Escola Técnica Santo Inácio. Disponível em: <<http://www.proware.ind.br/Apostila%20Projetos.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 08.
- DEMARCHI. Instrumentação Industrial. Disponível em: <[http://cursos.unisanta.br/mecanica/ciclo10/1088\\_Capitulo\\_4\\_Transdutores.pdf](http://cursos.unisanta.br/mecanica/ciclo10/1088_Capitulo_4_Transdutores.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 08.
- DONATELLI. G. Transdutores Indutivos de Deslocamento – LVDT . Universidade Federal de Santa Catarina. Labmetro. Disponível em: <<http://www.labmetro.ufsc.br/Disciplinas/EMC5222/Transdutores%20indutivos.pdf>>. Acesso em: 05. nov 08.
- MACHADO T.; CIOATTO M.; ZOTTI E. LVDT. Universidade de Caxias do Sul.
- NUNES. Sensores e Transdutores. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.gmsie.usp.br/Downloads/Download.aspx?FileID=118>>. Acesso em: 10 nov. 08.
- ROLDO, D.; REOLON, E.; BOEIRA, A. et al. Tecnologia LVDT. Universidade de Caxias do Sul.
- THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE Pedro. Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações. 5 ed. São Paulo: Èrica, 2008.
- VOGEL, M.; JÚNIOR, N.; RODRIGUES, T. Desenvolvimento de um Dilatômetro Didático. Universidade de Caxias do Sul.
- WERNECK, M. Transdutores e Interfaces. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 1996.