

Aula 10: Sensores de posição empregados em determinação, navegação e controle de atitude: Sensores de Horizonte. Sistemas Sensores de Horizonte (cont.).

Sistemas Sensores de Horizonte (cont.)

Sensor de Terra para satélites estabilizados em três eixos. O sensor NESA (*Nonspinning Earth Sensor Assembly*), construído pela TRW para os satélites de órbita geosíncrona CTS (*Communications Technology Satellite*) e ATS-6 (*Applications Technology Satellite-6*), consiste de dois sensores infravermelhos independentes que varrem o disco terrestre medindo ângulos de rotação que definem a atitude do satélite em relação à Terra a partir da altitude síncrona (~36.000 km). O detector sente a radiação na faixa espectral de 13,5 a 25 μm e usa uma porcentagem fixa da saída máxima do localizador. Um pequeno detector de Sol é localizado próximo ao telescópio infravermelho para verificar a intrusão do Sol no FOV. Este sensor consiste de um pequeno espelho, duas aberturas mecânicas fixas e um detector fotodiodo de silício. O FOV do detector de Sol é maior que e concêntrico com o FOV do detector infravermelho.

A geometria do sensor próxima a atitude nominal (arfagem = rolamento = 0) é mostrado na Figura 26 com o eixo Z da espaçonave na direção de nadir. A varredura do campo de visão, aproximadamente no plano X-Z ou Y-Z, é criada pela oscilação (4,4 Hz) de um espelho de berílio. O plano de varredura é deslocado de 3,5° de tal forma que, na atitude nominal, os caminhos de varredura estão ligeiramente deslocados do centro da Terra. A geometria do sensor é escolhida de tal forma que, a varredura norte-sul (NS) ou leste-oeste (EW) fornecem os erros angulares em torno dos eixos de arfagem e rolamento. Para a varredura EW, o erro em arfagem é medido usando um contador binário, *up-down*, para armazenar os pulsos do codificador do espelho de varredura. Os pulsos do codificador são contados durante o tempo em que um sinal de radiância da Terra está presente, com a direção de contagem revertida quando o FOV cruza o eixo de arfagem da espaçonave. Quando a varredura está centrada (ângulo de apontamento nulo) a saída do contador é zero. O ângulo de rolamento é obtido comparando o número total de pulsos do codificador com um valor nominal correspondendo à corda terrestre esperada na altitude síncrona e com ângulo de rolamento nulo. Para a varredura NS, o cálculo dos ângulos de arfagem e rolamento são invertidos. Então, o sistema fornece saída redundante sobre uma faixa linear de $\pm 2,82^\circ$. A precisão especificada do sensor é 0,05° com 0,01° de *bit* menos significativo. No modo missão, o NESA fornece os sinais de erros para um sistema de controle autônomo. Durante a fase de aquisição de atitude do CTS, os dados do NESA estavam disponíveis sobre um campo de visada de aproximadamente 26° por 26°, apesar de que a maioria dos dados forneciam somente informação sobre o quadrante dos ângulos de arfagem e rolamento.

Scanwheels. A integração de um sistema sensor de horizonte com uma *momentum Wheel*, projetado pela *Ithaco Corporation*, está ilustrado nas Figuras 27 e 28. O projeto já voou e foi planejado para vários satélites incluindo, SAS-3 (*Small Astronomy Satellite-3*), ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*, renomeado de LANDSAT), NIMBUS, HCMM (*Heat Capacity Mapping Mission*), SEASAT, SAGE (*Stratospheric Aerosol and Gas Experiment*, também conhecido como AEM-B) e MAGSAT (*Geomagnetic Field Satellite*). A roda e o prisma giram a uma velocidade angular variável, geralmente próxima de 1600 rpm, fornecendo ambos: momento angular e uma varredura cônica em torno do

eixo da roda (*flywheel*). A radiação incidente no detetor, originária de uma direção definida pelo prisma, passa através de uma janela de germânio (que define a banda de passagem óptica) e é focalizada sobre um termistor que está fixo no satélite. Uma referência magnética sobre a roda fornece um pulso de referência, quando passa por um *pickup* magnético montado no corpo, para cada revolução da roda. A eletrônica da *scanwheel* mede o ciclo de trabalho antes e depois do pulso de referência. *Scanwheels* e sistemas similares já foram analisados detalhadamente por Wertz, *et. al.*, 1975, Hotovy, *et. al.*, 1976, e Nutt, *et. al.*, 1978. A Tabela 3 resume as características físicas dos sistemas *scanwheel*.

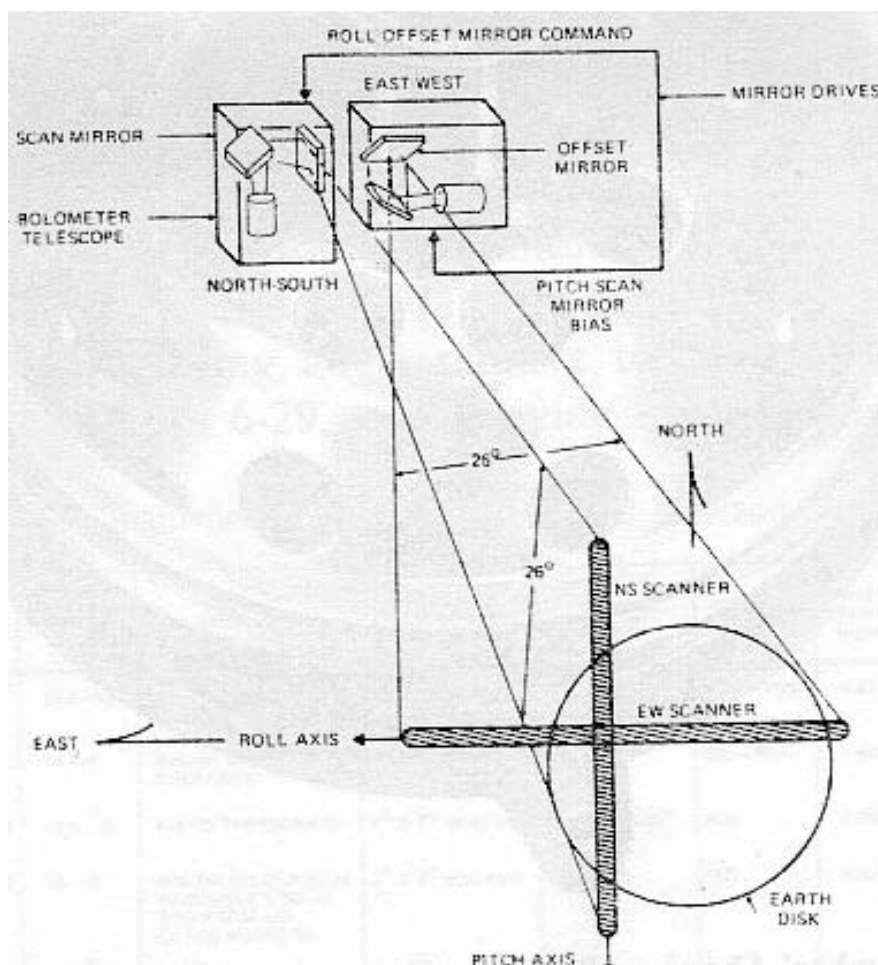


Fig. 26 - Sensor de Terra para satélites estabilizados em três eixos. Vista do disco terrestre da altitude síncrona.

Duas configurações *scanwheel* são comuns. Com a utilização de uma única *scanwheel*, no SAS-3 e HCMM, obtém-se um satélite *dual-spin* com o sensor de horizonte fazendo a varredura num ângulo de montagem fixo relativamente ao eixo da roda. Com sistemas usando duas *scanwheel*, ilustrado na Fig. 29, além de fornecer momento angular em torno de dois eixos, aumenta-se a precisão da atitude e a confiabilidade. Melhora-se a precisão de atitude em torno do vetor velocidade, ou eixo de rolamento, usando a diferença

entre os dois ciclos de trabalho observados, que é menos sensível a variações na altitude que as medidas dos ciclos de trabalho individuais das varreduras.

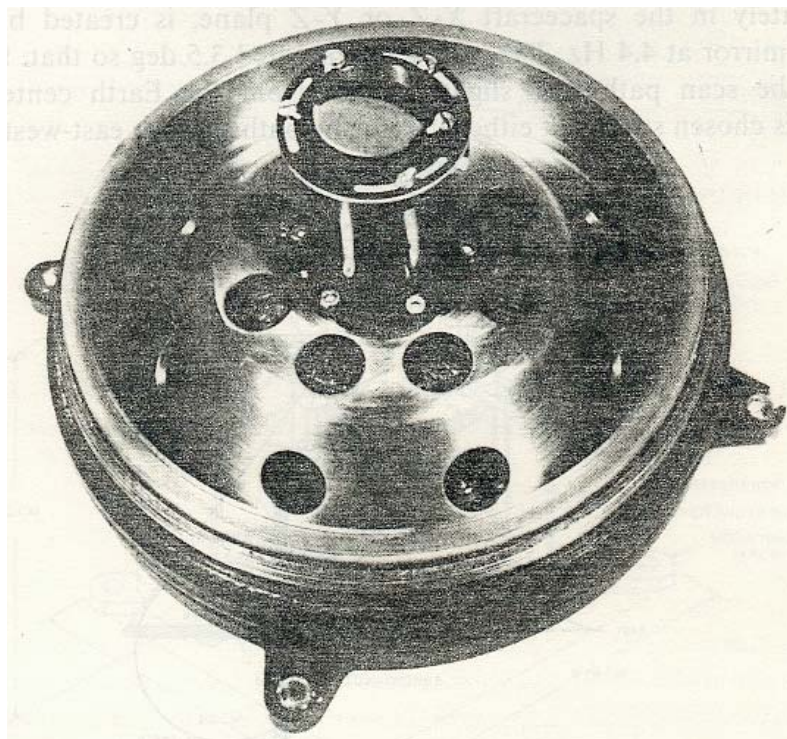


Fig. 27 – *Scanwheel* da *Ithaco* mostrando os componentes rotativos com o invólucro e a janela de germânio removidos. Compare com a Fig. 28.

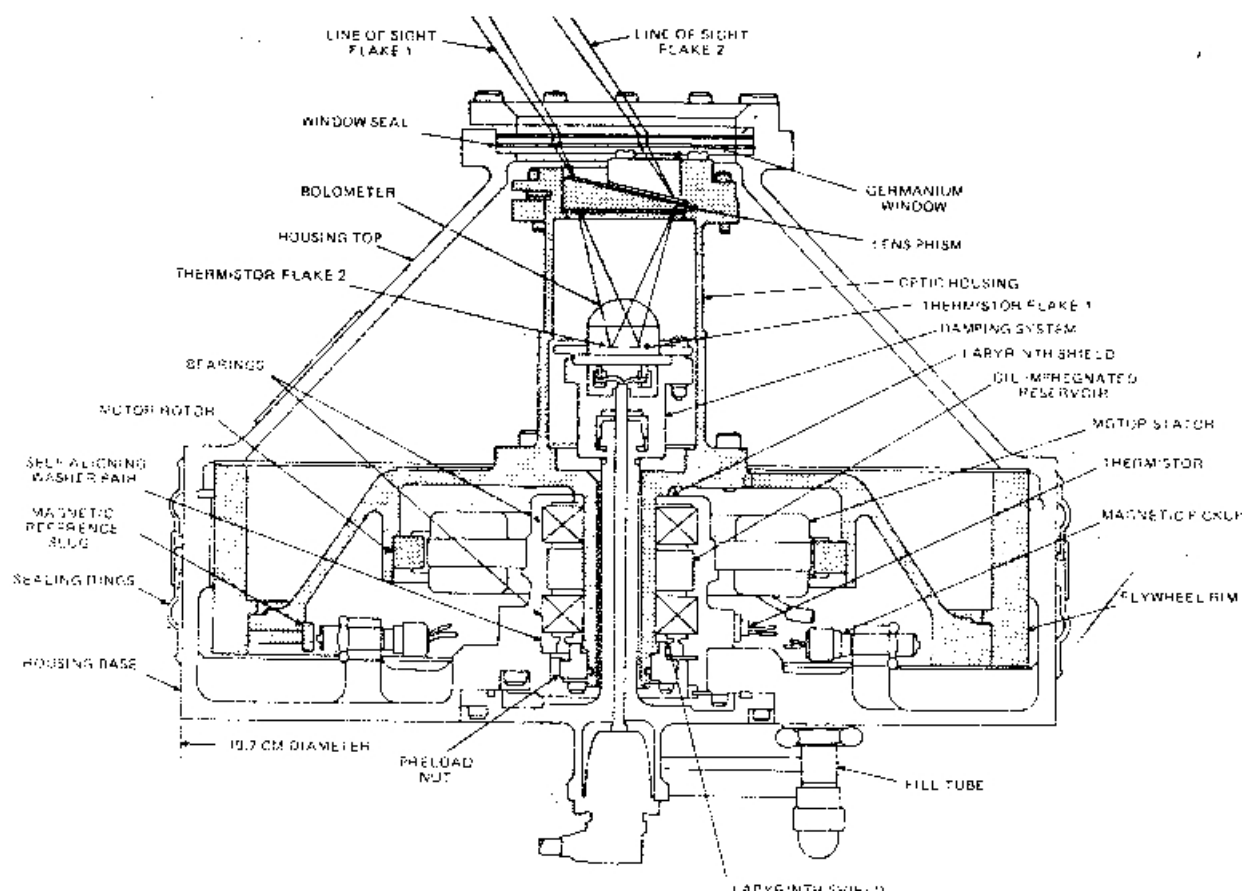


Fig. 28 – *Scanwheel* SAS-3 tipo B. A parte sombreada corresponde aos componentes rotativos consistindo de uma roda (*flywheel*) e de um prisma óptico.

Tabela 3 – *Scanwheel* e sistemas sensores de horizonte similares

Missão	Detetor ¹	Banda espectral (μm)	locator	FOV	Range (°)	Nominal (rpm)	Inércia da roda (Kgm^2)	Massa (kg)	Diâmetro do rotor (cm)	Torque (J)	Potência (W)
SAS-3 ²	Dual-Flake	13,5-16,0	Limiar fixo	2°x2° quadrado	± 10	1400-1600	0,0271	6,713	18,3	0,025	5,4 @ 1500 rpm
AE-3 ³	Single-Flake	14,0-16,0	25% da máxima radiancia	2,75° diâmetro	(°)	200-360	3,64		130	1,13	
NIMBUS 4-6, G, ERTS ²	Single-Flake	12,5-18,0	Limiar fixo	2°x2° quadrado	Cerca de ± 60	600	0,0060	3,719	15,3	0,025	2,25
SEASAT-A ²	Single-Flake	14,0-16,0	40% da radiancia integrada 5° a 11° do horiz. Localiz.	2°x2° quadrado	± 10	900	0,0271	6,713	18,3	0,025	5,4
HCMM ²	Dual-Flake	14,0-16,0	Limiar fixo	2°x2° quadrado	± 20	1940	0,0271	6,713	18,3	0,025	5,4

¹Todos empregam um termistor bolômetro

²*Scanwheel*.

³Sensor de horizonte montado na roda.

⁴Full range, corda terrestre é fornecida em segundos.

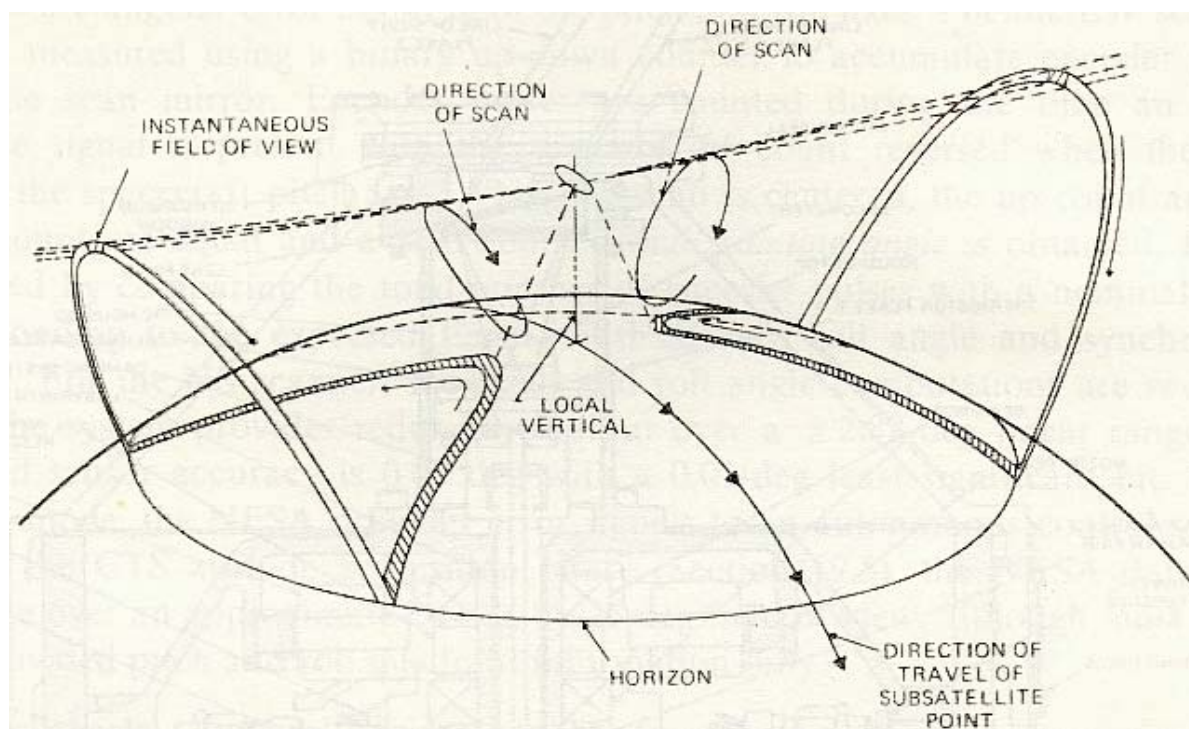


Fig. 29 – Configuração *Scanwheel* do SEASAT.