

PROTÓTIPO DE SERVOMECANISMO LINEAR COM REALI
LIMENTAÇÃO CAPACITIVA

F.R. Clayton, V. Baranauskas

Departamento de Engenharia Elétrica, Faculda
de de Engenharia de Campinas, UNICAMP

C.P. 6061, 13083 - Campinas, SP.

Apresentamos um protótipo de servomeca-
nismo linear, baseado no princípio do galva-
nômetro de D'Arsonval, que permite girar um
espelho em torno de seu eixo principal. Como
transdutor de realimentação da posição angu-
lar escolhemos um capacitor de placas móveis.
O sinal de controle é obtido através da demodulação AM de um sinal de referência de 100 kHz aplicado à ponte de Wheatstone. Através de uma interface digital pode-se comandá-lo diretamente com um microcomputador, com controle de velocidade e posicionamento.

Servomecanismo Linear, Controle Giratório.

1. INTRODUÇÃO

A coerência espacial da radiação Laser permite concentrar toda potência emitida em áreas da mesma grandeza do seu comprimento de onda. Além disto, a radiação Laser é uma forma pura de transmissão de energia. Estas qualidades tornam o Laser uma ferramenta muito útil na tecnologia de vácuo, principalmente na área de processamento de materiais (1-7) e de análise de superfícies (8-9). Para estas aplicações é fundamental um sistema de posicionamento do feixe sobre a amostra. Um modo interessante de se implementar este controle é conservar o material a ser processado em um anteparo fixo e utilizar dois espelhos para refletir o feixe nas direções \hat{x} e \hat{y} do plano da amostra (10). Publicamos em

trabalho anterior (11) detalhes construtivos de um sistema deste tipo com a utilização de motores de passo e engrenagens redutoras. Uma das limitações observadas é que o conjunto se apresentava inadequado para velocidades de varredura maiores que 10^{-2} m/s, devida a uma ressonância intrínseca de vibração dos motores. Tal dificuldade nos levou ao desenvolvimento de um servomecanismo linear tipo galvanômetro, a ser descrito no presente trabalho.

2. DESCRIÇÃO DO SERVOMECANISMO

Conforme ilustrado na figura 1, o projeto foi elaborado a partir do galvanômetro de D'Arsonval. O eixo principal (15) possui um encaixe para suporte de espelho de modo a girar com o mínimo erro de linearidade na reflexão. Um ímã (14) é colocado no centro da peça ficando envolvido por uma bobina (10) construído sobre uma forma de bordas arredondadas, pouco maior que o ímã, sem qualquer armadura e enriquecida com verniz. Na parte traseira da mesma é colocada uma arruela de latão (8) por onde passa um pivô (9) contido entre dois mancais (5 e 7), constituindo o apoio traseiro (que gira livremente). O apoio dianteiro é feito por pivô (prolongamento do eixo) (15) colocado na bobina que engasta-se no outro mancal montado no ímã. Inicialmente havíamos utilizado um rolamento colocado na parede frontal do aparelho (2) visando suportar o peso do eixo, mas os resultados obtidos foram insatisfatórios. A fotografia do conjunto completo, incluindo os capacitores de realimentação, está apresentada na figura 2.

3. REALIMENTAÇÃO CAPACITIVA

Como transdutor de realimentação escolhemos um capacitor de placas móveis. As principais vantagens são: a) facilidade de construção mecânica, b) inexistência de atrito, c) forças eletrostáticas desprezíveis, d) contactos elétricos fixos. Para a medida de capacitância utilizamos uma ponte de Wheatstone capacitiva (vide figura 3), onde, através de um

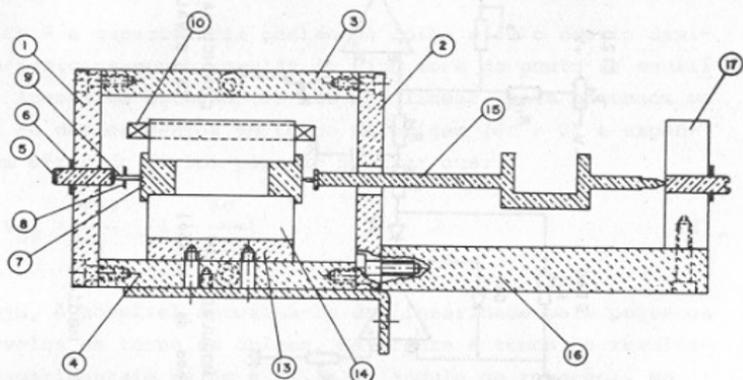


Figura 1 - Diagrama mecânico do servomecanismo.

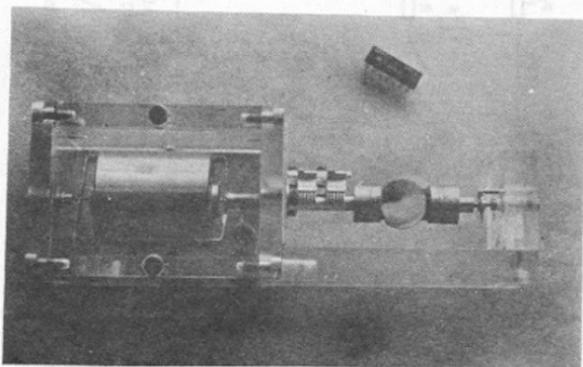


Figura 2 - Fotografia do protótipo executado.

oscilador estabilizado em $f = 100$ kHz extraímos a diferença entre o sinal do ramo adc e o sinal de referência (ramo abc). Através da demodulação AM pode-se mostrar que:

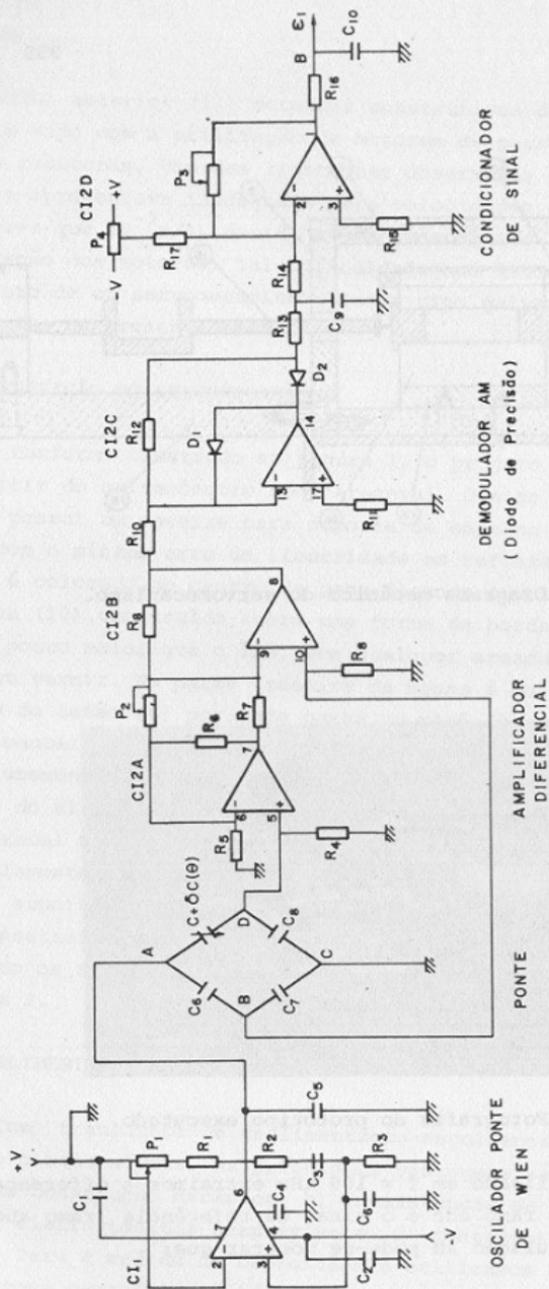


Figura 3 - Oscilador de Wien e demodulador AM para medida de ó.c.

$$V_{bd} = \frac{Vac}{4} \left(\frac{Co}{Co + \frac{\delta C}{2}} \right) \quad (1)$$

onde Co é a capacitância padrão da malha e δC o desvio devido ao posicionamento angular do eixo fora do ponto de equilíbrio. Apesar da equação (1) não ser linear, para pequenos valores de deslocamentos em torno da origem ($\delta C \approx 0$) a expansão em série de Taylor permite mostrar que:

$$V_{bd} \approx \frac{Vac}{4} \left(1 - \frac{\delta C}{2Co} \right) \quad (2)$$

Ou seja, é possível aproximá-la da linearidade para pequenos intervalos em torno da origem. Na figura 4 temos os resultados experimentais de $\delta C \times V_{bd} \times \theta$ (ângulo de rotação). Na faixa de $\pm 10^\circ$ o protótipo apresentou um erro médio de $\pm 0,8\%$.

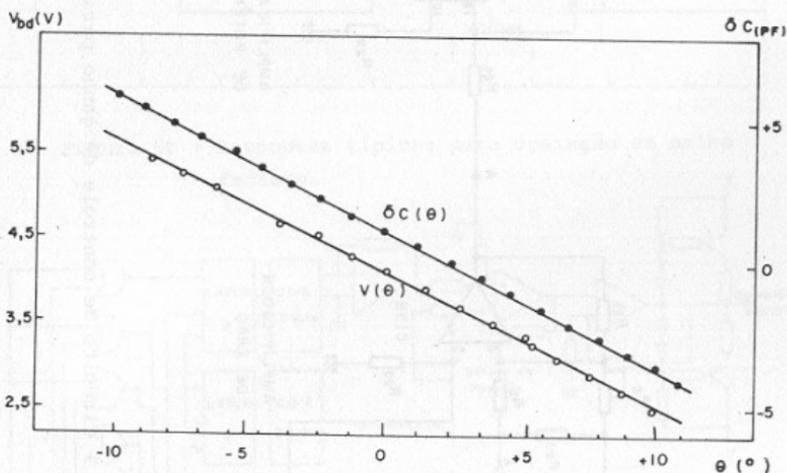


Figura 4 - Resultados experimentais de $\delta C \times V_{bd} \times \theta$.

4. CIRCUITO DE CONTROLE

A figura 5 indica o esquema do circuito de controle de

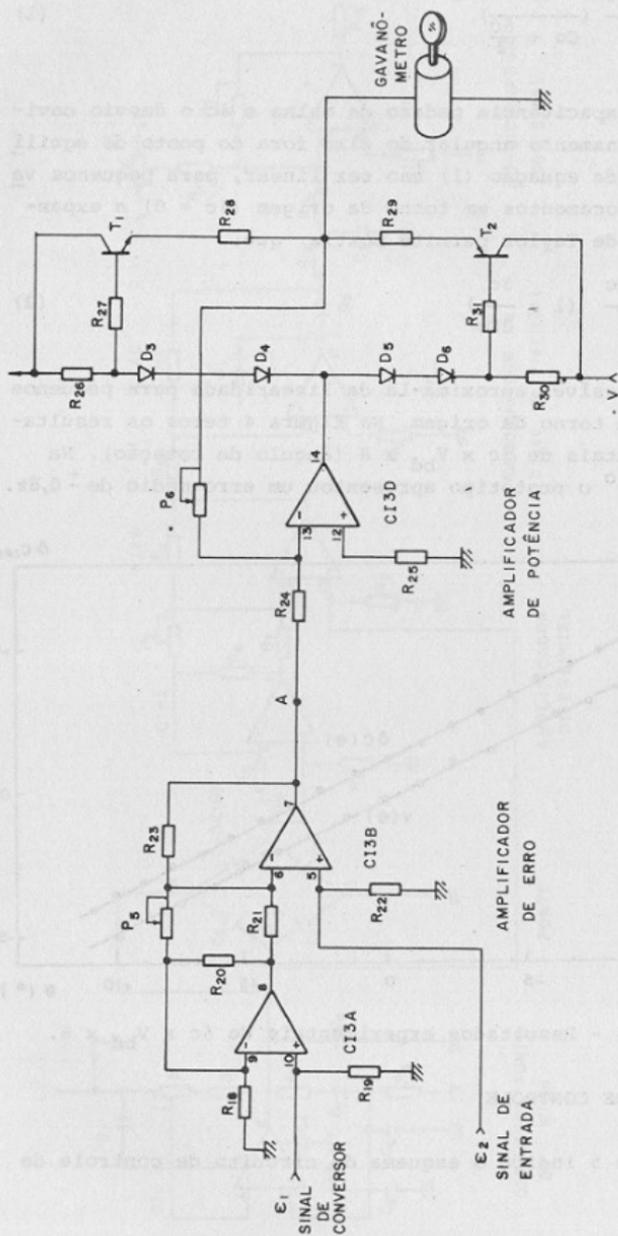


Figura 5 - Circuito de controle de ganho para operação em malha fechada.

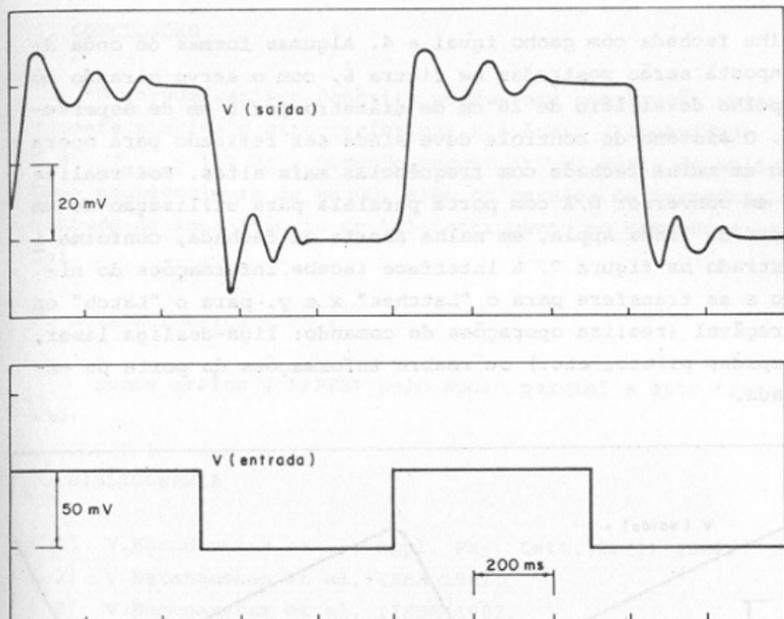


Figura 6b - Respostas típicas para operação em malha fechada.

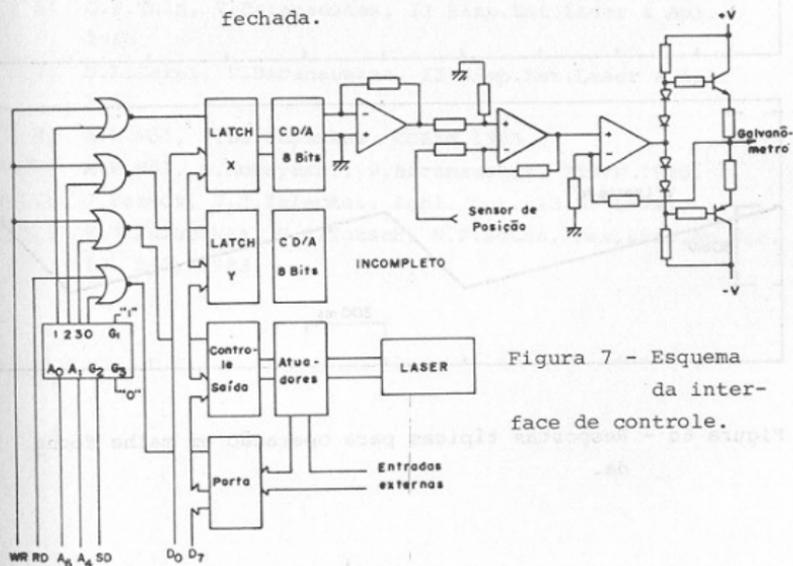


Figura 7 - Esquema da interface de controle.

malha fechada com ganho igual a 4. Algumas formas de onda de resposta serão mostradas na figura 6, com o servo girando um espelho de silício de 20 cm de diâmetro por 5 mm de espessura. O sistema de controle deve ainda ser refinado para operação em malha fechada com frequências mais altas. Foi realizado um conversor D/A com porta paralela para utilização de um micro da linha Apple, em malha aberta ou fechada, conforme ilustrado na figura 7. A interface recebe informações do micro e as transfere para o "Latches" x e y, para o "Latch" endereçável (realiza operações de comando: liga-desliga laser, lâmpadas piloto, etc.) ou reabre informações da porta de entrada.

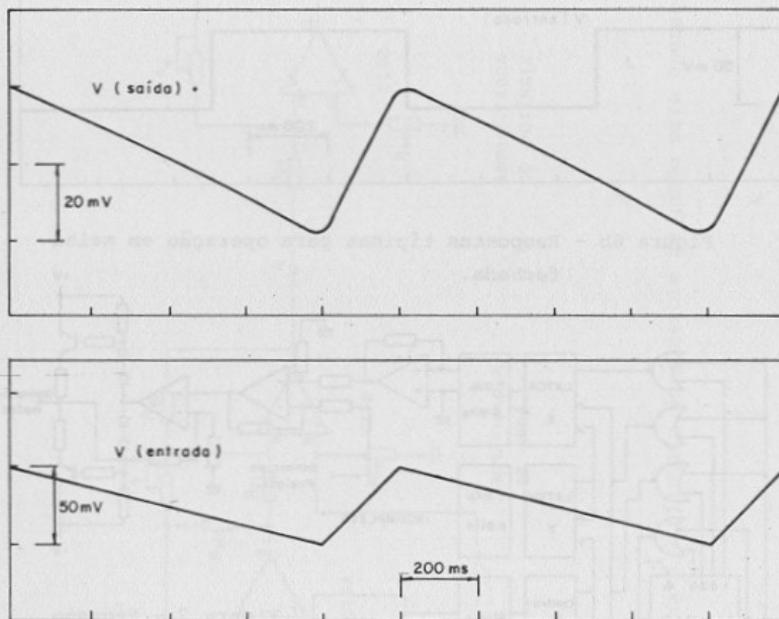


Figura 6a - Respostas típicas para operação em malha fechada.

5. CONCLUSÕES

O servomecanismo descrito possui uma construção relativamente simples e características razoáveis (linearidade 0,8%, $f_{\max} = 150$ Hz), podendo encontrar uma série de aplicações na tecnologia de vácuo, além do gerador de varredura, em virtude da inexistência de tal instrumento no mercado nacional.

6. AGRADECIMENTOS

Somos gratos à FAPESP pelo apoio parcial a este trabalho.

7. BIBLIOGRAFIA

- | 1| V.Baranauskas et al, Appl. Phy. Lett. 36(1) 1980.
- | 2| V.Baranauskas et al, ISBM 1981.
- | 3| V.Baranauskas et al, IISBM 1982.
- | 4| V.Baranauskas, I Simp.Est.Laser & Apl. 1983.
- | 5| V.Baranauskas, Rev. IF (152) 1985.
- | 6| G.P.Thin, V.Baranauskas, II Simp.Est.Laser & Apl. 1985.
- | 7| E.L.Carpi, V.Baranauskas, II Simp.Est.Laser & Apl. 1985.
- | 8| A.W.Mól, V.Baranauskas, COBEM 1985.
- | 9| A.W.Mól, S.Kobayashi, V.Baranauskas, IISBM 1985.
- | 10| J.Raamot, V.J.Zaleckas, Appl. Opt. 13(5) 1974.
- | 11| V.Baranauskas, P.J.Tatsch, M.F.Sousa, Rev.Bras.Ap.Vac. (3) 1-2, 1983.