

SAA0167

Princípios de Aviônica e Navegação

Transmissão e Armazenamento de Dados

Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto

jhbidi@sc.usp.br

- **Considerações Gerais**
- **ACARS**
- **FDR/CVR**
- **QAR**
- **ADS-B**

- **Considerações Gerais**
- ACARS
- FDR/CVR
- QAR
- ADS-B

- Ao longo de todo o semestre tratou-se de diversos sistemas aviônicos, focando-se, essencialmente, em como as informações são providas para os pilotos e para o que são utilizadas pelos tripulantes

- Exemplos:

Indicador de atitude



FONTE: sarasotaavionics.com

VOR



FONTE: Wikipedia

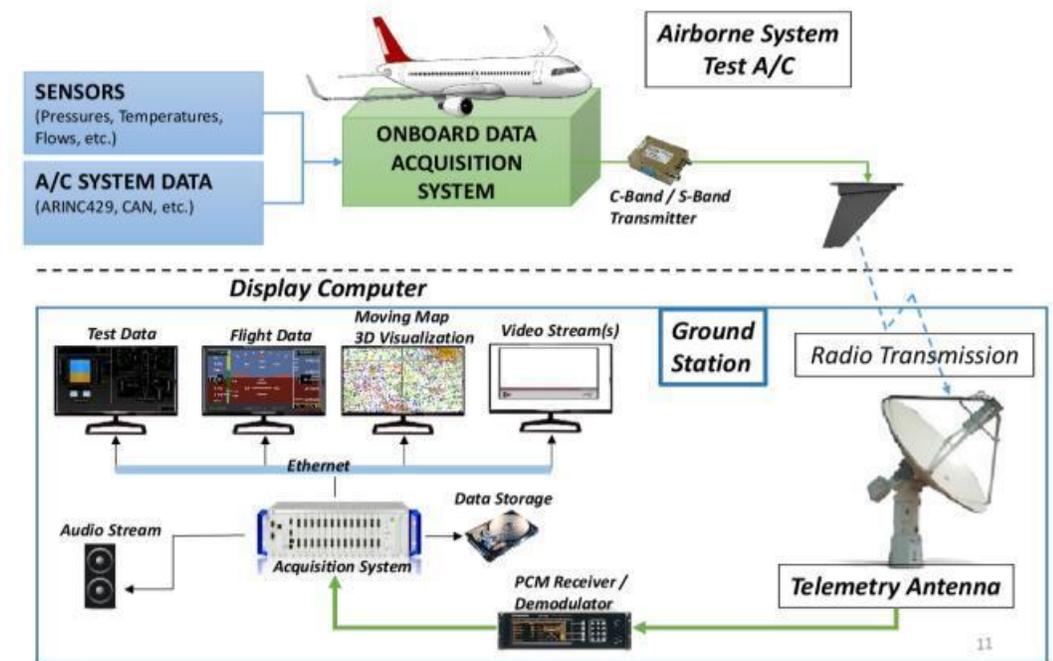
EICAS



FONTE: simhq.com

- No entanto, alguns (e, por vezes, até mesmo outros) desses dados são também enviados para receptores/servidores fora da aeronave e/ou armazenados em dispositivos específicos do veículo, servindo a funções que transcendem o trabalho dos pilotos
- Na Segunda Guerra Mundial, pela primeira vez, instalou-se gravadores de dados nos caças, bombardeiros e aeronaves de transporte e o intuito era levantar informações (a saber: velocidade e fator de carga) para melhorar o projeto estrutural das aeronaves futuras

- Hoje em dia as funções da coleta e transmissão de dados são outras; dentre elas:
 - Monitoramento da saúde da aeronave
 - Rastreamento do veículo
 - Auxílio à pilotagem em casos emergenciais
 - Gerenciamento de tráfego aéreo
 - Atualizações meteorológicas
 - Telemetria (ensaios em voo)
 - Atividades de segurança de voo



- Veremos adiante alguns dos sistemas que servem à transmissão e ao armazenamento de dados nas aeronaves atuais

- Considerações Gerais
- **ACARS**
- FDR/CVR
- QAR
- ADS-B

- ACARS – Aircraft Communication Addressing and Reporting System – ACARS
- Desenvolvido pela ARINC
- O que é?
 - Sistema digital de transmissão de dados entre aeronave e estações em solo
 - Utiliza mensagens **telex**

“Precursor do FAX”: são “máquinas de escrever” ligadas a uma rede semelhante à rede telefônica, sendo assim, a mensagem a ser transmitida é digitada na “máquina de escrever” que automaticamente a codifica e envia por ~~cabos telefônicos~~ até “máquina de escrever” do destinatário; esta, então, de maneira autônoma, decodifica a mensagem e a imprime utilizando uma bobina de papel

- Telex



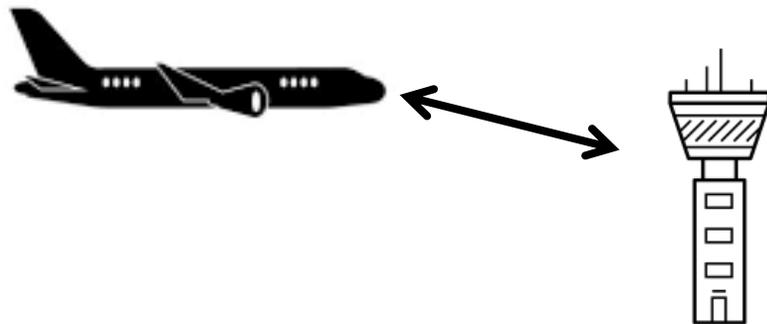
FONTE: Wikipedia

- ACARS – Aircraft Communication Addressing and Reporting System – ACARS
- Desenvolvido pela ARINC
- O que é?
 - Sistema digital de transmissão de dados entre aeronave e estações em solo
 - Utiliza mensagens telex
 - No caso aeronáutico, a transmissão é via rádio (VHF ou HF) ou satélite (SATCOM)
- Função: **troca** de informações.
 - Apenas recebe/envia dados (**não** armazena); por isso diz-se que ACARS é um sistema **Datalink**
 - Aeronave ↔ ATC (Air Traffic Control Centre)
 - Aeronave ↔ AOC (Airline Operational Control Centre)
 - Aeronave ↔ Aeronave (menos comum)

- Aeronave ↔ ATC (Air Traffic Control Centre)
- São utilizadas para:
 - Requerer permissões e autorizar procedimentos (por exemplo, cruzamento de oceanos)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=ghszKq6rFjk>
 - Transmitir instruções de procedimentos (para taxiamento, por exemplo)
 - Receber o ATIS (Automatic Terminal Information Service) + NOTAM
 - https://www.youtube.com/watch?v=rJOaZ8_2sxQ

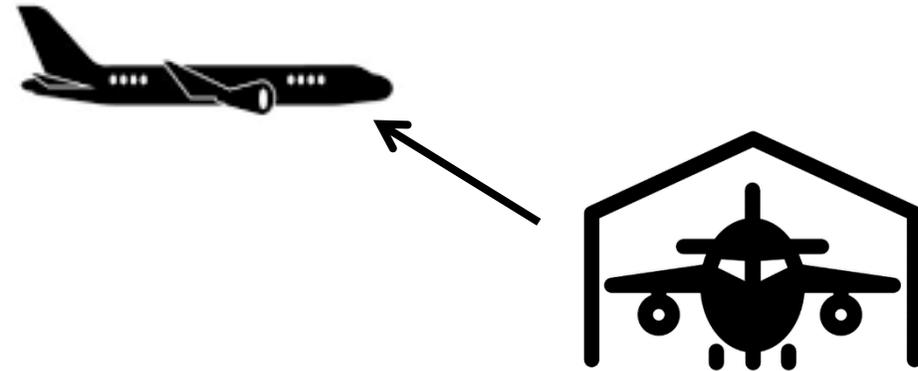


FONTE: Campbell, N.,
“The evolution of
flight data analysis”

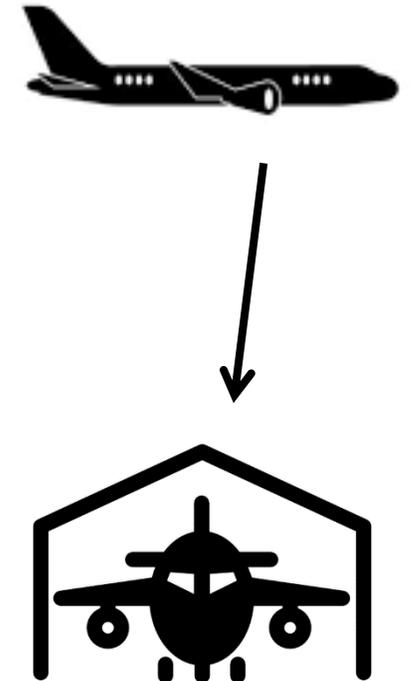


FONTE:
youtube.com/watch
?v=MOyEsa9t8pE

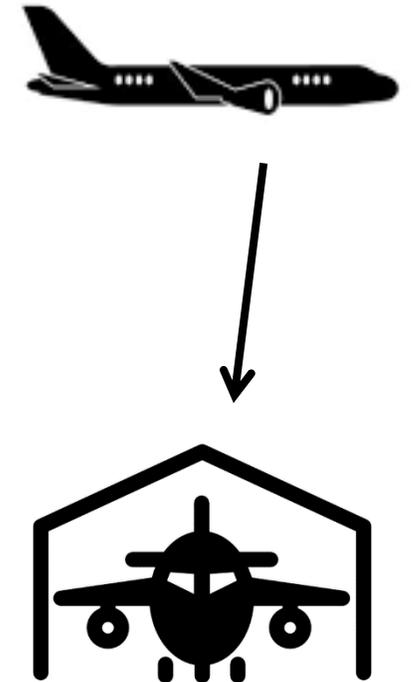
- Aeronave ↔ AOC (Air Operational Control Centre)
- Para a AERONAVE (uplink messages)
 - Plano de Voo
 - Load Sheet
 - Informações meteorológicas



- Aeronave ↔ AOC (Air Operational Control Centre)
- Para o AOC (downlink messages)
 - Mensagens automáticas
 - Eventos corriqueiros (OOOI = Out of Gate, Off the Ground, On the Ground and Into the Gate)
 - Dados diversos
 - Flight Information (origem/destino, número do voo)
 - Peso e combustível
 - ETA (Estimated Time of Arrival)
 - Posição da aeronave
 - Informações de meteorologia em rota (planejamento de voos subsequentes)



- Aeronave ↔ AOC (Air Operational Control Centre)
- Para o AOC (downlink messages)
 - Mensagens automáticas
 - Status de sistemas (servem ao monitoramento da saúde da aeronave, ao programa de manutenção e à intervenção de equipes de solo em situações de emergência)
 - Mensagens manuais (livres)



- Para que desempenhe sua função o ACARS precisa estar conectado a alguns equipamentos da aeronave
- Como as informações que ele envia e recebe são de diversas naturezas, há necessidade que o sistema converse com uma grande gama de equipamentos/sistemas do avião
- Neste sentido, valendo-se das arquiteturas aviônicas, passa a ser natural que, ao em vez de tratar individualmente com cada sistema, o ACARS esteja conectado ao barramento aviônico da aeronave, pois lá estão todas os dados de todos os sistemas (“rio de dados”)
- No entanto, **possivelmente** por questões que passam pelos tipos de protocolos utilizados para transmissão/recebimento de dados, a conexão do ACARS (e de outros sistemas que em breve serão abordados) **não** é direta com o barramento aviônico; há um sistema adicional para “fazer o meio-de-campo”

- **FDIU/FDAU**
- Esse sistema é conhecido como Interface ou Acquisition Unit
 - Os nomes diferem de acordo com a fabricante da aeronave
Boeing: FDAU – Flight Data Acquisition Unit
Airbus: FDIU – Flight Data Interface Unit
- O que o FDAU/FDIU faz?
 - O equipamento possui canais de entrada e de saída de dados
 - Na entrada fica diretamente conectado ao barramento aviônico da aeronave
 - Na saída conecta-se ao(s) sistema(s) interessado(s) em receber informações presentes no barramento aviônico (ACARS, FDR/CVR, QAR/DAR, etc.)
 - Ele “copia” os dados do barramento aviônico e os repassa para o(s) destinatário(s)
 - Em geral são capazes de trabalhar com diversos tipos de sinais (analógicos, digitais, discretos etc)
 - Recebe inputs em ARINC 429 (geralmente), mas manda outputs em ARINC 717
 - Também realiza conversão de bits (32 para 12 bits)

- FDIU/FDAU



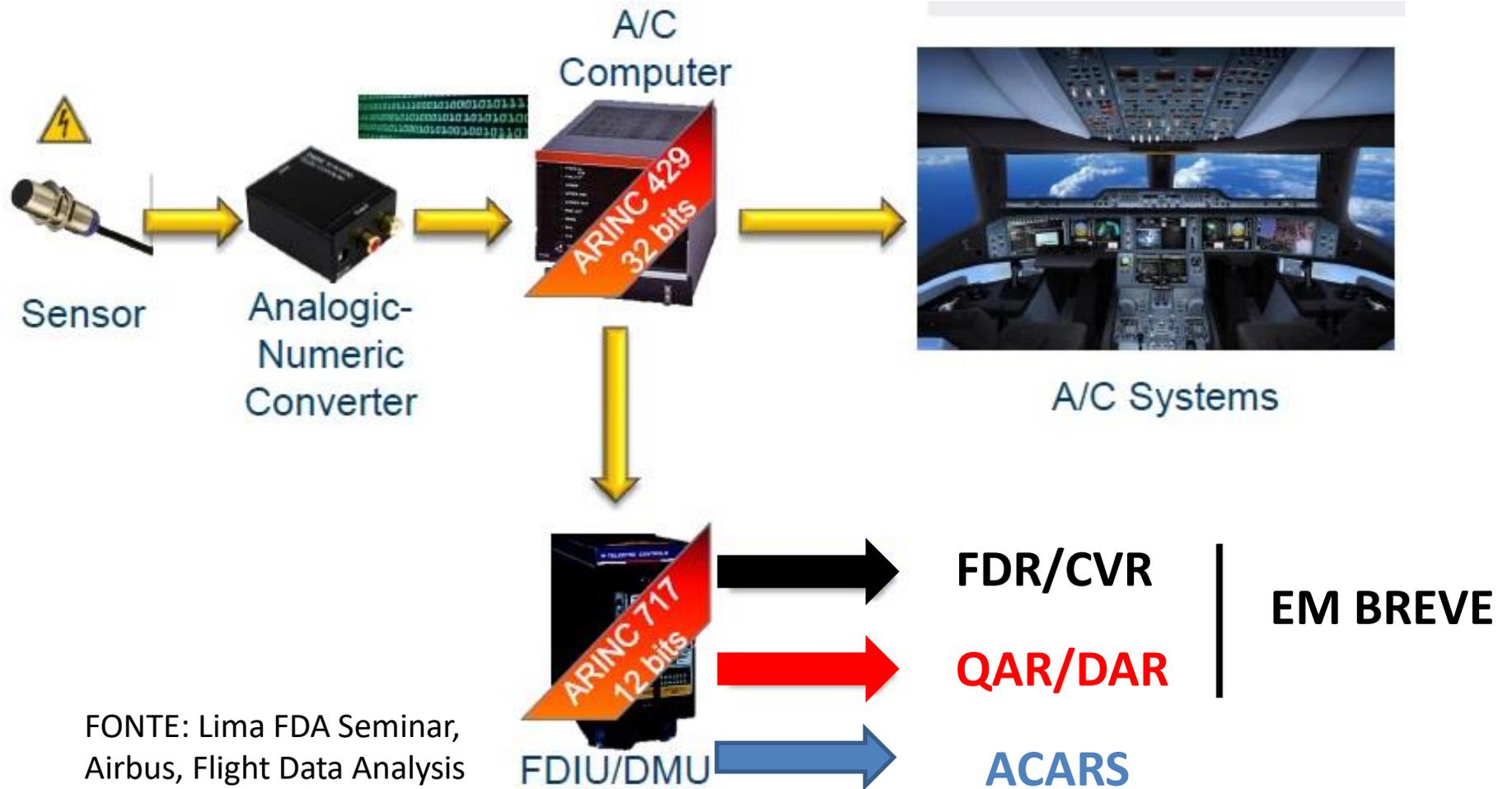
FDIU/FDAU (perceba a existência das conexões de entrada e de saída)



FONTE: flightdata.aero

- FDIU/FDAU

- Em suma...



FONTE: Lima FDA Seminar,
Airbus, Flight Data Analysis

- Dentre os sistemas que proveem dados que interessam ao ACARS estão:
 - Aircraft Condition and Monitoring System (ACMS): sistema que coleta dados sobre o “estado de saúde” da aeronave (parâmetros do motor (N1, EGT, ITT...), pressão de cabine etc)
 - Centralized Maintenance Computer (CMC): registra dados de alerta e de falha de diversos sistemas da aeronave, servindo como log de eventos para as tarefas de manutenção
 - Flight Management Computer (FMC): congrega diversos dados acerca da aeronave (posição, ETA, consumo de combustível, peso, rota etc), portanto, transmite vários dados que são enviados pelo ACARS; além disso também pode ser “setado” pelos pilotos (manualmente) com informações atualizadas recebidas via ACARS (por exemplo, realização de um desvio na rota devido a mau tempo)

- Além disso, existem periféricos que interagem com o ACARS:
 - Multipurpose Control and Display Unit (MCDU): tela e teclado que a tripulação utiliza para “conversar” com o ACARS, seja para realizar solicitações ou ler/enviar mensagens
 - Impressora: a critério da tripulação, a mensagem pode apenas ser lida no MCDU ou então impressa (neste caso, o MCDU é utilizado para solicitar impressão)
 - Electronic Flight Bag (EFB): uma espécie de tablet que em grande parte substitui toda a papelada de manuais e cartas de navegação que a tripulação costumava carregar; tem ganhado espaço nas aeronaves mais modernas e é muito utilizado para visualizar dados recebidos pelo ACARS, especialmente os enviados pelo ATC. Como curiosidade, também possui funcionalidade adicionais, como um calculadora de performance em decolagem, por exemplo

EFB Airbus



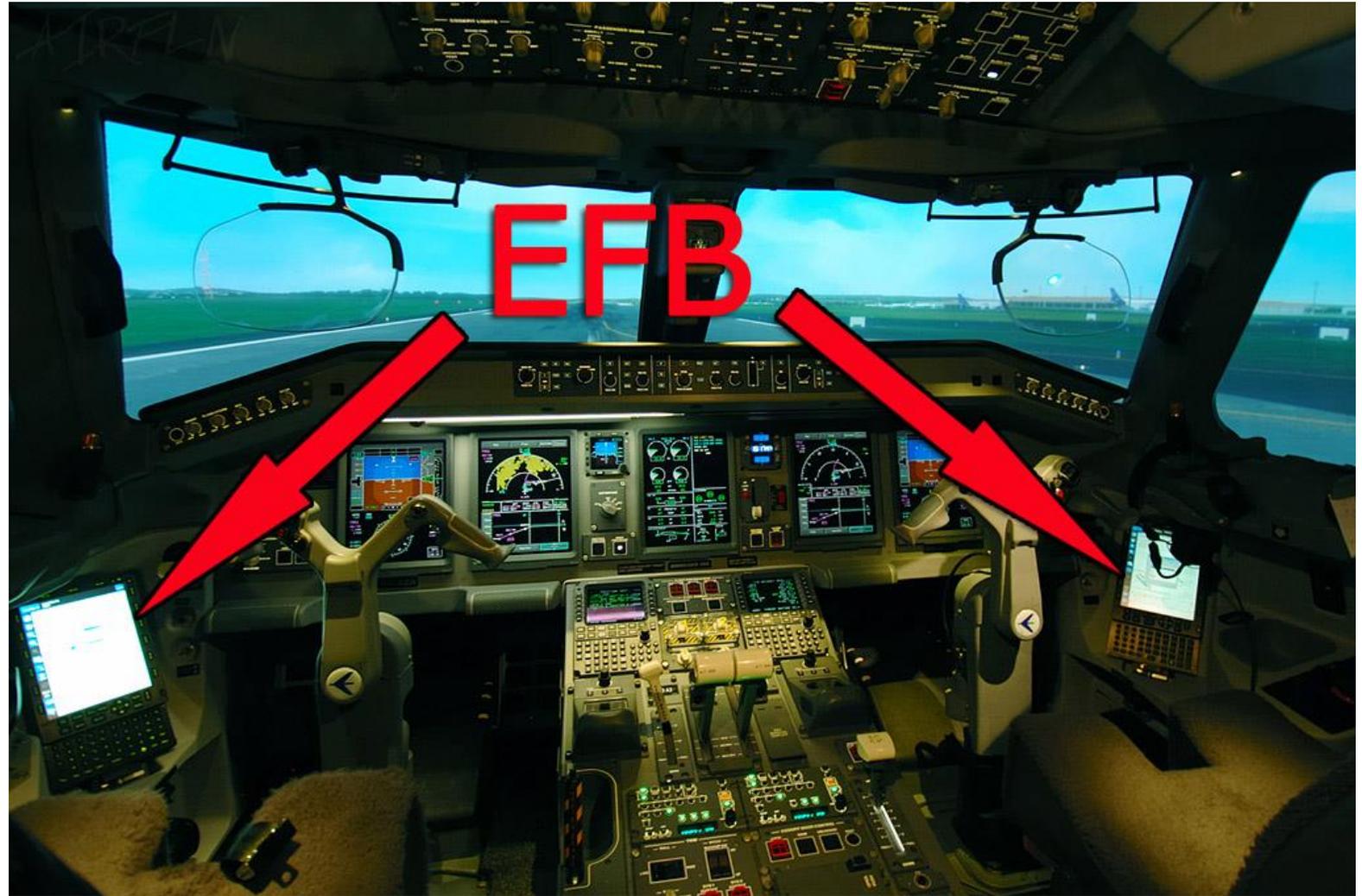
FONTE: services.airbus.com

EFB Boeing



FONTE: boeing.com

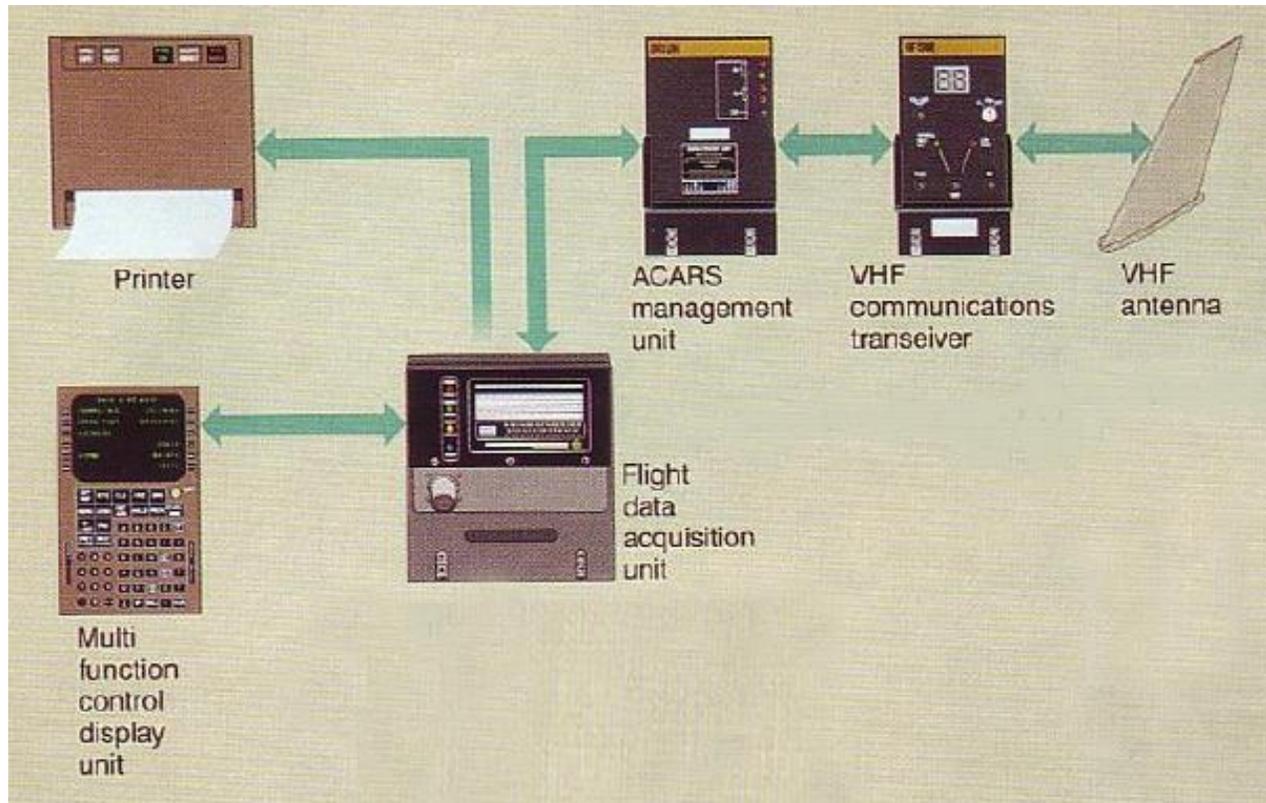
EFB Embraer



FONTE: sabervoar.blogspot.com

- E para receber/enviar dados, o ACARS possui acesso ao Communication Management Unit (CMU), sistema que interage com os meios de comunicação da aeronave, sendo que para o ACARS interessam as antenas VHF; HF e SATCOM

- Visão geral:



FONTE: Campbell, N., "The evolution of flight data analysis"

- Considerações Gerais
- ACARS
- **FDR/CVR**
- QAR
- ADS-B

- FDR/CVR – Flight Data Recorder / Cockpit Voice Recorder
- O que é?
 - FDR e CVR são componentes separados que, juntos, ficaram conhecidos como “caixa-preta”.
 - O FDR é o equipamento que armazena os dados de voo (velocidade, altitude, proa, pitch, roll, yaw, TAT, A/P on/off etc)
 - O CVR contém o áudio dentro do cockpit (comunicação entre pilotos, comunicação entre piloto-terra e sons ambiente – alarmes, acionamento de switches, explosões etc)
 - O FDR e o CVR são independentes no sentido que cada um tem sua própria estrutura física e especificações técnicas

- Um breve histórico
 - Com o final da II WW e o “boom” da aviação comercial, já no final da década de 1950 notou-se um grande número de acidentes aéreos sem causas determinadas
 - Para tornar a aviação mais segura e entender os motivos dos acidentes, em 1958 as autoridades certificadoras passaram a exigir que as aeronaves dispusessem de dispositivos que gravassem um histórico de dados essenciais do voo. Tais equipamentos deveriam também sobreviver a um possível acidente: surgia o primeiro FDR
 - Em meados da década de 1960 foi a vez do QAR (a ser tratado em breve) e já no final da mesma década apareceu o CVR

- Um breve histórico
 - Com o final da II WW e o “boom” da aviação comercial, já no final da década de 1950 notou-se um grande número de acidentes aéreos sem causas determinadas
 - Para tornar a aviação mais segura e entender os motivos dos acidentes, em 1958 as autoridades certificadoras passaram a exigir que as aeronaves dispusessem de dispositivos que gravassem um histórico de dados essenciais do voo. Tais equipamentos deveriam também sobreviver a um possível acidente: surgia o primeiro FDR
 - Em meados da década de 1960 foi a vez do QAR (a ser tratado em breve) e já no final da mesma década apareceu o CVR

- Função

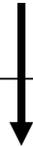
- A função do FDR e do CVR é armazenar e garantir a integridade dos dados na ocasião de um acidente aéreo, sendo assim, há diversos requisitos fortes associados aos seus projetos, seja no sentido de **invólucro físico** ou mesmo de capacidade de armazenamento de dados

https://www.youtube.com/watch?v=1NK_027e0u4
(2:50 até 5:10)

- Impacto;
- Penetração de objetos perfurantes;
- Cargas distribuídas de alta intensidade;
- Fogo
- Submersão em águas salinas
- Submersão em fluidos diversos (combustível aeronáutico, lubrificantes e até componentes químicos de extintores)

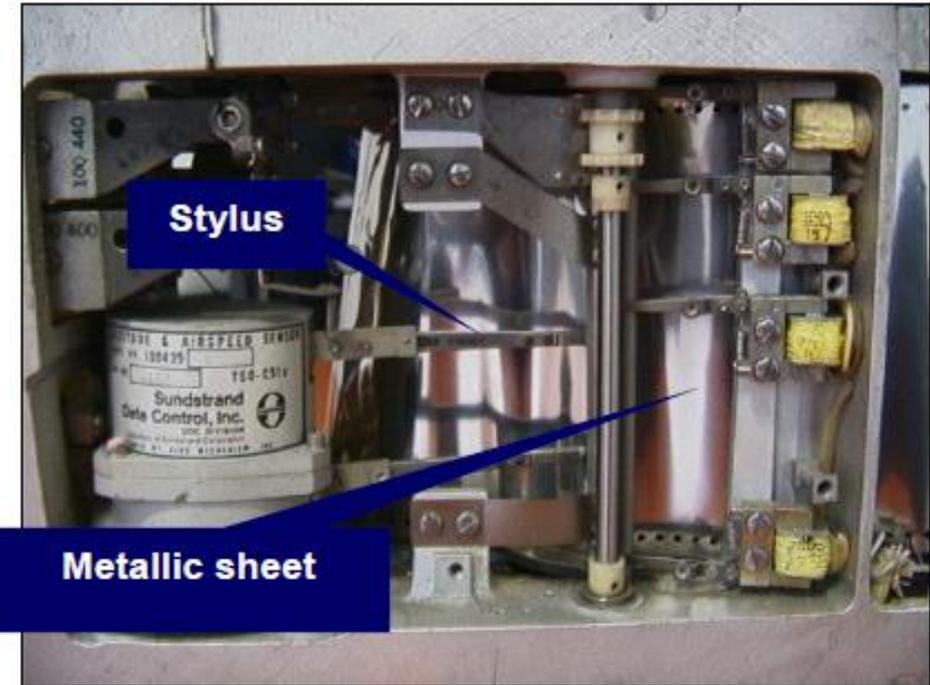
- Os primeiros FDRs/CVRs utilizavam fita magnética ou papel fotográfico para gravar dados analógicos

Aircraft Type	Introduced into service	FDR Type	Number of parameters	FDR data capacity
Boeing 707	1958	Analogue	5	Mechanical limit of about 10 parameters



Heading; Altitude; Airspeed; Vertical Acceleration; Time

FONTE: Lima FDA Seminar, Airbus, Flight Data Analysis



Primeiro FDR a ser colocado em serviço

Observação: a fita a ser gravada era **não-reutilizável**, i.e., a cada voo ela era trocada

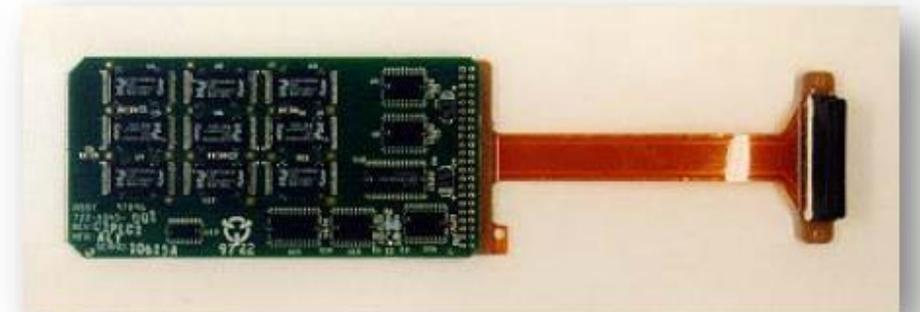
- Com o advento da tecnologia digital, passou-se a gravar dados digitais em fitas magnéticas, o que aumentou consideravelmente a capacidade de armazenamento de informações



FONTE: Lima FDA Seminar,
Airbus, Flight Data Analysis

2ª geração: gravadores de fita

- Finalmente, surgiram as memórias de estado sólido e a possibilidade de sobrescrever dados, uma grande vantagem sob o ponto de vista de integridade e densidade de informação



3ª geração: memória de estado sólido

- Comparativo de tamanho (e peso) entre 2ª e 3ª gerações de FDR



FONTE: Campbell, N., "The evolution of flight data analysis"

- Evolução do sistema

Aircraft Type	Introduced into service	FDR Type	Number of parameters	FDR data capacity
Boeing 707	1958	Analogue	5	Mechanical limit of about 10 parameters
Airbus 330	1993	Digital (solid-state or tape medium)	280	128 wps ⁸ (serial data input)
Embraer 170	2004	Digital (solid-state) combi-recorder	774	256 wps (serial data input)
Airbus 380	2007	Digital (solid-state)	> 1,000	1,024 wps (serial data input)
Boeing 787	2009	Digital (solid-state) EAFR ⁹	> 1,000	Ethernet system

wps = words per second (a “palavra” de um FDR tem 12 bits)

FONTE: Campbell, N., “The evolution of flight data analysis”

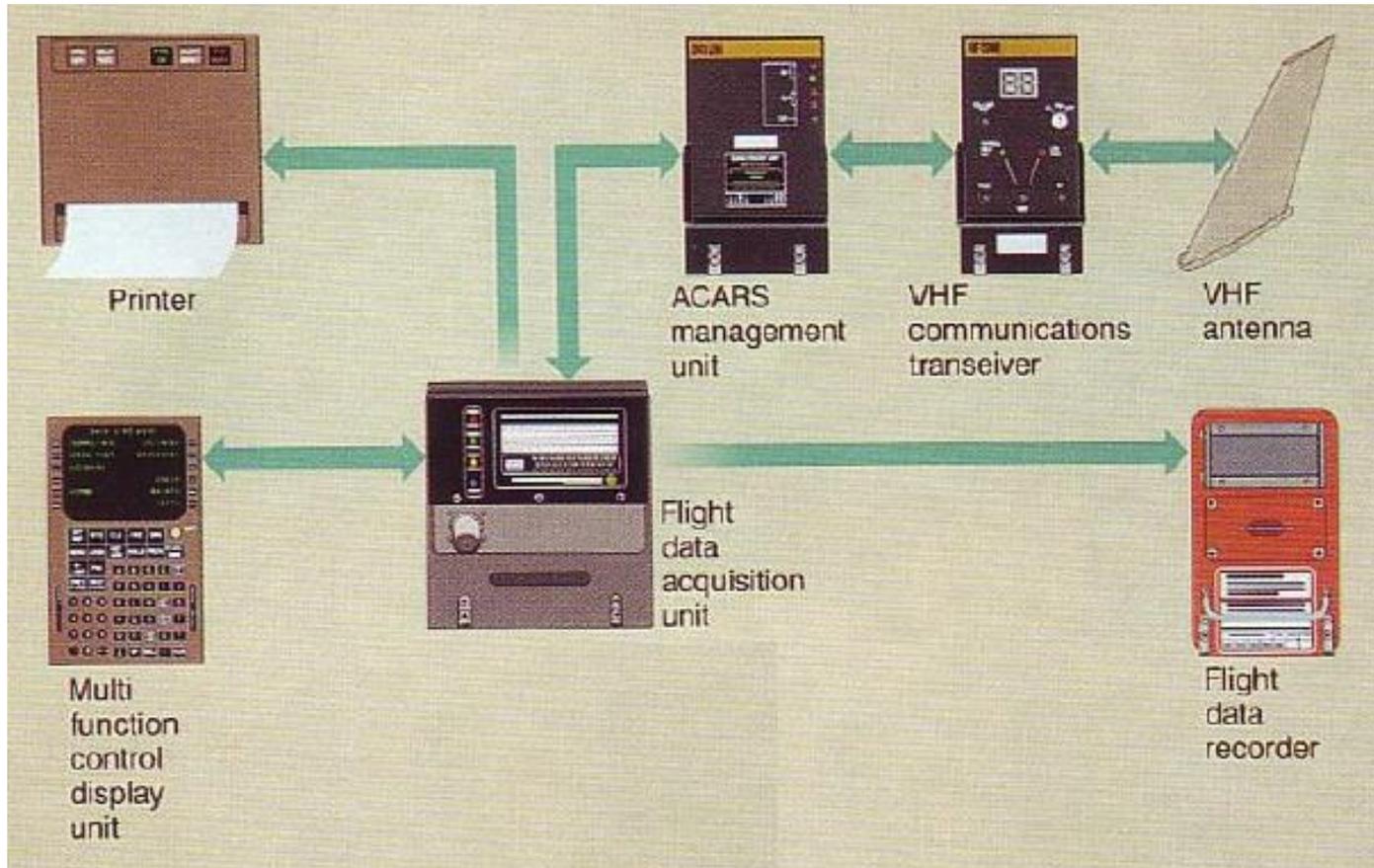
- Função

- A função do FDR e do CVR é armazenar e garantir a integridade dos dados na ocasião de um acidente aéreo, sendo assim, há diversos requisitos fortes associados aos seus projetos, seja no sentido de invólucro físico ou mesmo de capacidade de armazenamento de dados

- Hoje há FDRs capazes de gravar até 50 horas de mais de 3000 parâmetros (gravados à taxa de 20 Hz, geralmente) e os CVR acumulam até 2 horas de áudio
- A discussão para o futuro é a de sistemas que, além de dados de voo e de áudio, contenham também informações visuais, mas isso esbarra até mesmo em questões de invasão de privacidade dos pilotos

- Como o FDR funciona?
 - Utiliza-se a mesma lógica do ACARS...
 - As diferenças ficam por conta das exigências das autoridades certificadoras quanto aos parâmetros a serem gravados no FDR
 - Sendo assim, a fabricante da aeronave deve garantir que o FDIU/FDAU colete todos estes dados do barramento aviônico e disponibilize para gravação do FDR
 - Os requisitos fornecem os dados obrigatórios à gravação, assim como o range que deve cobrir, a taxa de aquisição, acurácia e resolução
 - Exemplo: FAR 121.334 => gravar “pitch attitude” na faixa entre -90° e $+90^{\circ}$ à frequência mínima de 4 Hz com acurácia de $\pm 2^{\circ}$ e precisão de 0.5°

- Visão geral:



Arquitetura de transmissão de dados ao FDR

FONTE: Campbell, N., “The evolution of flight data analysis”

- Visão geral:

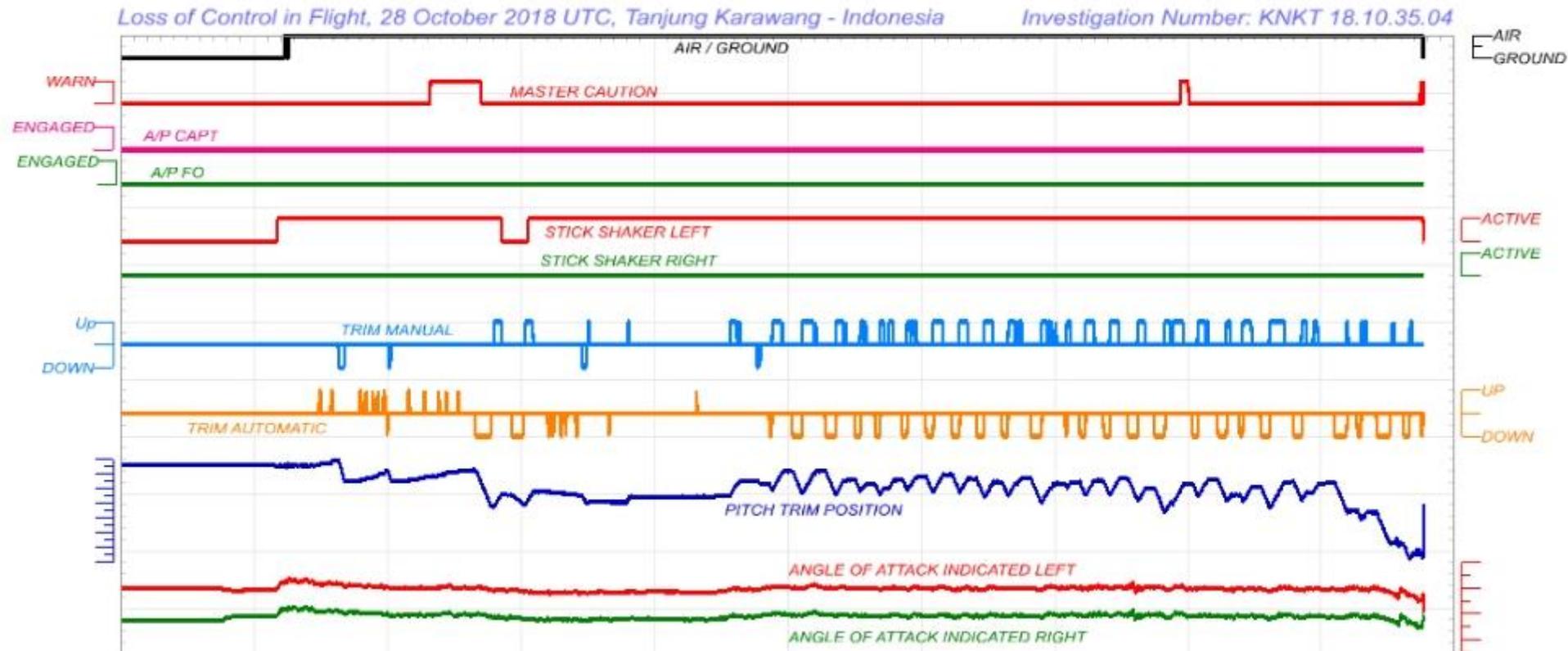


FONTE: flightdata.aero

FDR conectado à saída do FDIU/FDAU

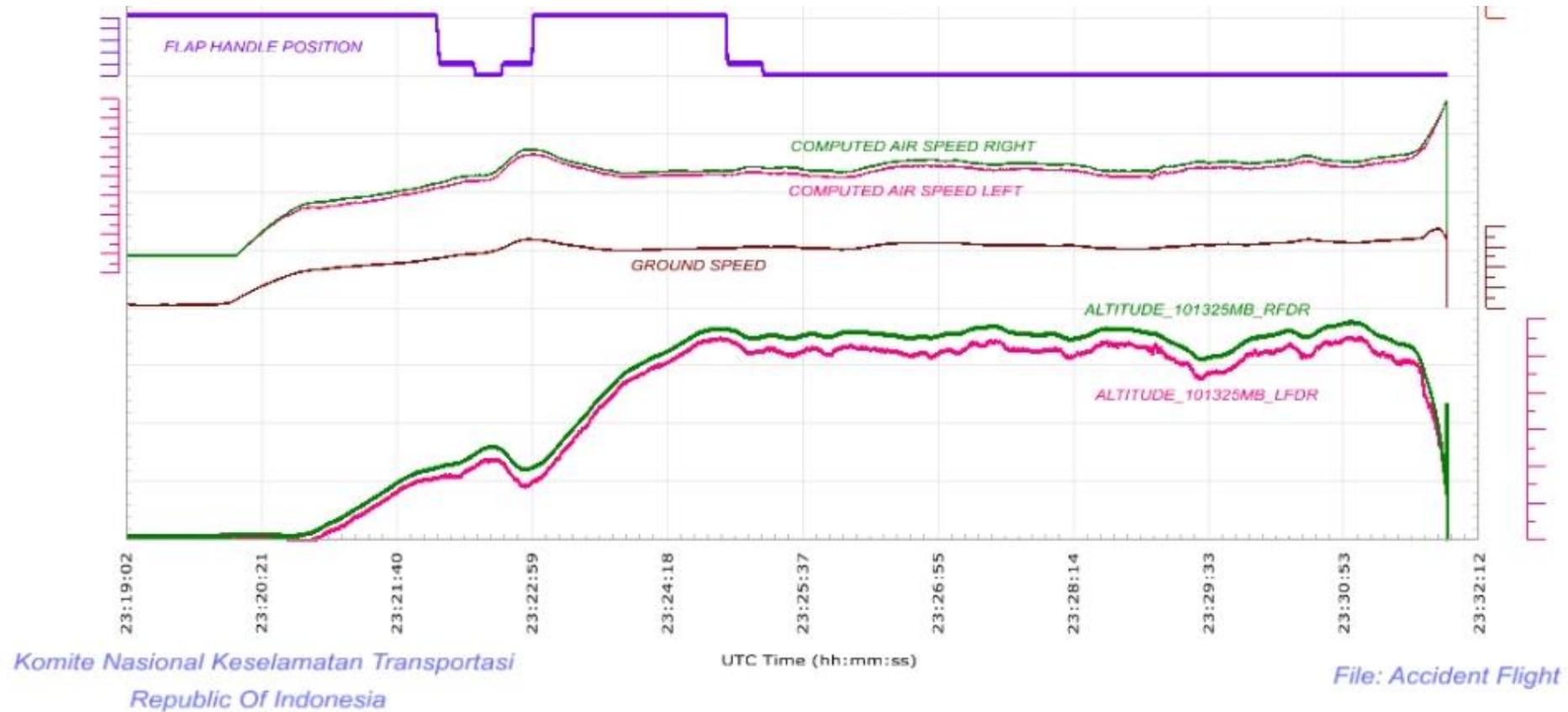
- Exemplo de aplicação: Lion Air 310 (B737 Max)

PK-LQP Boeing 737-MAX8



FONTE: Relatório final de investigação do acidente com o PK-LQP (Boeing 737-MAX), p. 72

- Exemplo de aplicação: Lion Air 310 (B737 Max)



FONTE: Relatório final de investigação do acidente com o PK-LQP (Boeing 737-MAX), p. 74

- Considerações Gerais
- ACARS
- FDR/CVR
- **QAR**
- ADS-B

- QAR – Quick Access Recorder
- Um breve histórico: por que este sistema surgiu?
 - Nos anos 1960 a companhia aérea BEA queria obter junto às autoridades certificadoras a autorização para usar o sistema de autoland do HS Trident (o primeiro avião equipado com tal funcionalidade) e precisava mostrar que a operação era segura. No entanto, como a bateria de ensaios era muito grande e se tornava exaustivo a cada pouso desmontar todo o gravador de dados de voo para analisar os resultados, a BEA decidiu, então, desenvolver um sistema que agilizasse o processo e provesse acesso rápido aos dados: o QAR

<https://m.youtube.com/watch?v=fIVcxfOnWi0>

- O que é?
 - É um gravador de dados de voo, embarcado na aeronave, e que provê acesso fácil e rápido aos dados recordados uma vez que a aeronave esteja em solo (via USB, cartões de memória ou até conexão com rede telefônica)

FONTE:
hackaday.com



QAR antigo (cartucho de memória)



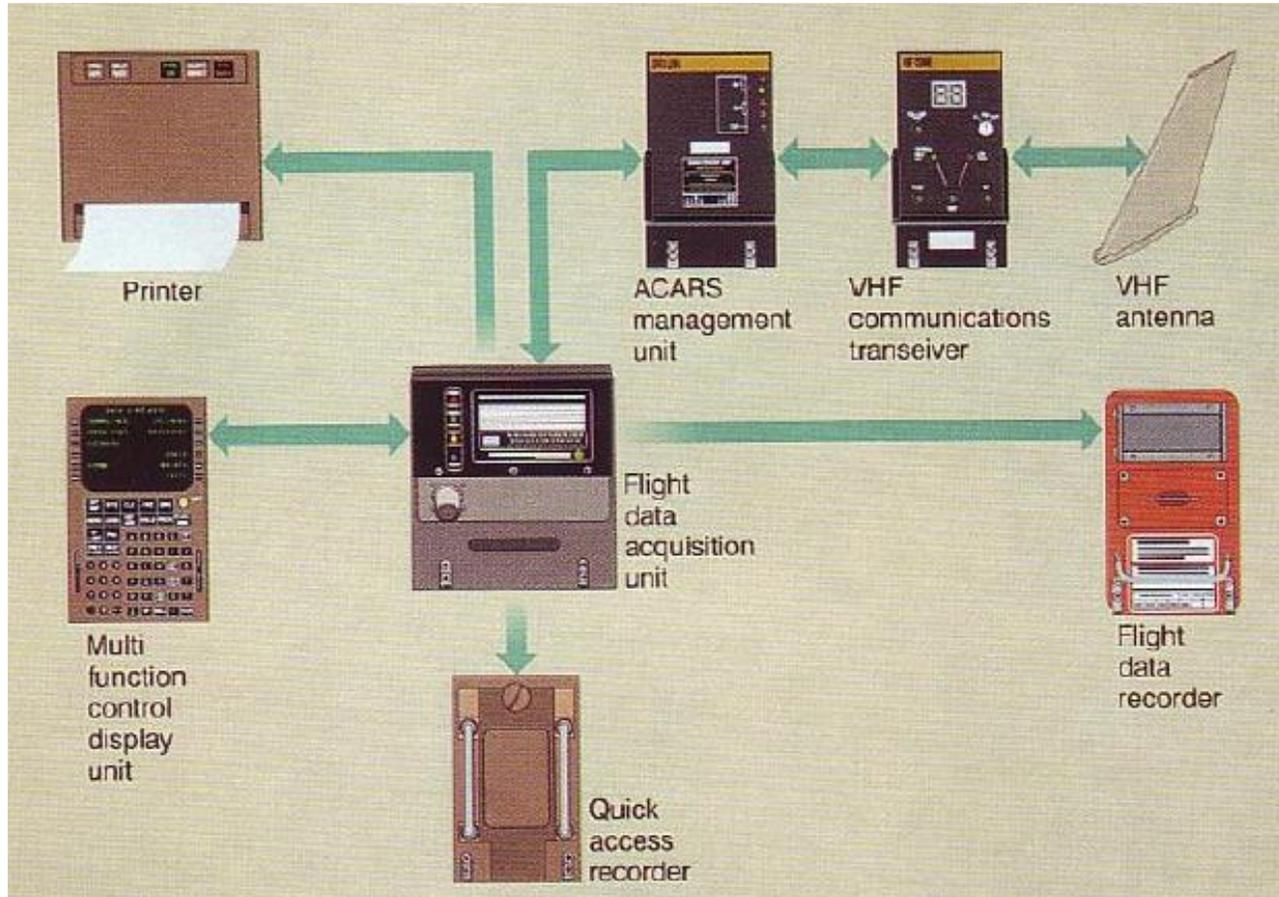
FONTE:
flightdata.aero

QAR atual (conexão USB)

- Função: como a sobrevivência deste sistema em caso de acidente **não** é requerida por certificação, atualmente, seu principal uso é alimentar o banco de dados de algumas companhias aéreas para aumento de segurança de voo e eficiência operacional (programa **FOQA**)

- Flight Operational Quality Assurance: trata-se de um programa individualmente adotado por diversas companhias aéreas, mas que não tem obrigatoriedade perante algumas autoridades certificadoras, ou seja, nem toda companhia aérea tem um FOQA.
- O que é obrigatório segundo o Anexo 6 da ICAO é que cada operador tenha um programa de Flight Data Monitoring (FDM) e este sim requer monitoramento dos dados de voo para aumento de segurança operacional, mas não há requisitos quanto à fonte dos dados.
- Muito comum, por exemplo, para avaliação de mudanças de rotas pelas companhias aéreas, determinação sobre as características das tarefas de aproximação pelos pilotos (estabilizada ou não), sobre a execução de “pousos duros” ou “pousos longos”, necessidade de foco ou reforço de treinamento etc

- Como o QAR funciona?
 - Utiliza-se a mesma lógica do ACARS e do FDR, mas há um ponto adicional
 - Como **não** há requisitos das agências certificadoras para o QAR, a rede que o abastece pode ser programada pelo próprio operador da aeronave para fornecer dados que lhe sejam mais convenientes
 - Sendo assim, o QAR recebe dados de dois barramentos: o próprio FDIU/FDAU (e assim se torna uma cópia do FDR) e do DMU – Data Management Unit –, um barramento que pode ser programado pela companhia aérea. Este “QAR programável” é também chamado de Direct Access Record (DMA)



Arquitetura de transmissão de dados ao QAR

FONTE: Campbell, N., "The evolution of flight data analysis"

- O QAR é também um instrumento importante à segurança de voo na medida em que oferece rápido acesso a dados não apenas de 1 única aeronave acidentada (como no caso do FDR) mas sim de uma frota inteira de aeronaves
- Dessa forma, em algumas ocasiões os investigadores recorreram a esses dados de frota para melhor entender alguns acidentes e, principalmente, recomendar às autoridades certificadoras e fabricantes modificações nas aeronaves

- Um célebre exemplo foi a modificação de uma servo-válvula de atuação do profundor do Boeing 747. Através de dados de frota, as autoridades perceberam que ela era a responsável por causar reversão momentânea do comando... imagine quantos acidentes foram evitados!
- Atualmente, para economizar (mais) tempo, além do acesso via USB, por exemplo, ao QAR, há também a possibilidade de enviar os dados do mesmo via wireless para os AOCs das companhias aéreas, no entanto, o maior limitante a tal envio é a largura de banda das redes de internet, pois o número de parâmetros gravados é tão grande que não há via de comunicação que suporte essa transmissão

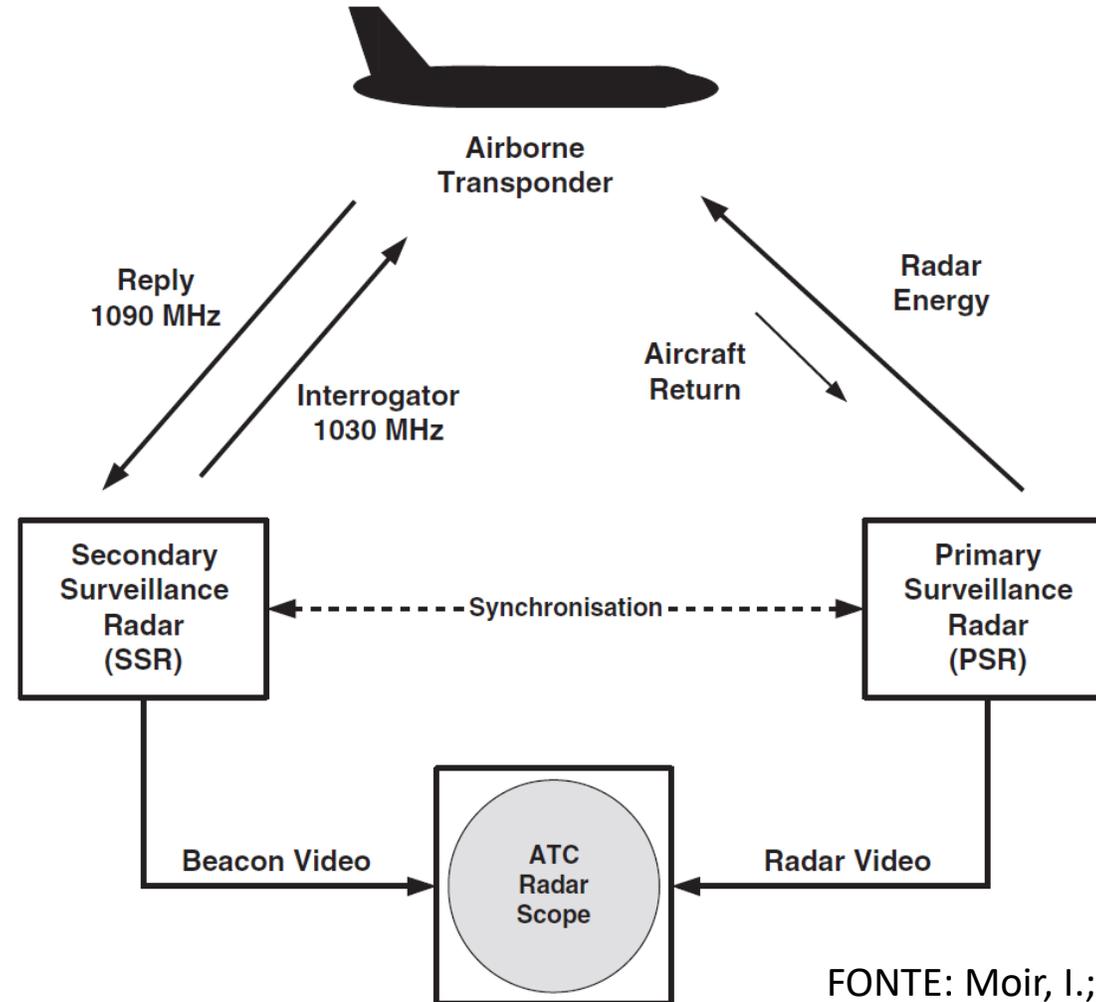
- Por que ainda exigir “caixa-preta” se há tantos meios de verificar os dados de voo?
 - Antigamente a investigação de ocorrência aeronáuticas dependia profundamente dos dados de FDR e CVR, no entanto, com os novos sistemas hoje presentes nas aeronaves o papel das “caixas-pretas” mudou
 - Elas não são mais essenciais às investigações, mas o são à garantia da existência da coleta, transmissão e armazenamento de dados, pois não há exigências certificadoras a nenhum outro sistema desse tipo que não FDR e CVR
 - Como as redes que abastecem ACARS, FDR e QAR são essencialmente as mesmas, havendo requisitos que tratam do FDR/CVR, por tabela, eles garantem que outros sistemas se façam presentes e sejam de grande utilidade à segurança de voo
 - E cabe lembrar que mesmo com essa infinidade de dados transmitidos de diferentes modos há acidentes nunca solucionados sem o encontro das “caixas-pretas” (Malaysia 370)

- Considerações Gerais
- ACARS
- FDR/CVR
- QAR
- **ADS-B**

- ADS-B – Automatic Dependant Surveillance – Broadcast
- O que é?
 - É uma tecnologia de vigilância cooperativa
- Função
 - Serve para determinar a posição da aeronave no espaço, mas atualmente está praticamente limitado ao rastreamento das aeronaves, tendo baixa validade prática para sistemas de controle do espaço aéreo, por exemplo
 - Mas é muito provável que no futuro ganhe espaço para atuar como sistema primários nos ATCs, “substituindo” os radares, já que figura como um dos principais elementos da lista do NextGen (Next Generation Air Transportation System)

- Como funciona?
 - Antes, vamos relembrar como um radar primário trabalha:
 - As antenas em solo emitem sinal e estes são refletidos pelas aeronaves
 - Com a detecção das ondas refletidas é possível determinar a **posição** das aeronaves no espaço
 - No entanto, para acessar outras informações relevantes à gestão do tráfego aéreo (número do voo, velocidade, proa etc) é necessário utilizar o “sistema de perguntas e respostas da aeronave” (transponder)
 - Assim, vale-se de um radar secundário para capturar tais dados

ADS-B



FONTE: Moir, I.; Seabridge, A.; Jukes, M. (2013)

- Como funciona?
 - Ao contrário do sistema de radares, na arquitetura do ADS-B, a aeronave tem sua posição (latitude, longitude e altitude) determinada através de uma constelação de satélites (GNSS – Global Navigation Satellite System –, inclui diversas “subconstelações”), de forma idêntica ao sistema GPS
 - A aeronave periodicamente recebe dos satélites sua informação de posição e então transmite esse dado via sinal de rádio
 - Tal sinal pode ser capturado tanto por estações em solo (ATC, AOC, usuário do FlightRadar24 etc), como também por outras aeronave

- Como funciona?
 - Interessante observar que na informação emitida pela aeronave, além de sua posição, agrega-se também outros dados (semelhantes aos obtidos pelo radar secundário):
 - Tipo de aeronave
 - IAS; GS e Mach
 - Curso e Proa Magnética
 - Número do voo
 - Velocidade vertical
 - Hora certa
 - Mode S ID (endereço de 24 bits único e particular do transponder daquela aeronave em específico)
 - Altitude selecionada no FMS pelos pilotos
 - Ângulo e taxa de rolamento
 - Alertas de TCAS

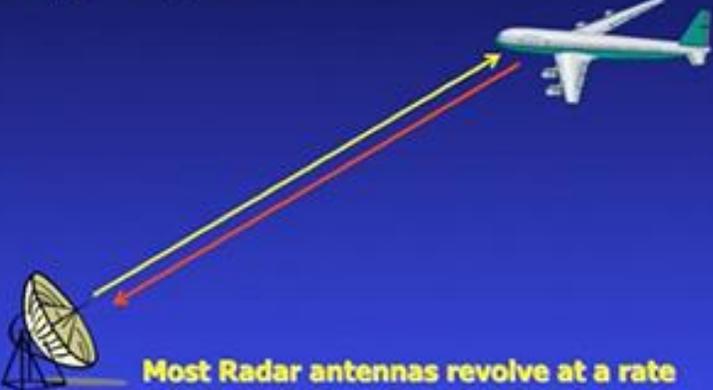
- Como funciona?
 - Além disso, como essa tecnologia é de maior precisão e está muito menos sujeita a problemáticas que tipicamente dificultam o uso dos radares (alcance, condições atmosféricas, intervalos de atualização dependentes da velocidade de rotação do radar etc), é natural que o uso do ADS-B ofereça benefícios à segurança e à eficiência do tráfego aéreo

<https://www.youtube.com/watch?v=BDLFHdq540g>

ADS-B Technologies

RADAR

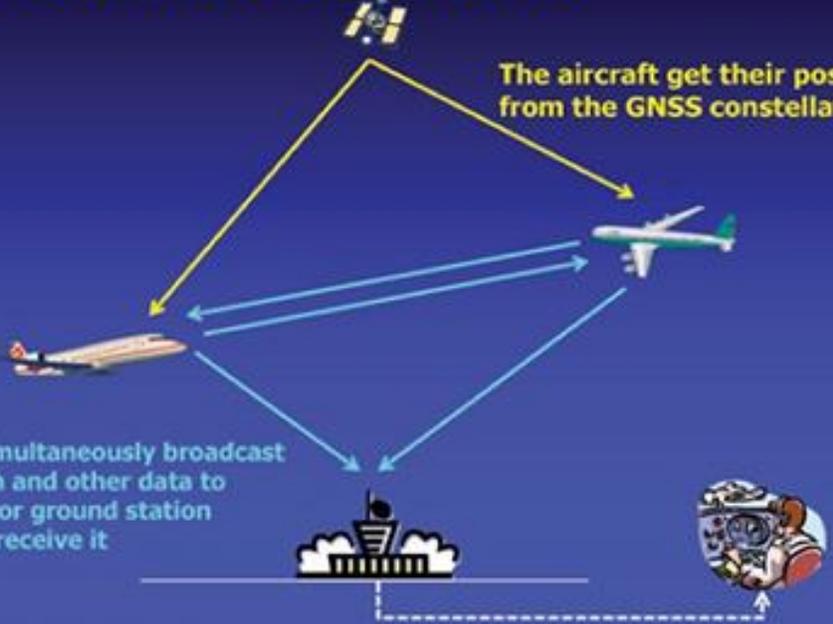
Typically, surveillance radar sends a signal that causes the aircraft's transponder to reply and provide its position.



Most Radar antennas revolve at a rate of ~ 5 RPM, therefore the time between Signal returns is ~ 12 sec. For an aircraft flying at 500 Kts, this means that the aircraft can move ~ 0.6 Nm between returns.

ADS-B Technologies

How Does ADS-B Work?



The aircraft get their position from the GNSS constellation

Then they simultaneously broadcast their position and other data to any aircraft, or ground station equipped to receive it

Ground Stations then transmit the aircraft's position to Air Traffic Control

FONTE: mundoconectado.com.br

- Como funciona?
 - A bordo da aeronave, o funcionamento do ADS-B depende essencialmente de dois equipamentos:
 - Antenas SATCOM e VHF/HF => para comunicação com os satélites e com estações em solo e outras aeronaves
 - Mode S Transponder EHS => possui as informações do voo e da aeronave
 - Para que o ADS-B funcione apropriadamente, o transponder **não** pode ser somente do tipo básico (ELS – Elementary Surveillance); é necessário que possua também o modo EHS (Enhanced Surveillance), pois, por software, é apenas a este modo que é permitido o acesso às informações do barramento aviônico

- O sistema é Automático ou Dependente?
 - É automático no sentido de que não depende do operador para funcionar, ou seja, uma vez que a aeronave tenha sido energizada o ADS-B será ligado
 - Este ainda é um pouco em discussão na ICAO, mas a tendência é que não esteja disponível ao piloto um switch que desligue o ADS-B (ao menos não sem desligar junto o Transponder todo)
 - A rede do ADS-B como um todo é dependente pois depende que cada um de seus participantes (cada aeronave) proveja seus dados, por isso que a vigilância é colaborativa
 - Justamente por este motivo, pensando em operações militares, é muito improvável que todos os radares sejam aposentados

- Atualidades
 - Alguns países já exigem como obrigatória a presença de um ADS-B nas aeronaves
 - Estados Unidos: até 2020 todas as aeronaves comerciais com matrícula dos EUA deverão ter o ADS-B instalado
 - Austrália: já hoje o ADS-B é um dispositivo obrigatório para realização de procedimentos IFR
 - Europa: há exigência de instalação de ADS-B desde 2017
 - Canadá: algumas regiões de seu território já possuem ATCs que operam usando informações do ADS-B
 - Brasil: há exigência de instalação do sistema desde 2009 e desde 2017 a Bacia de Campos é integralmente monitorada usando ADS-B

- Tendências futuras
 - É muito provável que, até mesmo no curto prazo, novas informações sejam adicionadas às transmissões realizadas pelo ADS-B, como por exemplo, dados meteorológicos (basta que, por software, o acesso a tais dados seja provido)
 - Também é plausível que daqui alguns anos existam equipamentos no cockpit que mostrem para os pilotos todo o tráfego aéreo em suas proximidades

- Curiosidades
 - O site FlightRadar24 vale-se da tecnologia do ADS-B para mostrar as informações de rastreamento dos voos
 - Como o dados do ADS-B são não-criptografados e são emitidos via rádio, é possível comprar um receptor de rádio, sintonizar na frequência de transmissão do ADS-B e você verá todos os aviões dentro do alcance do seu receptor
 - Não se trata de uma funcionalidade do ADS-B, mas sim do Transponder ELS: há alguns códigos universais (7500; 7700 etc) que os pilotos devem setar no Transponder em caso de emergência, assim as autoridades em solo entendem a situação e ficam de prontidão