## **Melhore Seus Conhecimentos (MSC)**

## Captura e Processamento de Dados do Ar: Air Data System (ADS)

Berquó, Jolan Eduardo –Eng. Eletrônico (ITA)

Certificador de produto Aeroespacial (DCTA/IFI)

Representante Governamental da Garantia da Qualidade– RGQ (DCTA/IFI)

Pós-graduado em Engenharia de Confiabilidade e em Engenharia de Segurança de Sistemas (ITA)

Especialização em Engenharia e Análise de Sistemas (Itália)

jberquo@dcabr.org.br/jberquo@gmail.com

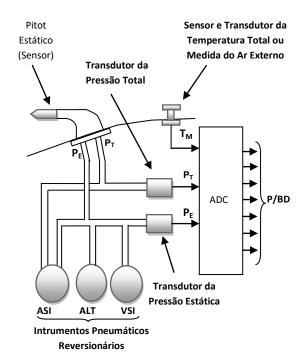
MSC 68-09 Jan2019

Vamos apresentar, nesta oportunidade, o fascinante processo de captura e processamento de dados do ar, culminando com a apresentação de importantes e vitais informações para o piloto, tais como: altitude ("altitude"), velocidade aerodinâmica ("airspeed"), velocidade vertical ("vertical speed"), etc., num display (PFD)¹ situado na cabine do piloto ("cockpit"); tudo isso realizado por meio do chamado Sistema de Dados do Ar ("Air Data System – ADS").

Iniciamos, apresentando as funções providas pelo ADS, desde a captação de dados do ar até o envio das informações decorrentes para o *display* (PFD).

- (F1) Prover captação de dados de pressão do ar externo (Pressão Total - P<sub>T</sub> e Pressão Estática - P<sub>E</sub>);
- (F2) Prover captação da Temperatura Total ou Medida do Ar Externo  $(T_M)$ , transdução para sinal elétrico e envio do mesmo ao ADC *(Air Data Computer)*;
- (F3) Prover P<sub>T</sub> e P<sub>E</sub> ao ASI (*Air Speed Indicator*);
- (F4) Prover P<sub>E</sub> ao ALT (*Altimeter*) e VSI (*Vertical Speed Indicator*);
- (F5) Prover transdução dos dados P<sub>T</sub> e P<sub>E</sub> para sinais elétricos e envio dos mesmos ao ADC;
- (F6) Prover o processamento dos sinais elétricos de P<sub>T</sub>, P<sub>E</sub> e T<sub>M</sub>, no ADC; e
- (F7) Prover o encaminhamento dos sinais digitais processados no ADC para o *Display* eletrônico (PDF), na cabine, por meio de um barramento de dados.

O esquema do sistema que realiza as funções acima é apresentado na **Fig. 1**. Pode-se visualizar, nessa figura, cada uma das funções citadas. Confiram.



Obs.: P/BD - "Para o Barramento Digital".

Fig. 1 – Sistema de Dados do Ar (ADS)

Os Instrumentos Pneumáticos Reversionários são instrumentos alternativos (*standby*), isto é, *backup* do PFD, nas informações que eles podem apresentar. São eles:

ASI - Airspeed Indicator (Velocimetro);

ALT - Altitude Indicator (Altímetro); e

VSI - Vertical Speed Indicator (Variômetro).

As sete informações de saída do ADC são as seguintes:

- Altitude (**H**);
- Velocidade Vertical (H);
- Velocidade Calibrada (V<sub>C</sub>);
- Número de Mach (M);
- Velocidade Verdadeira (V<sub>V</sub>);
- Temperatura do Ar Estático (T<sub>E</sub>); e
- Densidade Relativa do Ar  $(\rho/\rho_0)$ .

Vamos à descrição do processo.

.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> PFD – *Primary Flight Display*.

(1) Sensor e Transdutor da Temperatura Total ou Medida do Ar Externo (T<sub>M</sub>). Captura a temperatura externa (T<sub>M</sub>) e a converte em um sinal elétrico aceitável para o ADC, que vai utilizá-la como uma das variáveis, por exemplo, nos cálculos para a apresentação da informação do Número de Mach (M).

(2) Sensor (Tubo de) Pitot <sup>2</sup>. Trata-se de universalmente dispositivo já utilizado aeronaves, para a captura da pressão total (P<sub>T</sub>) do ar externo, por meio de um orifício na extremidade do tubo, faceando o ar em movimento relativo araeronave.

A pressão total do ar captado é dada pela soma:

$$P_T = P_I + P_E :: P_I = P_T - P_E$$
 (1)

onde P<sub>I</sub> é a pressão de impacto do ar no tubo, em movimento relativo à aeronave e P<sub>E</sub> é a pressão estática do ar circundante à aeronave, em repouso3.

A consolidada equação de Bernouille explica teórica e matematicamente o funcionamento do tubo. É dada por:

$$P_T - P_E = = \frac{\rho V^2}{2} : V = \sqrt{\frac{2(Pt - Pe)}{\rho}}$$
. De (1) resulta que  $V = \sqrt{\frac{2P_I}{\rho}}$  (2)

onde V é a velocidade relativa do fluido (líquido ou ar), na entrada do tubo, e ρ é a densidade do fluido, nesse ponto.

No entanto, essa equação só é rigorosamente válida para fluidos incompressíveis. Para aeronaves que voam em alta velocidade (acima de mais ou menos 250 kt), devem-se considerar os efeitos da compressibilidade. Isso é feito no ADC (Air Data Computer), a partir dos dados captados do ar.

O Tubo de Pitot capta a pressão total através de um furo na extremidade, encaminhando-a ao ASI e a um transdutor e deste para o ADC. Mas, o Tubo de Pitot pode incorporar também uma tomada de pressão estática (P<sub>T</sub>), através de um tubo que envolve coaxialmente o Tubo de Pitot. Essa configuração é denominada Tubo de Pitot-Estático (Fig.2). A tomada

estática são orifícios colocados nas laterais do Tubo

<sup>2</sup> Foi inventado há mais ou menos 250 anos pelo matemático e cientista francês Henri Pitot, para medidas de fluxo de água em que envolve o Tubo de Pitot, para que a velocidade do vento relativo não interfira na medição da pressão. Isso é importante para aeronaves que desenvolvem altas velocidades, sendo, portanto, indispensáveis para aeronaves supersônicas.

No entanto, quando a velocidade da aeronave não é tão alta, essa tomada de pressão estática pode ser inserida em alguma outra parte da fuselagem.

O esquema da Fig.1 está considerando essa configuração coaxial.

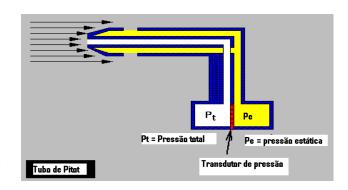


Fig. 2 - Tubo Pitot-Estático

Observem, na Fig. 1, que o ASI é o único instrumento reversionário (backup) que recebe diretamente a pressão total (P<sub>T</sub>) e a pressão estática (P<sub>E</sub>). Os demais instrumentos só recebem a pressão estática. Falemos então um pouco sobre o ASI.

A P<sub>E</sub> é encaminhada para o interior da caixa que constitui o ASI, ao passo que a P<sub>T</sub> é encaminhada para o interior de uma cápsula diafragma aneróide (transdutora) contida no ASI, fazendo essa cápsula expandir. Esse movimento da cápsula é transmitido aos ponteiros do instrumento, por meio de hastes e engrenagens, do tipo setor e pinhão, levando o ponteiro a apresentar a velocidade da aeronave, isto é, a chamada velocidade indicada V<sub>I</sub> (Fig. 3).

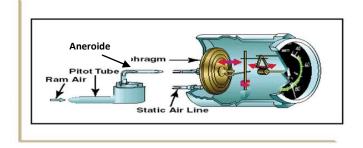


Fig. 3 - Arranjo no interior do ASI

Notemos, no entanto, que o ADC vai encaminhar ao PFD dois valores de velocidade de avanço (aerodinâmica) da aeronave: Velocidade Calibrada

Seria a pressão do ar como se a aeronave estivesse estática, i.e, sem influência do movimento relativo ar-aeronave.

 $(V_C)$  e Velocidade Verdadeira  $(V_V)$ , isto é, o ADC não fornece a velocidade indicada no ASI. Vamos então nos alongar um pouco mais, para tentar deixar um pouco mais claro o significado dessas velocidades.

A velocidade verdadeira ( $V_V$ ), como diz o nome, é a velocidade real de avanço da aeronave no ar. Todavia, não deve ser confundida com outra velocidade, a *Groundspeed*, que é a velocidade em relação ao solo; que seria aquela de uma projeção da imagem da aeronave no solo, enquanto se deslocando no ar, calculada como a razão entre a distância percorrida por essa imagem, na unidade tempo.

Por outro lado, a chamada Velocidade Calibrada (V<sub>C</sub>) leva em conta o erro do ASI de indicação, erro de posicionamento, erro induzido por manobra, etc.

Seja como for, na comparação entre a Velocidade Verdadeira  $(V_V)$  e a Velocidade Indicada  $(V_I)$ , em baixas altitudes, elas são muito próximas; mas, podem variar bastante, à medida que a aeronave voa mais alto. Diríamos, como regra aproximada, que a diferença é cerca de 2% a cada 1.000 pés, até cerca de 10.000 pés, nível este em que uma  $V_I$  de 150 kt equivaleria então a uma  $V_V$  de aproximadamente 180 kt $^4$ . Trata-se do efeito de rarefação do ar com a altitude.

- **(3) Air Data Computer (ADC)** Chegamos ao "cérebro" do sistema, um equipamento puramente eletrônico, o ADC, daí ser o ADS um sistema híbrido (com partes mecânicas e eletrônicas) considerado aviônico, e do tipo complexo.
- O ADC recebe os sinais provenientes dos transdutores ( $P_T$ ,  $P_E$  e  $T_M$ ) sob a forma elétrica (i.e, sinais analógicos) e os converte, por meio de conversores internos, para a forma digital, para poder então realizar sua função.

O trabalho de processamento desses sinais, no ADC, com base numa programação dedicada de *software*, é realmente digno de nota. A partir desses dados de entrada, desenvolvem-se o cálculo diferencial e integral das equações conhecidas teoricamente para esse fim, para, ao final, apresentar, com notável nível de aproximação, as informações presentes em sua saída e encaminhadas ao PDF pelo barramento digital de dados.

Se quiserem dar uma olhada nessas equações de desenvolvimento matemático, nas quais se baseia o ADC, recomendamos o Cap. 7 da Referência 1.

Bem, caros leitores, vamos interrompendo por aqui. Já nos alongamos bem, em relação ao padrão de espaço de um MSC. Cremos, no entanto, que o apresentado possa ter-lhes sido de alguma valia.

## Até breve

Referências:

- (1) COLLINSON, R.P.G. Introduction to Avionics Systems. Springer Dordrecht Heidelberg, 3. Ed., London (England) e New York (EUA), 2011.
- (2) HELBRICK, Albert D. Principles of Electronics. Avionics Communications Inc., 4. Ed., Leesburg (EUA), 2007.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Krasner, Helen, 2012, 17 dez. Artigo na Internet: What's the Difference Between the True Aispeed (TAS) and the Indicated Aispeed (IAS)?