

## Aula 05: Sensores de posição empregados em determinação, navegação e controle de atitude: Sensores Solares: Sensores Digitais.

### Sensores Digitais

Um sensor solar digital comum em satélites girantes consiste de dois componentes básicos, um para comando e outro para medidas, como está mostrado na Figura 11<sup>1</sup>. O *componente de comando* é o mesmo detetor de presença solar mostrado na Figura 9.

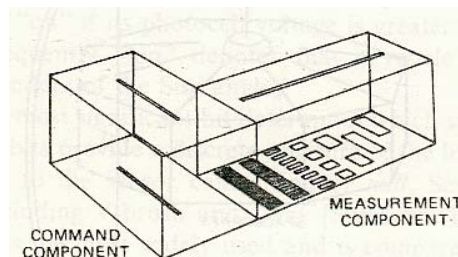


Fig. 11 – Componentes básicos do sensor digital de um eixo.

Devido ao fato do FOV nominal dos sensores Adcole estar limitado em  $\pm 64^\circ$ , consegue-se uma cobertura de  $180^\circ$  montando duas ou mais unidades sensoras com interseção de FOVs, conforme está mostrado na Figura 12.

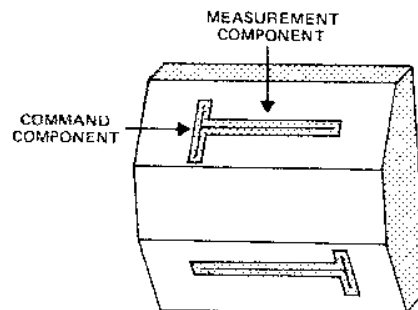


Fig. 12 – Dois sensores digitais de um eixo para satélites girantes com  $180^\circ$  de FOV (modelo Adcole 17083).

O *componente de medida* gera uma saída que é uma representação digital do ângulo entre a linha solar e a normal à face do sensor quando o Sol está no FOV do *componente de comando*, como mostra a Figura 13. O componente de medida, ilustrado na Figura 14, é uma composição (similar àquela que voou no Nimbus-6, modelo Adcole 17032) que mostra muitas das características de interesse. A imagem solar é refratada por um material de índice de refração,  $n$ , que pode ser a unidade, e ilumina um padrão de fendas. As fendas são divididas em uma série de linhas com uma fotocélula abaixo de cada

<sup>1</sup> A discussão nessa seção é baseada nos sensores fabricados pela Adcole Corporation e voaram numa variedade de satélites. A Tabela 1 resume os dados físicos desses sensores.

linha. Quatro classes de linhas são ilustradas: (1) um ajuste de limiar automático (ATA - *automatic threshold adjust*); (2) um *bit* de sinal; (3) *bits* codificados (código Gray, que será explicado mais adiante) e (4) bits de refinamento.

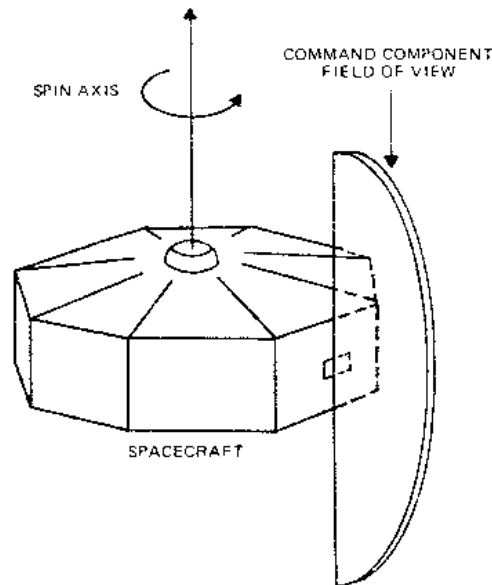


Fig. 13 – FOV do componente de comando de sensores digitais para satélites girantes.

Dado que a tensão da fotocélula é proporcional a  $\cos \theta$  ( $\theta \equiv$  ângulo solar), um limiar fixo é inadequado para determinar a tensão na qual um *bit* é ligado. Isso é compensado pela fenda ATA, que tem metade da largura das outras fendas. Conseqüentemente, a saída da fotocélula ATA é metade da saída de qualquer outra fotocélula totalmente iluminada, independente de  $\theta$ , desde que a imagem do Sol seja mais fina que qualquer fenda do reticulado. Um *bit* é ligado, *on*, se a tensão da fotocélula é maior que a tensão da fotocélula ATA e, conseqüentemente, *on* denota que a fenda do reticulado está mais da metade iluminada (independente do ângulo solar).

O *bit* de sinal ou *bit* mais significativo determina de que lado do sensor o Sol está. Os *bits* codificados fornecem uma medida discreta do deslocamento linear da imagem do Sol relativamente à linha de centro do sensor ou *null*. Vários códigos são usados nos sensores Adcole, incluindo V-brush e Gray (Susskind, 1958). O *código Gray*, nome dado em homenagem ao inventor, é o mais utilizado e é comparado com o código binário na Tabela 2 e Figura 15. A vantagem do código Gray, em relação ao código binário, pode ser mostrada comparando os dois códigos para um ângulo solar próximo a  $-16^\circ$  (acompanhe pela Figura 15). Quando o ângulo solar decrescer ao cruzar a transição dos  $-16^\circ$ , o código binário muda de  $-001111$  para  $-010000$  enquanto o código Gray muda de  $-101000$  para  $-111000$ . Então, 5 bits binários mudam enquanto somente um bit Gray é alterado. Por inspeção, o código Gray é um código equidistante. Isto é, um e somente um *bit* se altera para cada unidade de distância, enquanto um ou mais *bits* binários se alteram para a mesma unidade de distância. Dado que alguma imperfeição no padrão reticulado é inevitável e que uma transição pode ocorrer no instante em que a fotocélula está sendo amostrada para transmissão, os possíveis ângulos decodificados para um código binário, próximo a  $-16$ ,

pode variar de  $-0$  até  $-16$ , enquanto que, para o código Gray, somente é possível  $-16$  ou  $-15$ .

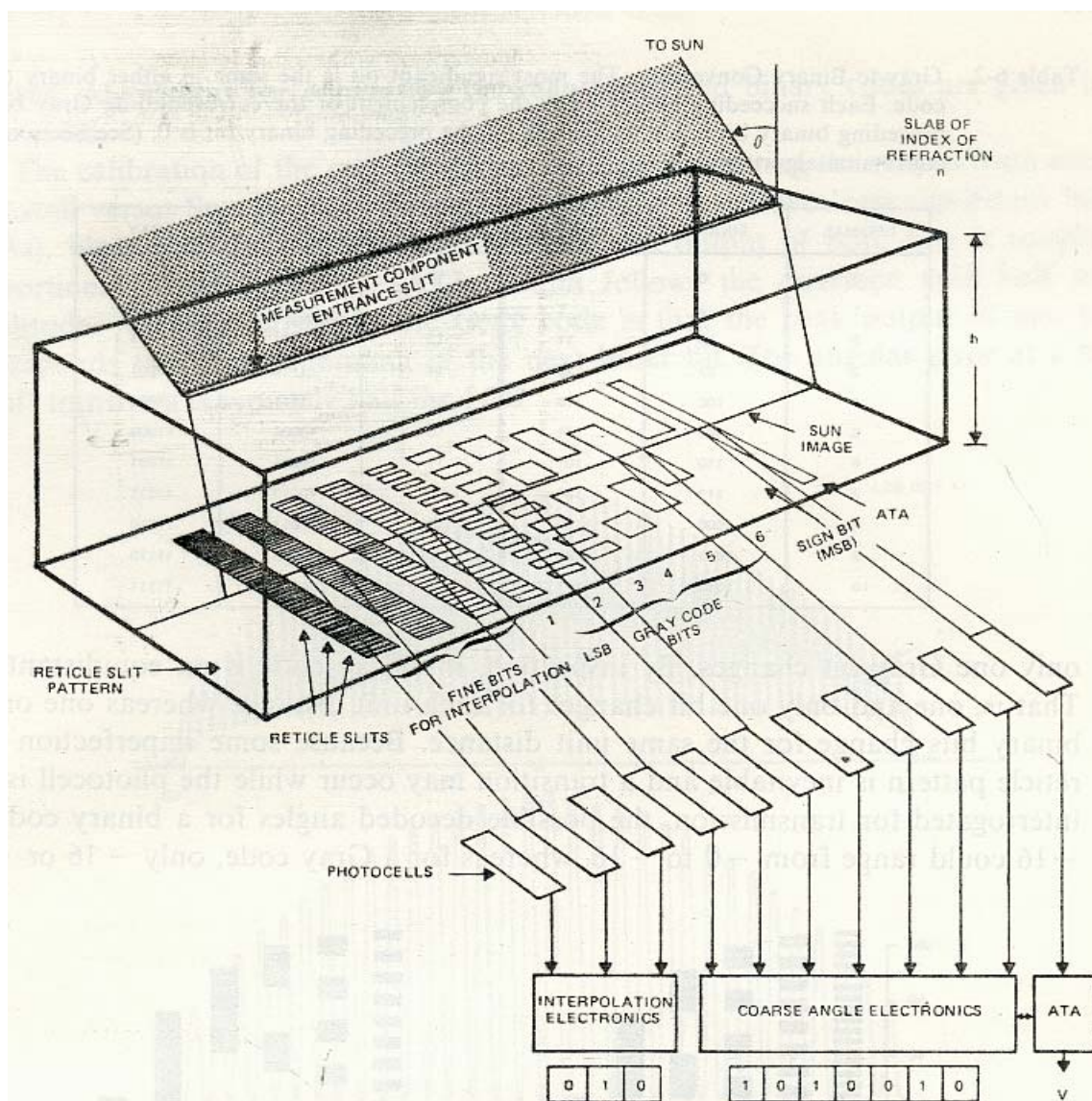


Fig. 14 – Detalhe do *componente de medida* de um sensor solar digital.

Tabela 2 – Conversão Gray-binário. O *bit* mais significativo é o mesmo nos dois códigos. Cada *bit* binário que se sucede é o complemento do *bit* correspondente Gray, se o *bit* binário precedente é 1 ou é o mesmo, se o *bit* binário precedente é 0.

Decimal	Binário	Gray	Decimal	Binário	Gray
0	0	0	11	1011	1110
1	1	1	12	1100	1010
2	10	11	13	1101	1011
3	11	10	14	1110	1001
4	100	110	15	1111	1000
5	101	111	16	10000	11000
6	110	101	17	10001	11001
7	111	100	18	10010	11011
8	1000	1100	19	10011	11010
9	1001	1101	20	10100	11110
10	1010	1111	21	10101	11111

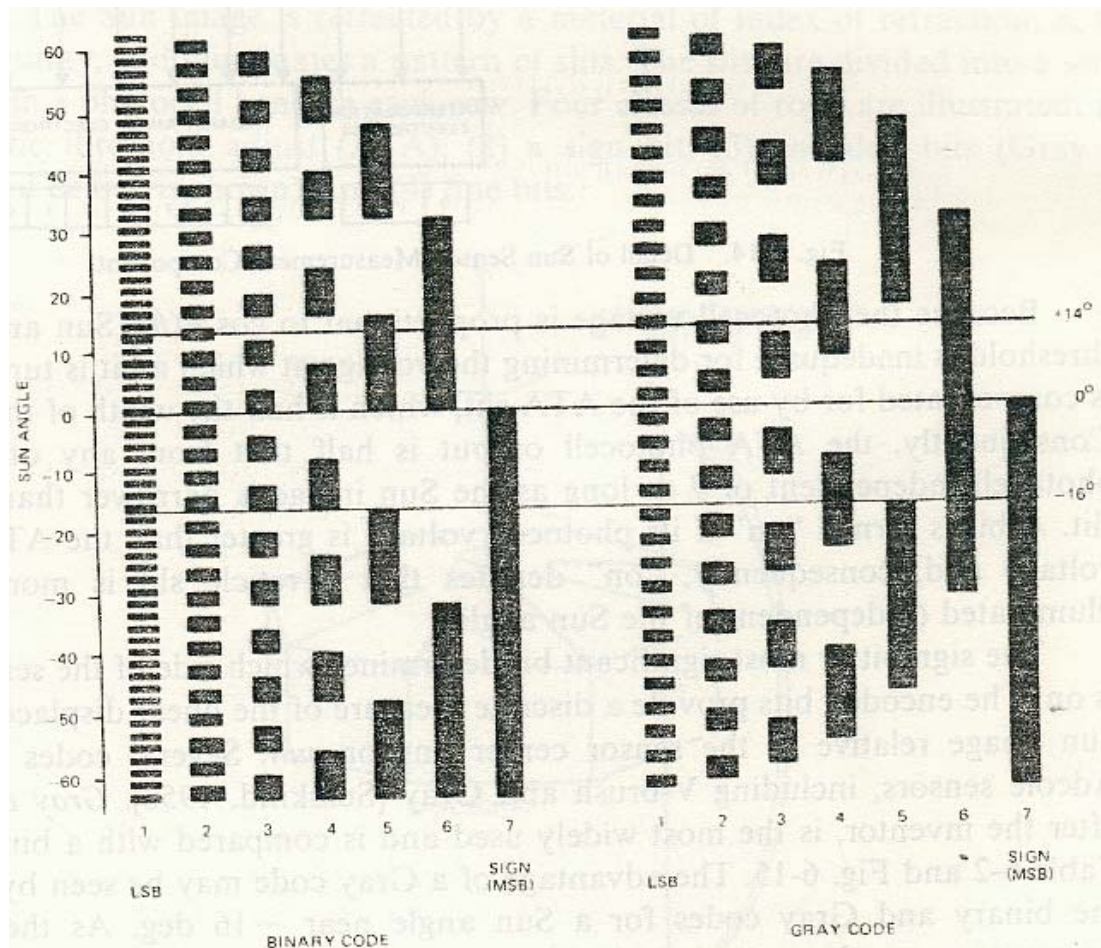


Fig. 15 – Padrões de reticulado de códigos binário e Gray para um Sensor Solar Digital com um FOV de  $\pm 64^\circ$  com um bit menos significativo de  $1^\circ$ .