



**MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL
FORÇA AÉREA PORTUGUESA
CENTRO DE FORMAÇÃO MILITAR E TÉCNICA**

Curso de Formação de Praças - RC

COMPÊNDIO

SISTEMAS DE INSTRUMENTAÇÃO

EPR: NEL

CCF 335-41

Outubro 2009





**MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL
FORÇA AÉREA PORTUGUESA
CENTRO DE FORMAÇÃO MILITAR E TÉCNICA**

CARTA DE PROMULGAÇÃO

OUTUBRO 2009

1. O Compêndio de "Sistemas de Instrumentação" é uma Publicação "NÃO CLASSIFICADA".
2. Esta publicação entra em vigor logo que recebida.
3. É permitido copiar ou fazer extractos desta publicação sem autorização da entidade promulgadora.

O COMANDANTE

Henrique Ferreira Lopes

COR/PILAV

REGISTO DE ALTERAÇÕES

IDENTIFICAÇÃO DA ALTERAÇÃO, Nº DE REGISTO, DATA	DATA DE INTRODUÇÃO	DATA DE ENTRADA EM VIGOR	ASSINATURA, POSTO E UNIDADE DE QUEM INTRODUZIU A ALTERAÇÃO

Cursos:	Curso de Formação de Praças – RC
Nome do Compêndio:	Sistemas de Instrumentação
Disciplina:	Técnicas Digitais/Sistemas de Instrumentação
Data de elaboração:	Fevereiro 2009
Compilado e adaptado por:	2SAR/MELIAV Hélder Ferreira
Verificado Por:	Gabinete de Qualidade da Formação
Comando G. Formação:	TCOR/ ENGAER José Santiago
Director de Área:	MAJ / TMMEL Abílio Carmo
Director de Curso:	TEN / TMMEL Bruno Vale
Formador:	2SAR/MELIAV Hélder Ferreira

ATENÇÃO:

Esta publicação destina-se a apoiar os formandos a frequentarem os Cursos de Formação de Praças da especialidade MMA, MELIAV e MARME, na disciplina de Técnicas Digitais/Sistemas de Instrumentação.

Não pretendendo ser uma publicação exaustiva do curso em questão, apresenta-se como uma ferramenta de consulta quer durante a duração do curso, quer após a sua conclusão.

ÍNDICE

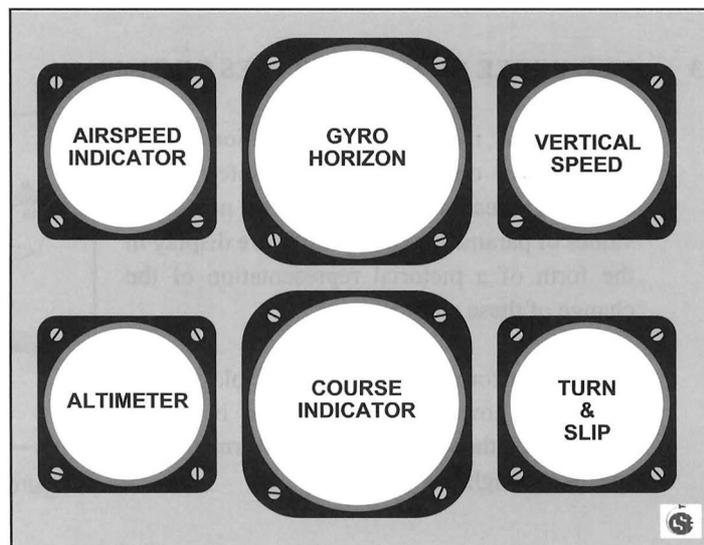
INSTRUMENTAÇÃO ELECTRÓNICA	5
DISTRIBUIÇÃO DOS INSTRUMENTOS NUM COCKPIT	5
APLICAÇÃO DOS CIRCUITOS LÓGICOS NAS AERONAVES (DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS)	12
DISPLAYS ELECTRÓNICOS	19
TUBOS DE RAIOS CATÓDICOS (TRC).....	19
DÍODOS EMISSORES DE LUZ (LED)	20
<i>DISPLAYS</i> DE CRISTAIS LÍQUIDOS (LCD).....	22
“DATA BUSES” EM SISTEMAS DE AERONAVES E FIBRAS ÓPTICAS.....	25
ARINC.....	25
TRANSMISSÃO DE DADOS POR FIBRAS ÓPTICAS	26
DISPOSITIVOS ELECTROSTÁTICO-SENSÍVEIS.....	29
DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES	29
TÉCNICAS DE MANUSEAMENTO E ARMAZENAMENTO.....	29
COMPONENTES DE PROTECÇÃO ANTI-ESTÁTICA DE MATERIAL E DE PESSOAL.....	30
AMBIENTE ELECTROMAGNÉTICO.....	33
EMC – COMPATIBILIDADE ELECTROMAGNÉTICA	33
EMI – INTERFERÊNCIA ELECTROMAGNÉTICA.....	34
HIRF – CAMPO IRRADIADO DE ALTA INTENSIDADE.....	36
RELÂMPAGO/PROTECÇÃO CONTRA RELÂMPAGOS	37
CONTROLO DA GESTÃO DE SOFTWARE	39
REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE	39
SISTEMAS ELECTRÓNICOS/DIGITAIS TÍPICOS DE AERONAVES.....	45
ACARS – “ <i>ARINC COMMUNICATION AND ADDRESSING AND REPORTING SYSTEM</i> ”	45
ECAM – “ <i>ELECTRONIC CENTRALISED AIRCRAFT MONITORING</i> ”	45
EFIS – “ <i>ELECTRONIC FLIGHT INSTRUMENT SYSTEM</i> ”	46
FBW – “ <i>FLY BY WIRE</i> ”	48
FMS – “ <i>FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM</i> ”	50
GPS – “ <i>GLOBAL POSITIONING SYSTEM</i> ”	54
IRS – “ <i>INERTIAL REFERENCE SYSTEM</i> ”	55
TCAS – “ <i>TRAFFIC ALERT COLLISION AVOIDANCE SYSTEM</i> ”	56
BIBLIOGRAFIA.....	61
LISTA DE PÁGINAS EM VIGOR.....	LPV 1

INSTRUMENTAÇÃO ELECTRÓNICA

DISTRIBUIÇÃO DOS INSTRUMENTOS NUM COCKPIT

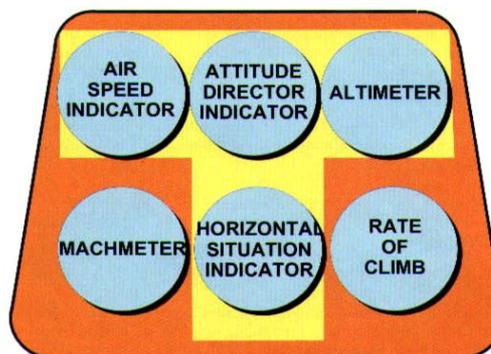
Disposição dos Instrumentos

Os avanços aeronáuticos verificados no século passado permitiram que as aeronaves voassem mais alto, mais longe e em condições meteorológicas mais adversas, necessitando por isso de um quantitativo crescente de instrumentos que habilitasse a tripulação a manter a operação em segurança. O aumento de instrumentos na cabine estava a ser tal que começou a levantar questões sobre prioridades – quais os mais importantes e que deviam ser “mais visíveis” – e também de uniformização, já que os pilotos, quando transitavam para outras aeronaves deviam estar familiarizados com a disposição de certos instrumentos básicos. A primeira disposição uniformizada de instrumentos básicos para a operação de uma aeronave é conhecida por Seis Básico e apresentava-se como ilustrado na figura abaixo.



Esquema de apresentação de Instrumentos “Seis Básico”

O aparecimento de outros instrumentos mais recentes e a evolução na operação aérea, ditaram um novo tipo de disposição – o T Básico (figura abaixo)



Tipos de Informação

Apresentada no Instrumento

Os instrumentos podem dar informação de uma forma quantitativa, na qual um ponteiro se move sobre uma escala graduada e apresenta valores numéricos dos parâmetros medidos. Podem ainda dar a informação de uma forma qualitativa, na qual o instrumento apresenta uma representação pictórica das mudanças que ocorrem com os parâmetros em causa. A última forma de representação é através de um mostrador tipo Director em que é visualizada a correcção necessária para “dirigir” a aeronave.

Altímetro

O altímetro é usado para indicar a altitude do avião em relação ao nível médio do mar. O instrumento fornece também informação para determinar a velocidade verdadeira do avião no ar, o ajuste apropriado da potência do motor, a altitude de segurança em relação ao solo e a altitude apropriada de modo a evitar trajectórias de voo de outros aviões. De um modo geral existem dois tipos de altímetros que operam segundo os princípios barométricos: o altímetro não sensitivo, ou simples e o altímetro sensitivo. O altímetro não sensitivo é raramente usado nos aviões porque a sua escala de alturas é bastante comprimida. Este altímetro, geralmente, indica múltiplos de 10 000 ft (3048 m) por cada rotação do ponteiro, como se pode visualizar na figura seguinte.



Altímetro não sensitivo

O altímetro sensitivo, assim designado devido à sua sensibilidade, é o tipo de altímetro mais usado sendo ilustrado na figura seguinte. Neste altímetro, uma rotação completa do ponteiro das centenas de pés corresponde a 1000 ft (304.8 m).



Altímetro sensível

Velocímetro

Um velocímetro é requisito em todas as aeronaves certificadas, excepto nos balões. O objectivo do velocímetro é mostrar a velocidade da aeronave no ar, sendo operado pela combinação de pressões (estática e dinâmica).



Velocímetro

Indicador de Mach

Muitas aeronaves de alta performance possuem um indicador de Mach incorporado no velocímetro. Mach é a razão entre a velocidade verdadeira da aeronave e a velocidade do som. Quando se calcula a velocidade verdadeira a partir de um velocímetro convencional deve ter-se em conta a densidade do ar, sendo assim necessárias correcções para a temperatura e altitude. Estas correcções são desnecessárias com um indicador de Mach porque a temperatura determina a velocidade do som.

Assim, pode dizer-se que o Mach é o indicador mais válido para a velocidade da aeronave. O indicador de

Mach indica directamente no seu mostrador o número de Mach. Por exemplo, a indicação 0.7 significa que a velocidade do avião é sete décimos da velocidade do som.



Velocímetro com indicador de Mach

Variómetro

Também designado por indicador da razão de subida, o variómetro é ilustrado na figura. Este instrumento é extremamente valioso durante um voo por instrumentos porque indica a razão a que o avião está a subir ou a descer. Consegue manter-se um voo nivelado, mantendo o ponteiro do instrumento em zero, sendo que qualquer alteração de altitude é indicada no mostrador em "pés por minuto" (*feet per minute*). Deste modo, ele ajuda o piloto a estabelecer uma razão de subida que esteja dentro dos limites impostos pelo motor. Igualmente, quando o piloto se prepara para aterrar ou descer para baixa altitude, a razão de descida pode ser controlada.



Variómetro

ADI (Attitude Director Indicator)

Em condições de voo VFR (Visual Flight Rules), o piloto serve-se do horizonte terrestre para controlar a aeronave em termos de manter uma linha de voo a direito ou manter voltas de pranchamento constante, assim como para definir ângulos na subida ou descida. Em condições de voo em que a visibilidade do horizonte terrestre é reduzida, o piloto tem de efectuar um voo IFR (Instrument Flight Rules), para que um

voo nestas condições seja possível é necessário um conjunto de equipamentos para fornecer ao piloto toda a informação necessária. É neste contexto que se insere o Indicador de Atitude, também conhecido como Horizonte Artificial, ele fornece informação de *Pitch* e *Roll* para o piloto dando assim a conhecer qual a atitude da aeronave. O 'coração' do indicador de atitude é um giroscópio. Uma evolução do indicador de atitude é o ADI – Attitude Director Indicator , este equipamento além de nos dar a conhecer a atitude da aeronave, dá-nos ainda indicações de direcção através do sistema de ILS. As informações fornecidas são dados de glide slope e de heading.



Indicador de Atitude



ADI – Attitude Director Indicator

HSI (Horizontal Situation Indicator)

Inicialmente as aeronaves utilizavam um *Radio Magnetic Indicator* (RMI – Indicador de Radio Magnético) e um *Omni Bearing Indicator* (OBI – Indicador de rotas), também conhecido por *Course Selector Indicator* (CSI), que em conjunto apresentavam informações de navegação.



Omni-Bearing Indicator

O OBI, apresentado na figura e o RMI têm um funcionamento distinto mas complementar. O primeiro indica o desvio da aeronave em relação a uma rota seleccionada (na janela de rotas, OBS) de uma estação VOR ou TACAN e o desvio vertical e horizontal quando em ILS. Além disso apresenta a bandeira TO-FROM e as validades de *localizer* (localizador) e de *Glideslope* (G/S).



Radio Magnetic Indicator

O RMI (Indicador Radio Magnético) indica o rumo da aeronave e os azimutes de duas estações. As indicações são dadas em relação ao norte magnético. Na generalidade dos casos os RMI's fornecem os azimutes de estações ADF e VOR para além da indicação do rumo da aeronave.



HSI – Horizontal Situation Indicator

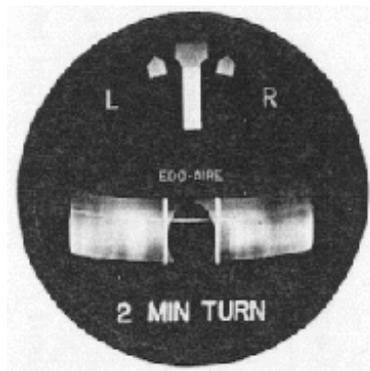
O HSI resultou da junção dos dois indicadores referidos anteriormente a que se acrescentou outras funcionalidades. É um indicador que recebe informações provenientes de vários sistemas de navegação, possui dois controlos que permitem controlar o *heading marker* (marca de rumo) e *course* (rota). Existem vários tipos de HSI's, porém o princípio de funcionamento é basicamente igual para todos. O que difere entre os vários modelos é a quantidade de informação e sua forma de apresentação no indicador. O indicador giroscópico de direcção ou indicador de direcção (HSI), conhecido por *gyro*, possibilita ao piloto uma referência direccional estável em azimute que permite ler e executar voltas para rumos com precisão. Não existe qualquer elemento magnético neste instrumento. O HSI não busca nem está de algum modo ligado ao Norte magnético. O HSI não substitui a bússola, é antes um complemento importante da mesma. Visto não sofrer dos erros das indicações da bússola em volta e em aceleração, pode dar melhor precisão na manutenção de rumos nessas situações.

Pau e Bola

O pau e bola são basicamente um instrumento que permite estabelecer e manter uma volta coordenada num avião. Isto é, que permite efectuar voltas com razão de deslocamento constante.

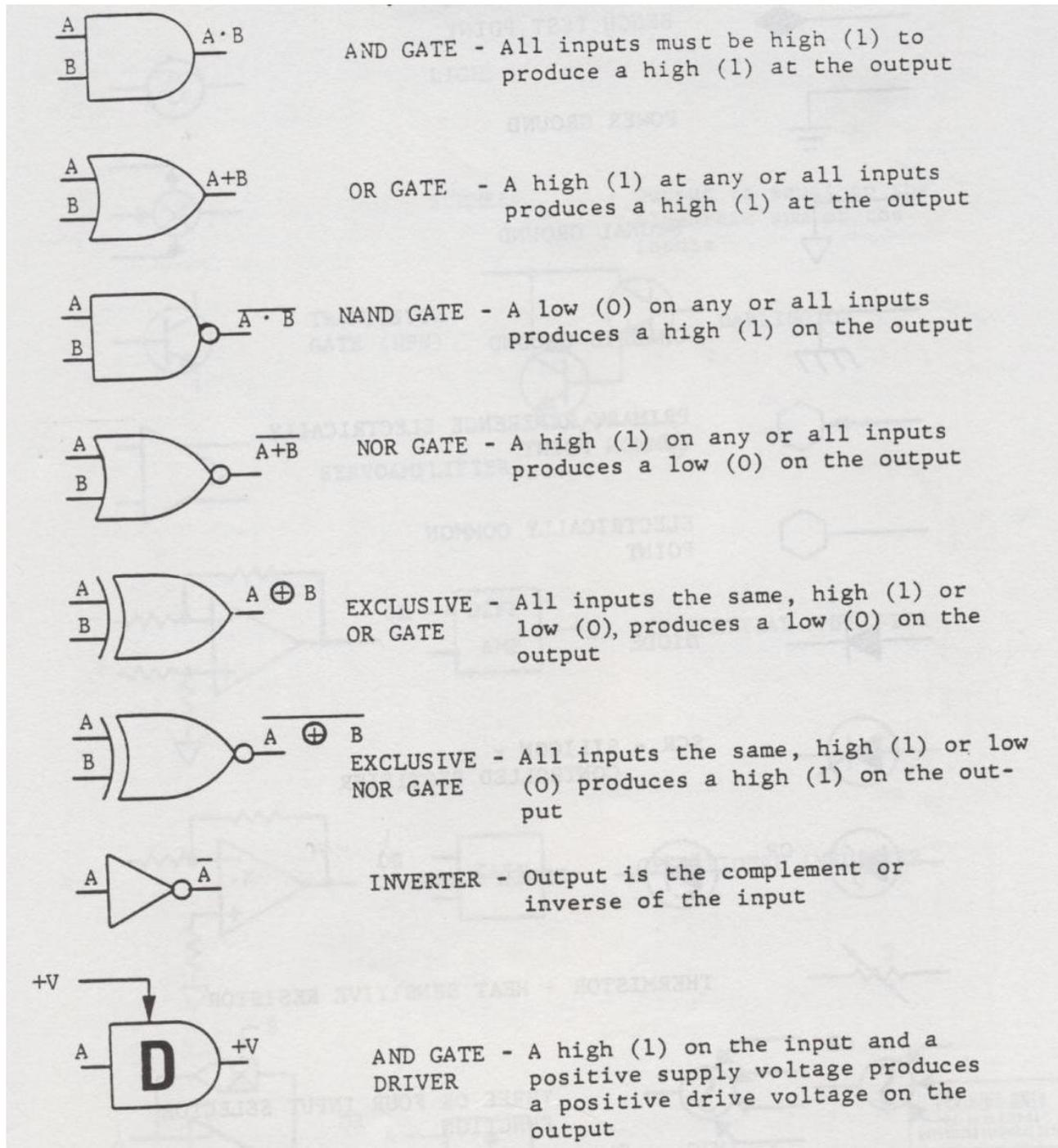
O instrumento pau e bola é constituído por dois mecanismos independentes:

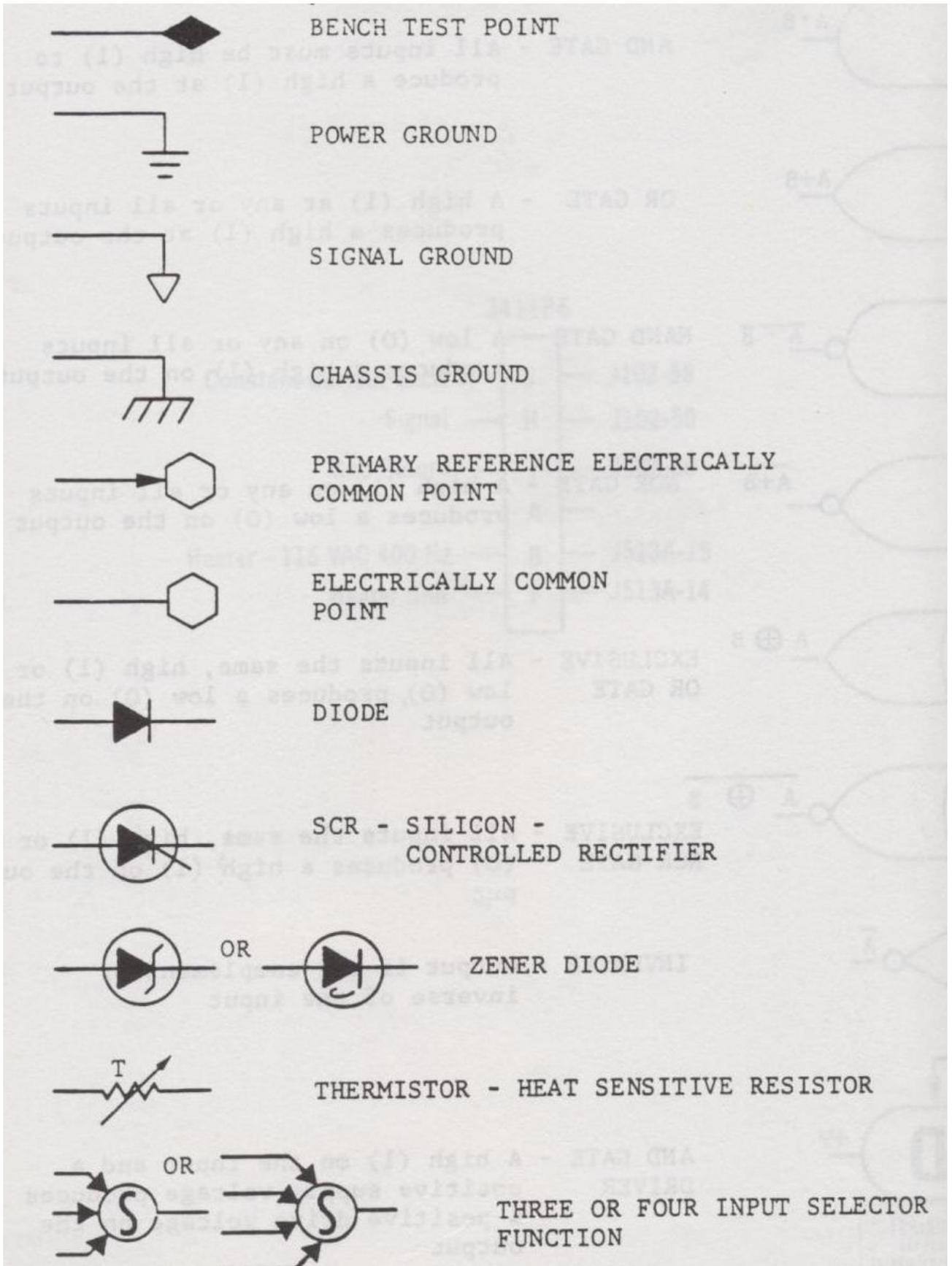
- Um ponteiro ou similar com controlo baseado no 'rate gyro' para a detecção e indicação da razão de volta.
- E um mecanismo para a indicação da derrapagem ('Slip').

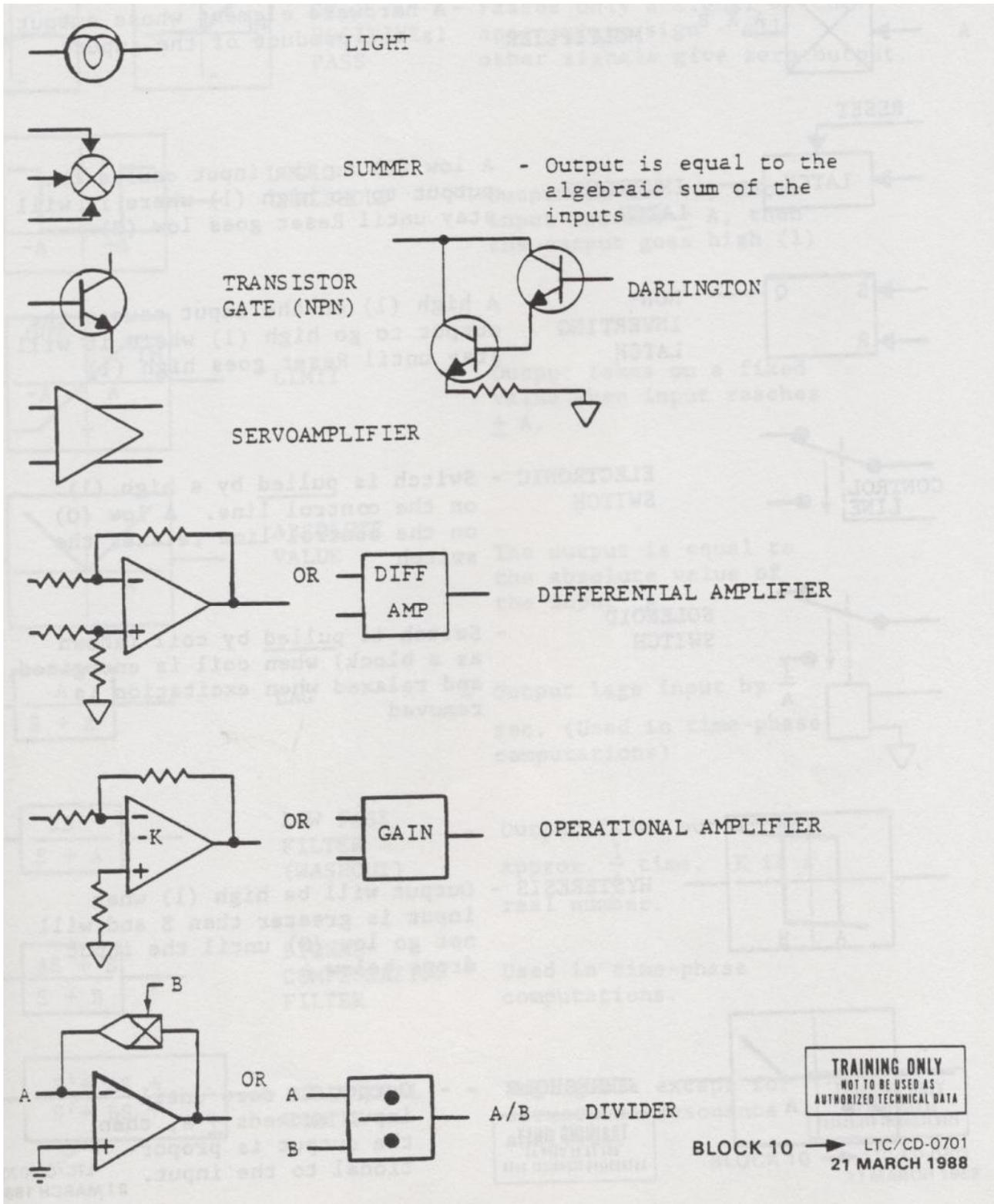


Indicador pau e bola

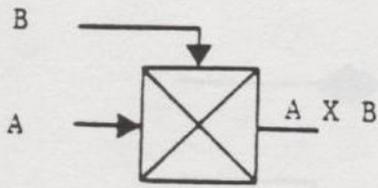
APLICAÇÃO DOS CIRCUITOS LÓGICOS NAS AERONAVES (DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS)





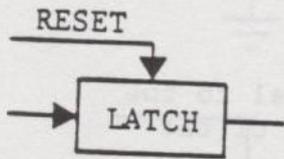


SYMBOLOLOGY (SHEET 4 OF 5)



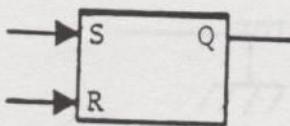
MULTIPLIER

A hardware element whose output is the product of the inputs.



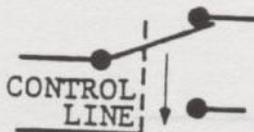
INVERTING LATCH

A low (0) on the input causes the output to go high (1) where it will stay until Reset goes low (0)



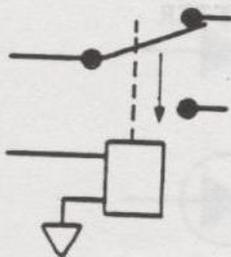
NON-INVERTING LATCH

A high (1) on the input causes the output to go high (1) where it will stay until Reset goes high (1)



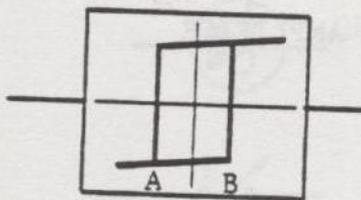
ELECTRONIC SWITCH

Switch is pulled by a high (1) on the control line. A low (0) on the control line relaxes the switch



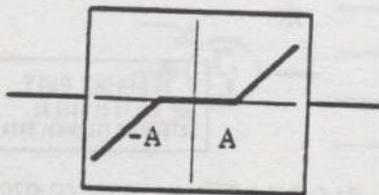
SOLENOID SWITCH

Switch is pulled by coil (shown as a block) when coil is energized, and relaxed when excitation is removed



HYSTERESIS

Output will be high (1) when input is greater than B and will not go low (0) until the input drops below A

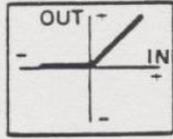
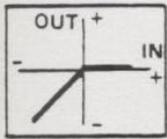


THRESHOLD

Output is zero until input exceeds + A, then the output is proportional to the input.

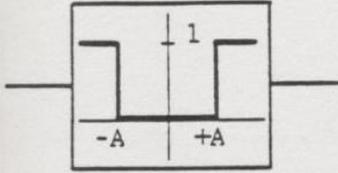
TRAINING ONLY
NOT TO BE USED AS
AUTHORIZED TECHNICAL DATA

LTC/CD-070
21 MARCH 1988
BLOCK 10



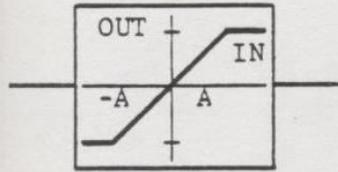
NEGATIVE
OR
POSITIVE
PASS

- Passes only a signal of the appropriate sign - all other signals give zero output.



LOGIC
THRESHOLD

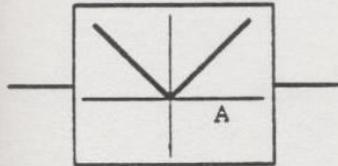
- Output is low (0) until input exceeds $\pm A$, then the output goes high (1)



LIMIT

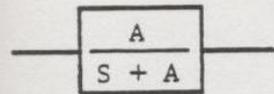
- Output takes on a fixed value when input reaches $\pm A$.

SYSTEM OPERATION



ABSOLUTE
VALUE

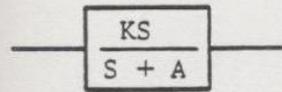
- The output is equal to the absolute value of the input A



LAG

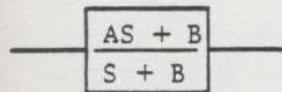
- Output lags input by $\frac{1}{A}$ sec. (Used in time-phase computations)

FOR TRANSFER



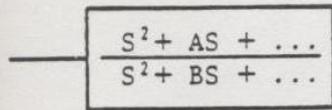
LOW PASS
FILTER
(WASHOUT)

- Output fades out after approx. $\frac{1}{A}$ time. K is a real number.



SIGNAL
COMPENSATION
FILTER

- Used in time-phase computations.

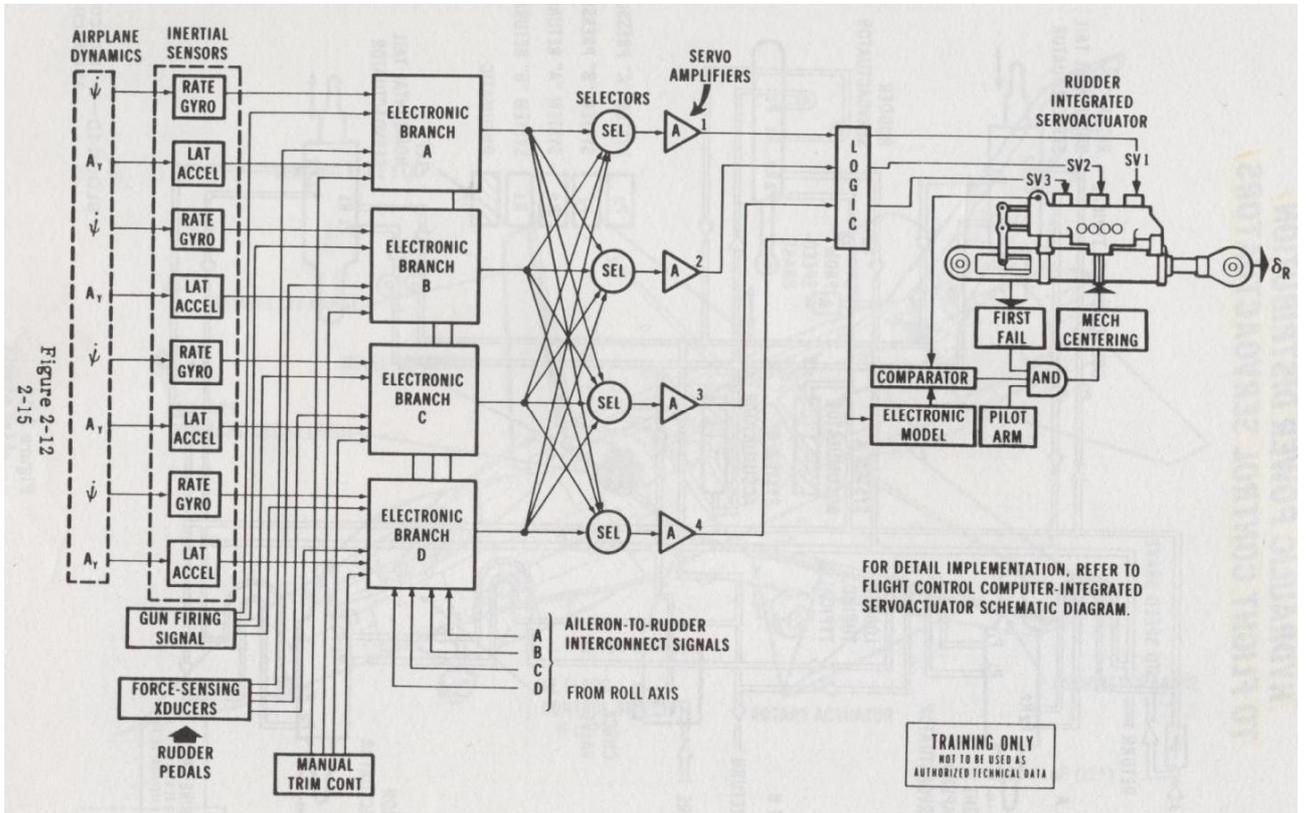


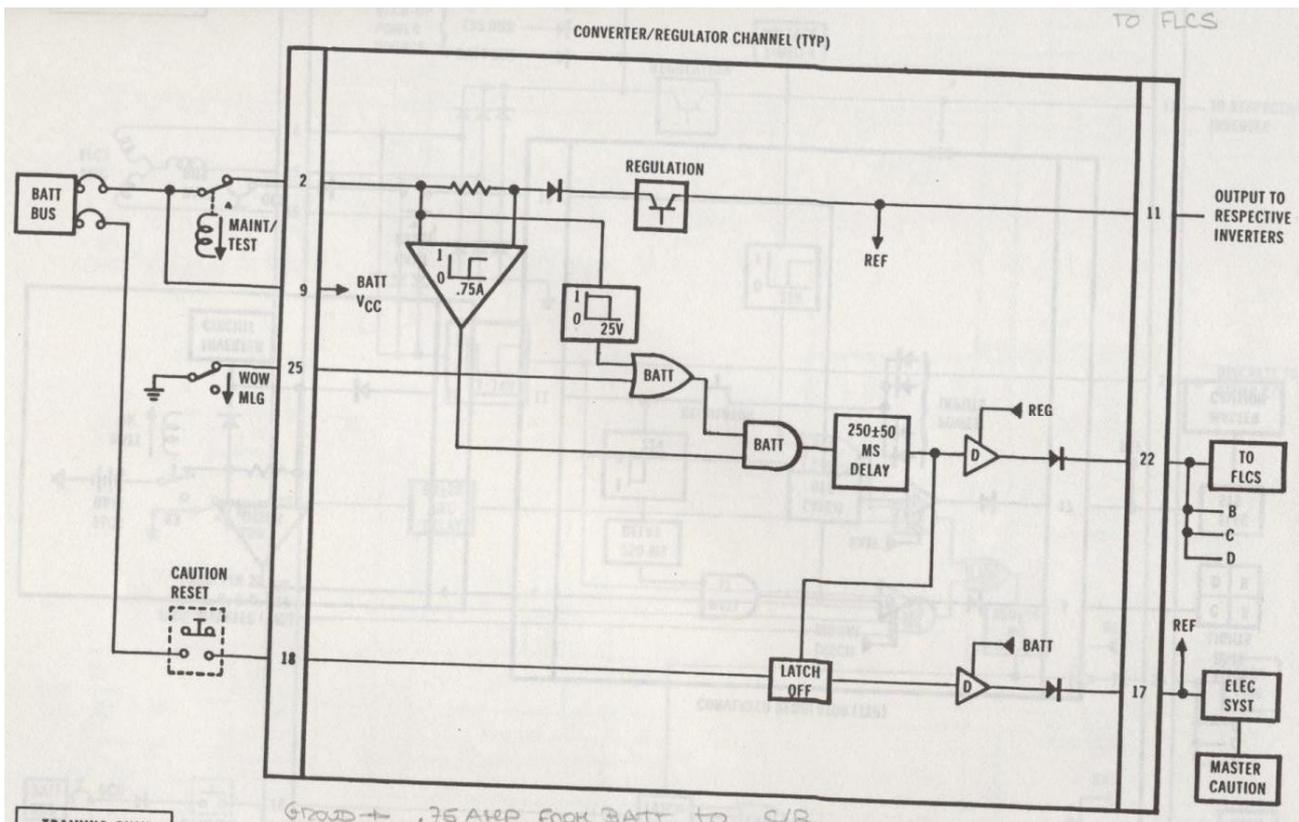
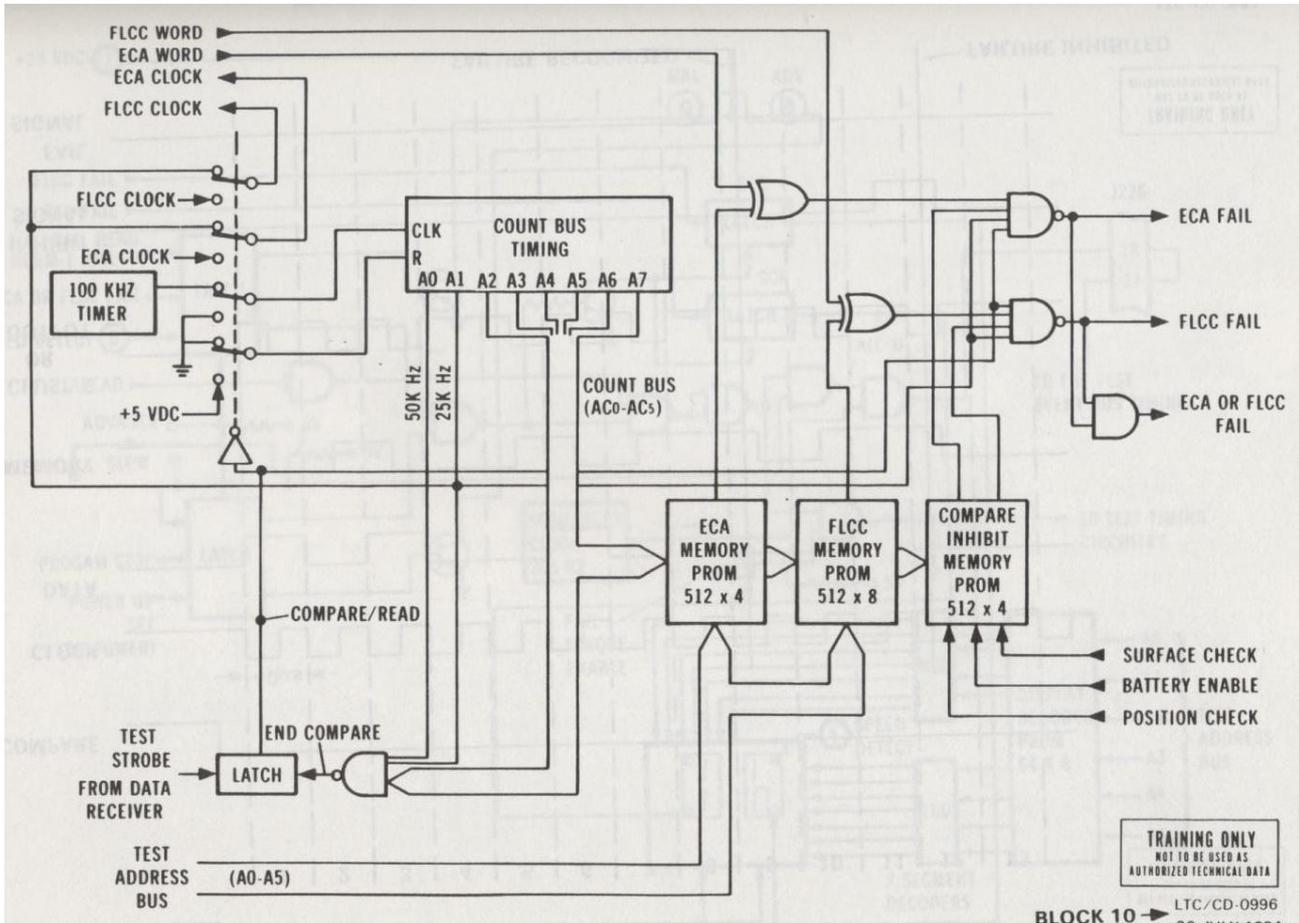
STRUCTURAL
FILTER

- Negligible except for structural resonance analysis.

TRAINING ONLY
NOT TO BE USED AS
AUTHORIZED TECHNICAL DATA

BLOCK 10 → LTC/CD-0703
21 MARCH 1988

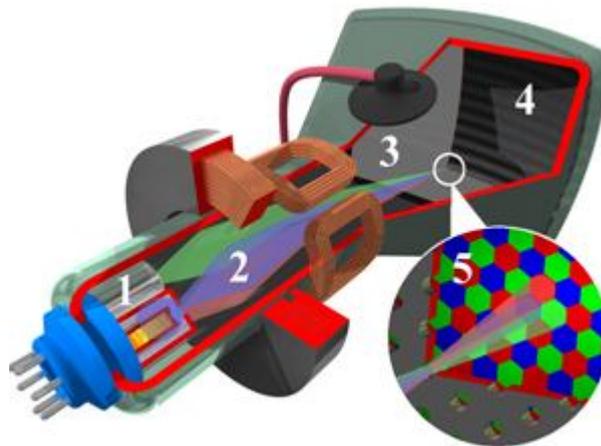




DISPLAYS ELECTRÓNICOS

TUBOS DE RAIOS CATÓDICOS (TRC)

Um tubo de raios catódicos, de sigla TRC, consiste num dispositivo que fornece a imagem no ecrã no tubo de televisão, no visor do radar e no osciloscópio de raios catódicos. O tubo de raios catódicos é constituído por um tubo de vácuo que contém um cátodo aquecido e dois ou mais ânodos em forma de anel, através do qual os raios catódicos podem passar de modo a chocarem na extremidade mais larga do tubo. Esta extremidade do tubo é coberta por uma camada fluorescente de forma a constituir um ecrã. Se num dado ponto do ecrã incidirem raios catódicos, esse ponto começa a emitir luz. Entre o ânodo e o cátodo coloca-se uma grelha de controlo, conseguindo-se deste modo controlar o brilho da iluminação no ecrã. Ao conjunto do cátodo, grelha de controlo e ânodo designa-se por canhão de electrões. O feixe de electrões que sai do canhão pode ser focado e deflectido com o auxílio de placas que produzem um campo eléctrico, ou por bobinas que geram um campo magnético. Isto possibilita que o feixe seja focado num pequeno ponto luminoso e deflectido de maneira a provocar a ilusão de uma linha luminosa quando esse ponto varre o ecrã.



- 1 – Canhões de electrões e lentes electrónicas de focalização.
- 2 – Bobinas deflectoras.
- 3 – Ânodo de alta tensão.
- 4 – Máscara de sombra.
- 5 – Detalhe da matriz de pontos coloridos RGB.

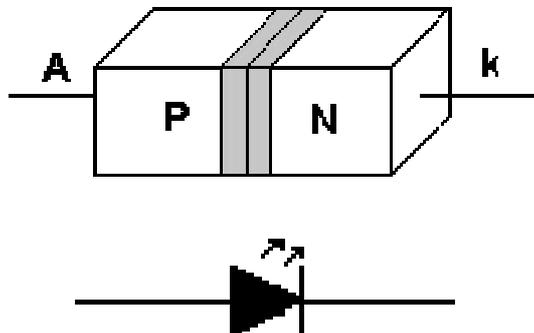


Painel de instrumentos TRC

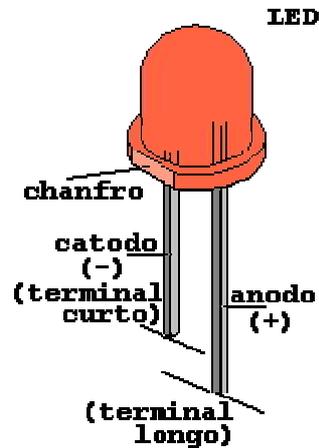
DÍODOS EMISSORES DE LUZ (LED)

Constituição

Um led é constituído por uma junção PN de material semicondutor e por dois terminais, o Ânodo (A) e o Cátodo (K). A cor da luz emitida pelo led depende do material semicondutor que o constitui.



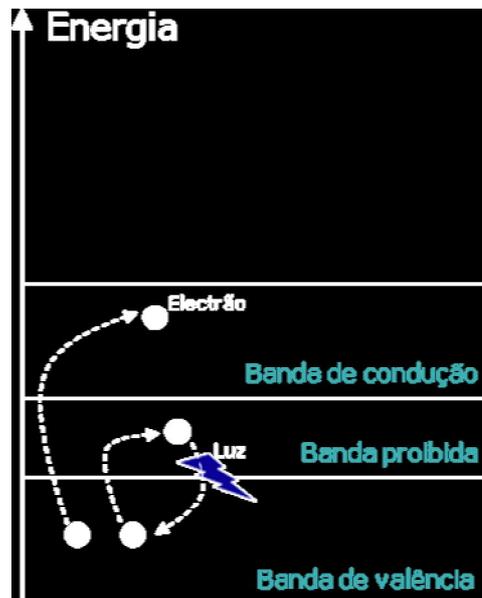
Símbolo do LED



Identificação visual da constituição dum LED

Funcionamento

Ao ser aplicada uma tensão que polariza directamente o led ocorre que muitos electrões não têm a energia suficiente para passarem da banda de valência à banda de condução, ficando na zona interdita ou proibida. Como não podem permanecer nessa zona voltam à banda de valência tendo para esse efeito de perder energia, o que fazem emitindo luz (fotões).



Tipos de LED

Quando à forma há leds de 3, 5, 8 e 10mm de diâmetro, cilíndricos, rectangulares, triangulares, etc. E quanto ao funcionamento existem LED:

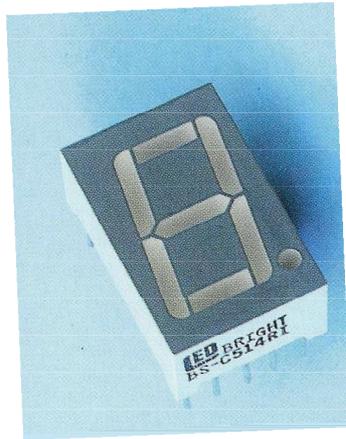
Bicolores - Constituídos internamente por dois led em anti-paralelo.

Tricolores - Constituído internamente por dois led (verde e vermelho) ligados com o cátodo comum.

Intermitentes - Têm internamente um mini circuito integrado que provoca a oscilação do led.

Aplicações

Os led são utilizados como elementos indicadores em calculadoras, aparelhos de medida, indicadores numéricos de receptores de rádio, etc. Fabricam-se individuais ou em conjunto (display de sete segmentos) podendo neste segundo caso representar qualquer caracter. O display de sete segmentos é constituído por díodos emissores de luz, tantos quantos os segmentos do display. Na figura pode ver-se um display constituído por sete segmentos (cada segmento corresponde a um led) e um ponto decimal (ou seja, é constituído por oito led).



Display de sete segmentos

DISPLAYS DE CRISTAIS LÍQUIDOS (LCD)

Generalidades

Durante os últimos anos os ecrãs de cristal líquido foram substituindo os LED, especialmente em dispositivos de apresentação alfanumérica e em equipamentos portáteis, pois entre outras vantagens os cristais líquidos consomem aproximadamente a milésima parte da corrente que os LED consomem. Por outro lado, o contraste com a luz forte melhora em lugar de piorar. Além disso, os LCD são muito versáteis, adoptando grande variedade de formas e tamanhos, inclusive podem chegar a ser transparentes. Outra das vantagens deste tipo de display é que cada dígito pode representar números ou caracteres alfanuméricos, de forma que podemos apresentar mensagens escritas e não apenas códigos numéricos.

Mas nem tudo são vantagens; os seus principais inconvenientes são o preço que, apesar da sua grande difusão, continua a ser elevado, e a dificuldade de utilização.

Constituição e Funcionamento

O ecrã de cristal líquido é formado por uma camada muito fina de cristal líquido, na ordem de 20 micras, situada entre duas superfícies planas de cristal sobre as quais são aplicados uns polarizadores ópticos que apenas permitem a transmissão da luz segundo um plano horizontal ou vertical. A camada de cristal líquido tem uma estrutura molecular cristalina que é capaz de mudar debaixo da influência de um campo eléctrico.

Segundo a direcção em que se organizem as moléculas, a camada de cristal líquido torna-se transparente ou reflectora, tornando visíveis determinadas zonas. A superfície interior das duas placas de cristal está coberta por uma camada condutora transparente constituindo os eléctrodos. Uma diferença de potencial aplicada entre eles cria um campo eléctrico que faz mudar a orientação das moléculas de cristal líquido. O alinhamento da estrutura cristalina é tal que a sua transparência não se altera até que se aplica uma voltagem. Quando circula uma corrente alterna entre dois eléctrodos, as moléculas de cristal dispõem-se horizontalmente na parte superior e verticalmente na parte inferior que não recebe corrente. A característica fundamental dos LCDs é o contraste, enquanto nos LED era o brilho.



Painel de instrumentos LCDs

"DATA BUSES" EM SISTEMAS DE AERONAVES E FIBRAS ÓPTICAS

ARINC

Para o correcto funcionamento de todos os sistemas eléctricos, é necessário um maior ou menor nível de integração na aeronave. Nos primeiros tempos, a integração dos sistemas em aeronaves era feita sistema a sistema, não requerendo um alto nível de integração com os restantes equipamentos. No entanto, com o passar dos tempos os sistemas foram aumentando de capacidade e de interdependência de outros sistemas. É o caso de sistema de armamento onde são necessários vários subsistemas: HUD (Head up Display), computador de armamento, computador de dados de ar (Air Data Computer) e sistema de radar. De modo a facilitar a integração dos sistemas de aviónicos, a aeronáutica civil criou os chamados ARINC (organização sem fins lucrativos localizada nos Estados Unidos da América), que são especificações para sistemas e equipamentos aviónicos. Foram desenvolvidos ARINCS para os seguintes exemplos: ADCS, sistema de atitude, inércia, comunicações rádio, etc.

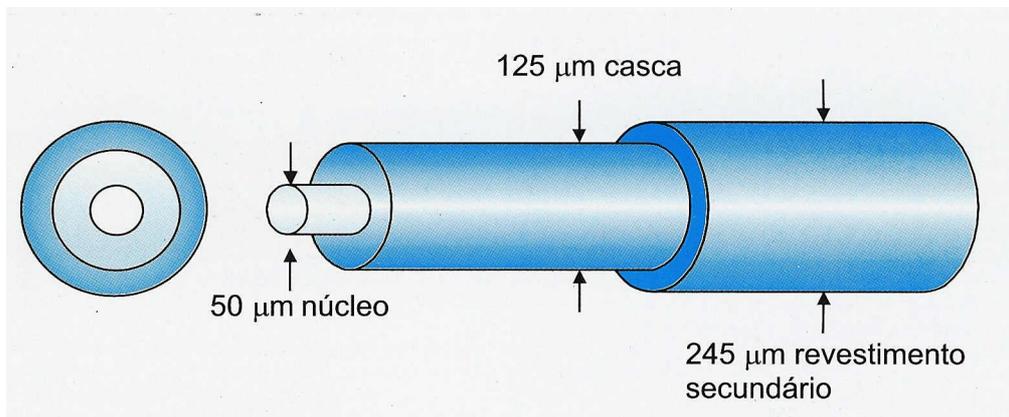
Os ARINCS definem, para além dos protocolos de comunicações, as dimensões dos vários equipamentos (ARINC 600 e DOD STD 1788). Assim, a implementação/concepção de dois sistemas pode ser totalmente diferente no entanto, ambos poderão satisfazer os requisitos ARINC no que respeita ao "form-fit-funtion" (dimensões, conectores, fixações, protocolos de comunicação). Por sua vez, os sistemas têm de satisfazer os requisitos no que respeita aos aspectos ambientais (temperatura, aceleração, choque e vibração) e também no que respeita ao chamado EMC/EMI (electromagnetic compatibility/ electromagnetic interference). Deste modo, o uso de equipamentos que obedecem à especificação ARINC garante a compatibilidade entre os vários sistemas, facilitando a sua identificação e obtendo fabricantes numa base mundial. Apesar de existir ARINCs que normalizam a integração dos sistemas, o facto de existir um elevado número de pontos de derivação (multiway plugs), conectores e cablagem, irá dar origem a uma fiabilidade geralmente baixa com o aparecimento de falhas intermitentes. O aparecimento de computadores e de sistemas de comunicação digitais veio facilitar a integração dos sistemas nas aeronaves com a vantagem de reduzir cablagem associada (peso e complexidade). Inicialmente, para reduzir o número de cablagem e interligações, foi usado o Time Division Multiplexer (TDM) para transmitir sinais entre unidades. O TDM permite que os sinais sejam transmitidos em canais, usando o mesmo meio de comunicação. Para cada canal de sinal, a informação é transmitida em série como um trem de impulsos digitais, durante um tempo de relógio bem definido (ciclo de relógio). No ciclo de relógio é transmitida a informação e o endereço do sinal, o receptor descodifica e distribui os sinais individuais. Deste modo, se há 30 sinais a serem enviados entre duas unidades, somente são necessários dois condutores para tal, quando é usado o princípio de multiplexagem. Noutra situação, seriam necessários, pelo menos, 60 condutores. Este é o caso da comunicação entre dois sistemas onde é usada a "link" de transmissão de informação, é o chamado "link" "A

para B". Conseguindo alargar o conceito apresentado anteriormente, é possível pôr em comunicação vários sistemas e subsistemas em comunicação. Deste modo, dá-se o aparecimento dos BUS de comunicação, os quais permitem a transferência de informação entre os vários sistemas que estão ligados entre si.

TRANSMISSÃO DE DADOS POR FIBRAS ÓPTICAS

Constituição

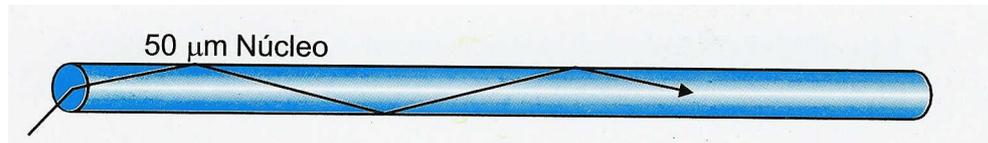
Uma fibra óptica é constituída por sílica ou plástico em forma cilíndrica, transparente e flexível, de dimensões microscópicas comparáveis às de um fio de cabelo. Esta forma cilíndrica é composta por uma zona central com um elevado índice de refração, chamado núcleo (core), e uma zona periférica onde o índice de refração é menor, chamado casca (cladding).



Fibra óptica

Funcionamento

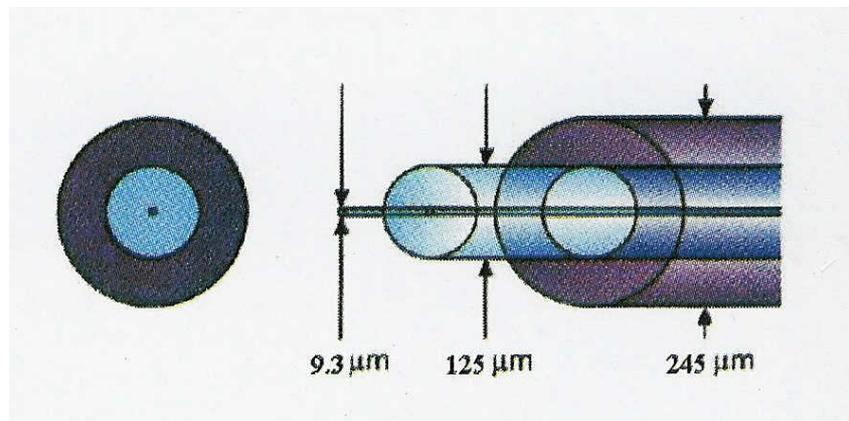
O sinal luminoso é transmitido para a fibra óptica sob a forma de impulso '0'/'1' representando uma sequência de símbolos binários. As ondas passam através do núcleo do cabo, que é coberto por uma camada chamada cladding. A refração do sinal é cuidadosamente controlada pelo desenho do cabo, os receptores e os transmissores. O sinal luminoso não pode escapar do cabo óptico porque o índice de refração no núcleo é superior ao índice de refração do cladding. Deste modo, a luz viaja através do cabo num caminho todo espelhado. Os transmissores ópticos são responsáveis por converter os sinais eléctricos em sinais ópticos que irão circular na fibra. A fonte óptica é modulada pela intensidade do sinal, através da variação da corrente eléctrica injectada no gerador óptico. A fonte óptica é um semiconductor que pode ser o laser ou um led. Os detectores de luz também chamados de foto detectores são responsáveis pela conversão dos sinais ópticos recebidos da fibra em sinais eléctricos correspondentes aos originais que são usados no terminal, computador ou modem. Os detectores mais utilizados são os fotodiodos, e os mais comuns são o PIN e o APD (Avalanche Photo Diode).



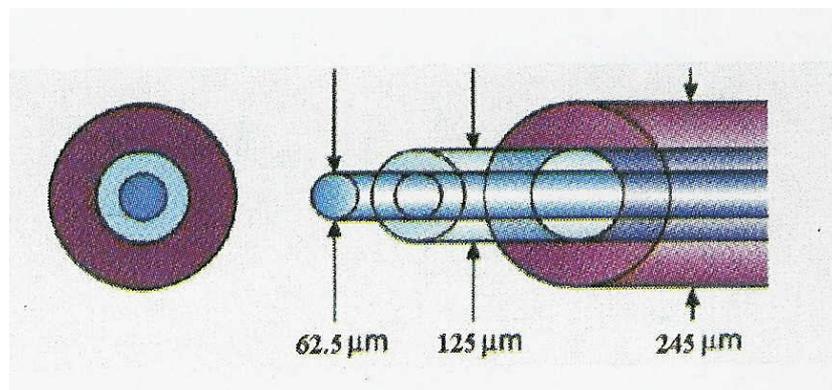
Tipos de fibras ópticas

Genericamente podemos considerar dois tipos de fibras ópticas: monomodo e multimodo.

Fibras monomodo – quanto mais fino é o núcleo da fibra, menos sensível é à diferença do trajecto entre os diferentes modos de propagação de luz. Se as dimensões do núcleo não ultrapassar alguns microns ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$) apenas há um modo de propagação. Estas fibras têm maior capacidade de transmissão que as do tipo multimodo. É a solução ideal para uma largura de banda quase infinita ($> 10 \text{ GHz.km}$). Contudo, o equipamento necessário é mais caro que o equipamento dos sistemas multimodo. Esta fibra óptica possui grande utilização nos sistemas telefónicos.



Fibras multimodo de índice gradual – O núcleo da fibra óptica é constituído por sucessivas camadas concêntricas com índices de refração diferentes o que provoca um acréscimo de velocidade de propagação dos raios luminosos na periferia do núcleo relativamente ao seu centro. Largura de banda típica: 200 – 1500 MHz/km.



Vantagens

A fibra óptica apresenta imensas vantagens, tais como grande capacidade de transmissão, insensibilidade às perturbações electromagnéticas, atenuações muito reduzidas, uso de cabos com diâmetros menores, mais leves e flexíveis, o que conduz a uma diminuição dos custos de colocação e montagem.

Desvantagens

Fragilidade das fibras ópticas: deve-se ter cuidado ao trabalhar com as fibras ópticas pois elas partem com facilidade.

Dificuldade de ligações das fibras ópticas: por serem de pequeníssima dimensão, exigem procedimentos e dispositivos de alta precisão na realização de ligações e junções.

Alto custo de instalação e manutenção.

As interfaces de fibra óptica são mais caras do que as interfaces eléctricas.

DISPOSITIVOS ELECTROSTÁTICO-SENSÍVEIS

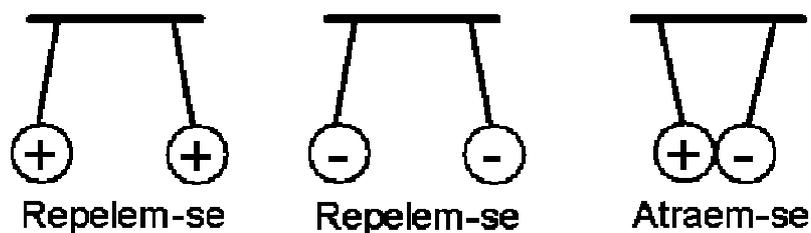
DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Generalidades

A electricidade estática é a carga eléctrica num corpo cujos átomos apresentam um desequilíbrio na sua neutralidade. O ramo da física que estuda os efeitos da electricidade estática é a Electrostática. O fenómeno da electricidade estática ocorre quando a quantidade de electrões gera cargas positivas ou negativas em relação à carga eléctrica dos núcleos dos átomos. Quando existe um excesso de electrões em relação aos prótons, diz-se que o corpo está carregado negativamente. Quando existem menos electrões que prótons, o corpo está carregado positivamente. Se o número total de prótons e electrões é equivalente, o corpo está num estado electricamente neutro. Existem muitas formas de "produzir" electricidade estática, uma delas é friccionar certos corpos, por exemplo, o bastão de âmbar, para produzir o fenómeno da electrização por fricção.

A produção de electricidade estática

A Electricidade Estática é produzida pela concentração de Cargas Eléctricas Negativas ou Positivas. Cargas Semelhantes Repelem-se mutuamente, Cargas Opostas Atraem-se mutuamente, (Fig. 2-1). Geralmente os objectos têm as mesmas quantidades de Cargas Positivas e de Cargas Negativas. O objecto é electrizado se existe uma ligeira diferença entre a quantidade dessas duas cargas. Em alguns materiais, tais como a pele e o cabelo, as cargas negativas são facilmente arrancadas. Mas também existem materiais, como o plástico, onde as cargas negativas estão firmemente presas. Se friccionar a Vareta de Plástico com a Pele, as Cargas Negativas são transferidas da Pele para a Vareta. A Vareta é negativamente electrizada e a Pele é positivamente electrizada.



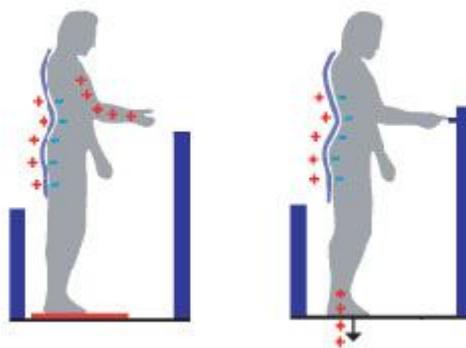
Cargas Similares Repelem-se e Cargas Opostas Atraem-se

TÉCNICAS DE MANUSEAMENTO E ARMAZENAMENTO

Generalidades

A acumulação de electricidade estática num ser humano resulta em descargas electrostáticas, que consistem na transferência de cargas electrostáticas entre corpos de diferentes potenciais, provocada por fricção entre

corpos ou por indução, com posterior contacto e afastamento. A intensidade deste fenómeno depende dos materiais que entram em contacto. Estas descargas, em situações normais, não constituem qualquer perigo, apenas o incómodo da sensação de choque. No entanto, em ambientes específicos, por exemplo em ambientes potencialmente inflamáveis, pode dar origem a incêndios e explosões; já na indústria electrónica pode danificar componentes electrónicos sensíveis a descargas electrostáticas provocando avarias ou alterações técnicas na sua vida útil.



Sem e com ligação à terra

O Risco

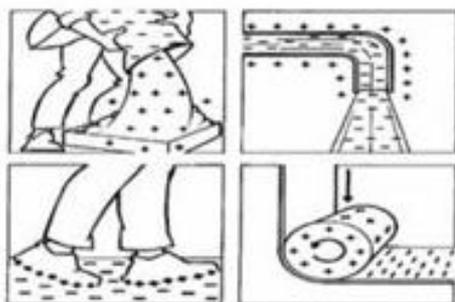
Considerando que os trabalhadores são uma grande fonte de carga estática no seu local de trabalho, o desenvolvimento ou geração de electricidade estática origina riscos no que diz respeito à formação de faíscas na proximidade de materiais explosivos ou inflamáveis. É neste âmbito que se enquadram os Equipamentos de Protecção Individual (EPI) com função de protecção à electricidade estática. Além dos riscos de incêndio e explosões, interferências electrónicas, descargas (choques), a formação de electricidade estática resulta em incómodos quanto à atracção e fixação do pó.

COMPONENTES DE PROTECÇÃO ANTI-ESTÁTICA DE MATERIAL E DE PESSOAL

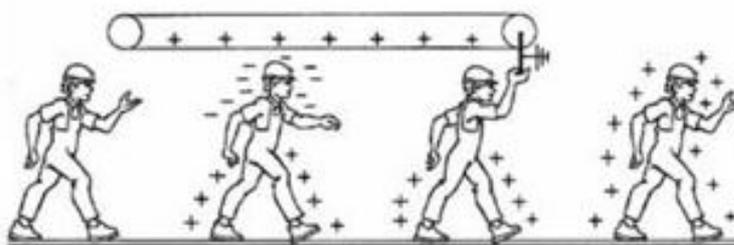
Generalidades

A protecção à electricidade estática é hoje encarada como uma medida de prevenção de riscos profissionais e pessoais. A formação de electricidade estática pode ocorrer por indução, contacto directo e posterior separação entre dois materiais ou por atrito. A natureza e a quantidade de electricidade estática dependem dos materiais geradores de carga envolvidos, bem como da humidade relativa do ar. Condições de humidade baixa podem gerar altos índices de cargas estáticas. O ser humano é um bom condutor e, se isolado da terra, pode acumular electricidade estática. São exemplos desta situação, o caminhar sobre um pavimento isolante e o contacto com materiais ou equipamentos com carga.

Exemplos de geração de cargas electrostáticas



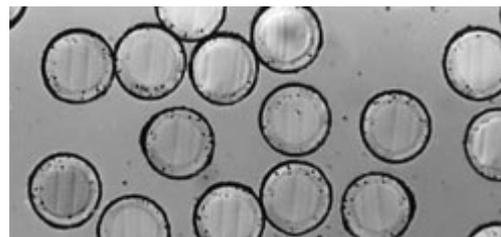
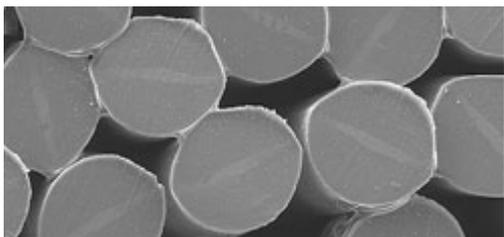
Geração de cargas electrostáticas em pessoas por indução



Exemplos de Geração de cargas electrostáticas

Prevenção contra a electricidade estática

A utilização de substratos têxteis com propriedades antiestáticas constitui uma medida preventiva de riscos, na medida em que limita o desenvolvimento da electricidade estática, favorecendo a sua dissipação e evacuação (ligação à terra). Estes materiais têm aplicação em várias áreas, como por exemplo aplicações industriais. A propriedade de protecção à formação de electricidade estática pode ser conferida aos substratos têxteis por acabamento ou ter origem na própria fibra/fio. Neste caso, os fios ou fibras com capacidade condutora, são incluídos nos tecidos, malhas ou não tecidos, permitindo-lhes captar e dissipar a electricidade estática. São muito utilizadas as fibras bicomponentes, constituídas por uma matriz (habitualmente poliéster ou poliamida), à qual é adicionado o material condutor, à superfície ou embutido no seu interior. Os materiais condutores mais utilizados são o carbono, as fibras ou monofilamentos metálicos, nomeadamente a prata.



A escolha do tipo de produto depende da área de aplicação e do nível de exigência de protecção associada

Legislação

Os Equipamentos de Protecção Individual (EPI) são dispositivos ou meios que sendo envergados ou manejados têm como objectivo a protecção do utilizador contra possíveis riscos de ameaça à sua saúde ou à sua segurança. A concepção e fabrico dos EPI devem obedecer às exigências essenciais de segurança e respeitarem os procedimentos adequados à certificação estabelecidos no Decreto-lei nº 128/93, de 22 de Abril com origem na Directiva Europeia 89/686/CEE de 21 de Dezembro de 1989. Os EPI são classificados em três categorias de acordo com o risco, correspondendo a procedimentos específicos, proporcionais ao risco, cumprindo as exigências da Directiva. A evidência deste cumprimento é feita através de um símbolo designado por marcação CE.



Pictograma aplicável a vestuário de protecção contra electricidade

AMBIENTE ELECTROMAGNÉTICO

EMC – COMPATIBILIDADE ELECTROMAGNÉTICA

Generalidades

A compatibilidade electromagnética é o ramo das ciências eléctricas que estuda a geração, transmissão e recepção não intencional de energia electromagnética, com referência aos efeitos indesejados (interferência electromagnética), que essa energia pode induzir. O objectivo da EMC é a correcta operação, no mesmo ambiente electromagnético de diferentes equipamentos, bem como a possibilidade de evitar qualquer efeito de interferência. Para alcançar este objectivo, a EMC segue dois diferentes tipos de matérias. A Emissão, que está relacionada com a geração de energia electromagnética indesejada, com as contra medidas que devem ser tomadas para reduzir esse tipo de geração e para evitar a fuga de todos as restantes energias para o ambiente externo. A Susceptibilidade ou Imunidade, pelo contrário, remetem para o funcionamento correcto do equipamento eléctrico, referido como a vítima, na presença de descargas electromagnéticas. Interferência, ou ruído, atenuação e, por conseguinte, a compatibilidade electromagnética é alcançada principalmente por abordar questões relativas à emissão e susceptibilidade, ou seja, enfraquecendo as fontes de interferência e fortalecendo as potenciais vítimas.

Controlo da EMC

O controlo da interferência electromagnética (EMI) e a garantia da compatibilidade electromagnética (EMC) inclui uma série de tópicos relacionados:

- Caracterizar a ameaça.
- Definir padrões para os níveis de emissão e susceptibilidade.
- Definir o cumprimento de normas.
- Testar o cumprimento de normas.

Para uma complexa peça de equipamento, isto pode requerer a produção de um plano de controlo EMC dedicado resumindo a aplicação do referido anteriormente e especificando documentos adicionais exigidos.

Caracterizar a ameaça

Caracterização do problema requer uma compreensão de:

A interferência fonte e sinal; O acoplamento caminha para a vítima; A natureza da vítima tanto electricamente e em termos do significado da avaria; O risco representado pela ameaça é geralmente de natureza estatística, assim grande parte do trabalho de caracterização e ameaça normas é baseada na redução da probabilidade de perturbador IME para um nível aceitável, e não garantiu a sua eliminação.

EMI – INTERFERÊNCIA ELECTROMAGNÉTICA

Generalidades

As interferências electromagnéticas são uma forma crescente de poluição ambiental. Os seus efeitos vão desde pequenas perturbações em recepção rádio até acidentes fatais devido a falha de sistemas críticos de controlo de segurança. Várias formas diferentes de interferência electromagnéticas podem causar um funcionamento inadequado em equipamentos electrónicos, interferir em sistemas vitais e até mesmo ter efeitos directos nos tecidos humanos. Como os sistemas electrónicos estão cada vez mais enraizados em todos os ramos da sociedade, os efeitos causados pelas interferências electromagnéticas terão tendência em aumentar.

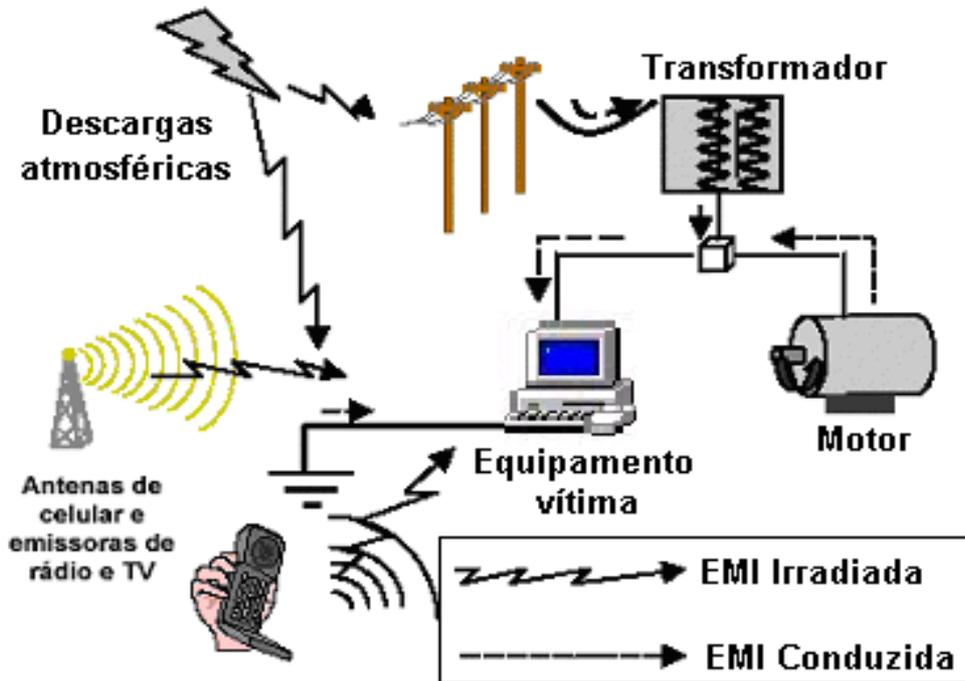
Interferências electromagnéticas

Uma interferência electromagnética é o processo em que a energia electromagnética perturbadora é transmitida de um dispositivo, equipamento, ou sistema por um outro irradiado no espaço livre ou conduzido por um condutor físico, que coloca em perigo ou degrada o funcionamento de um serviço de rádio navegação ou de segurança, ou que obstrui ou interrompe repetidamente um serviço licenciado de comunicação rádio. A cada vez maior utilização de sistemas rádio sejam eles civis ou militares, é uma realidade. Este facto implica um lógico aumento significativo do número de comunicações provocando um aumento do ruído de radiofrequência, degradando progressivamente a recepção de sinais rádio de baixa potência. Nos sistemas militares, a localização de diversos sistemas na mesma infra-estrutura, cria problemas de interferências em sistemas de transmissão/recepção de elevada complexidade. Um exemplo deste tipo de problemas é a interferência existente entre os sistemas de radar e os sistemas de recepção via satélite.

Causa e consequências das interferências electromagnéticas

Uma interferência electromagnética é um distúrbio provocado por circuitos internos dos equipamentos eléctricos e também por eventos naturais que atingem a rede eléctrica, causando uma resposta indesejada, mau funcionamento ou degradação da performance dos equipamentos. Durante a segunda guerra mundial foram relatados casos de interferências electromagnéticas devido ao uso de rádios, equipamentos de navegação e radares. Contudo, o facto mais significativo para o grande aumento de interferências foi a invenção de componentes electrónicos que hoje são muito utilizados, os transístores, circuitos integrados e microprocessadores processo em que a energia electromagnética é conduzido por um condutor físico, que coloca em perigo ou degrada o funcionamento de um serviço de rádio navegação ou de segurança, ou que obstrui ou interrompe repetidamente um serviço licenciado de comunicação rádio. Os chassis e os cabos dos equipamentos captam com muita facilidade a interferência electromagnética de outros equipamentos próximos e, os ruídos gerados, por apresentarem amplo espectro de frequências tornam bastante difíceis de serem filtrados. As interferências electromagnéticas podem ser responsáveis por diversos problemas em equipamentos electrónicos, dentro deles pode-se ter falhas na comunicação entre dispositivos de uma rede

de computadores, alarmes accionados sem motivo aparente, falhas ocasionais e que não seguem uma lógica, e ruídos eléctricos na alimentação. Para se entender como surge uma interferência electromagnética e as suas consequências tem se saber qual a fonte geradora dessa interferência, a forma como ela se propaga, a frequência que emite, o nível e energia irradiada e as fontes receptoras, vítimas de tal interferência.



Fontes emissoras e receptoras de interferências electromagnéticas.

Interferências Electromagnéticas Desejáveis

Nem todas as interferências electromagnéticas são indesejáveis. Com o desenvolvimento tecnológico dos nossos dias as interferências tornaram-se uma excelente arma tática utilizada em conflito de guerra.

Com a evolução dos tempos a rapidez com que uma informação é transmitida é característica do sucesso de uma missão e até mesmo da vitória numa batalha ou de uma guerra. Fazer com que o nosso inimigo não consiga transmitir informações faz com que nós ganhemos tempo para podermos tomar decisões e aplicar a nossa estratégia. Este tipo de acção é designado por guerra electrónica.

Não se sabe ao concretamente quando foi utilizada pela primeira vez conceitos de Guerra Electrónica mas sabe-se no entanto, que já em Maio de 1916, a Marinha Inglesa utilizou equipamentos de rádio para a detecção das ondas electromagnéticas inimigas. Os líderes da 2ª Guerra Mundial reconheceram que a Guerra Electrónica era vital para as operações militares e referiram que seria a habilidade e capacidade dos cientistas que iria desempenhar um papel decisivo no desfecho da 2ª Guerra Mundial. Com o aparecimento constante de novas armas, os Comandantes passam a depender, para o sucesso de uma operação, do equipamento electrónico disponível. Assim, a Guerra Electrónica tornou-se uma das considerações mais importantes a ter em conta na estratégia defensiva ou ofensiva. A Guerra Electrónica poderá ser definida como toda a acção militar que utiliza meios electrónicos para neutralizar os sistemas de comando e controlo

inimigos, actuando sobre as suas comunicações e sistemas electrónicos, enquanto assegura a integridade dos nossos próprios sistemas electrónicos.

Guerra electrónica

Compreende-se como guerra electrónica o conjunto de acções que utilizam a energia electromagnética para destruir, neutralizar ou reduzir a capacidade de combate do adversário, tentam tirar proveito do uso do espectro electromagnético pelo oponente e visam assegurar o emprego eficiente das emissões electromagnéticas próprias. A guerra electrónica pode ser ramificada conforme os seus objectivos em três grupos. As medidas de apoio de guerra electrónica, as medidas de ataque electrónico e as medidas de protecção electrónica. As medidas de apoio de guerra electrónica tem com objectivo obter dados e informações a partir das emissões electromagnéticas de interesse que são utilizadas pelo oponente. As medidas de ataque electrónico compreendem acções para impedir ou atenuar o uso ofensivo do espectro electromagnético pelo oponente, assim como destruir, neutralizar e degradar a capacidade do oponente utilizando energia electromagnética ou armamento que utilize a emissão intencional do alvo se guiar. As medidas de protecção electrónica procuram assegurar o uso efectivo do espectro electromagnético pelas forças aliadas, para que as interferências não intencionais e as acções de guerra electrónica desenvolvidas pelo oponente não signifiquem um prejuízo.

HIRF – CAMPO IRRADIADO DE ALTA INTENSIDADE

Generalidades

Nos últimos anos, os avanços e crescimento de comunicações rádio e outras tecnologias electrónicas têm introduzido na ambiente operacional um fenómeno conhecido como Campo Irradiado de Alta Intensidade (High Intensity Radiated Fields - HIRF). Existem mais de 500.000 emissores nos E.U.A. e Europa Ocidental que contribuem para o ambiente electromagnético. As aeronaves estão expostas a ambientes HIRF que emanam de transmissores de frequência de rádio e televisão de alta potência, transmissores de ligação a radares e satélites, e grandes sistemas de comunicações por micro-ondas. Os sistemas eléctricos e electrónicos estão rapidamente a substituir os dispositivos mecânicos nas aeronaves, ao desempenhar funções nos sistemas de navegação e de controlo de voo que são necessárias para a continuidade da segurança de voo e da aterragem da aeronave. Certas funções básicas, como motores e comandos de voo podem tornar-se inoperacionais sem os seus sistemas de controlo electrónico. A pesquisa indica que os sistemas eléctricos e electrónicos da aeronave que executam funções críticas, podem não ser capazes de resistir a campos electromagnéticos gerados pelas HIRF e podem tornar-se inoperacionais. Apesar do facto de que não tenha ocorrido nenhum acidente aéreo, em aeronaves da categoria de transporte, atribuído às HIRF, a susceptibilidade dos sistemas eléctricos e electrónicos das aeronaves a um erro ou avaria quando exposta às HIRF apresenta uma ameaça para os sistemas de segurança da aviação.

RELÂMPAGO/PROTECÇÃO CONTRA RELÂMPAGOS

Relâmpagos

As principais consequências das descargas eléctricas atmosféricas (raios) são a luz (relâmpago) e o som (trovão). Os relâmpagos são produzidos basicamente pela radiação electromagnética emitida por electrões que, após serem excitados pela energia eléctrica, retornam a seus estados fundamentais. Isto ocorre principalmente na descarga de retorno e por esta razão, no caso da descarga nuvem-solo, a geração da luz é feita de baixo para cima. Um relâmpago é uma corrente eléctrica muito intensa que ocorre na atmosfera com duração de meio segundo e trajectória com comprimento de 5-10 quilómetros. Ele é consequência do rápido movimento de electrões de um lugar para outro. Os electrões movem-se tão rápido que fazem o ar em seu redor iluminar-se, resultando num clarão, e aquecer-se, resultando num som (trovão).

Os relâmpagos podem atingir as pessoas directamente. Esse acidente deve-se ao efeito directo do relâmpago. Mesmo que as hipóteses de sobrevivência sejam pequenas (cerca de 1 para 1 milhão), é necessário que existam cuidados contra esses acidentes. A maioria das mortes e tragédias ocorrem pelos efeitos indirectos, que acontecem nas proximidades do local de queda de um relâmpago. Os efeitos fisiológicos da corrente eléctrica associados aos relâmpagos dependem muito da área do corpo atingida e de outras condições no momento do acidente. Geralmente, a corrente dá origem a queimaduras graves, danos no coração, nos pulmões, no sistema nervoso central, paragens cardíacas, respiratórias e sequelas psicológicas, como diminuição da capacidade de raciocínio e distúrbios do sono. Não há nenhum método conhecido que evite a ocorrência de um relâmpago. Podemos perguntar para quê o uso dos sistemas de protecção se eles realmente não protegem. Na verdade, o sistema tenta "atrair a atenção" da descarga e não, impedir que ela aconteça.

Protecção contra relâmpagos

Contra as perigosas descargas atmosféricas foram desenvolvidos muitos aparelhos, sendo o pára-raios o mais conhecido. A invenção dos pára-raios permitiu maior segurança contra as descargas atmosféricas. Ele faz parte do que hoje se chama de sistema de protecção. Esses sistemas foram feitos para proteger construções e os seus ocupantes dos efeitos da electricidade dos relâmpagos. Ele cria um caminho, com um material de baixa resistência eléctrica, para que a descarga entre ou saia pelo solo com um risco mínimo para as pessoas presentes no local.

As regras de protecção pessoal são um conjunto de medidas, baseadas em conceitos da Física, com o mesmo objectivo dos sistemas de protecção. Durante uma tempestade é geralmente recomendado que não se saia de casa e que não se permaneça nas ruas. Em casa, as hipóteses de que ocorram acidentes diminuem, devido aos prédios, árvores e outras residências com protecção, que são mais atractivos para as descargas. Em casa, não se deve usar o telefone, com excepção do tipo "sem fios", nem nos devemos aproximar de objectos metálicos (janelas, grades ou tomadas). Os electrodomésticos devem ser desligados da rede eléctrica. Estas directrizes evitam os efeitos indirectos das descargas, pois a boa condutividade dos materiais presentes nesses objectos podem provocar acidentes. Se estivermos impossibilitados de sair da

rua, então devemos evitar segurar objectos metálicos, como tripés, varas de pesca ou guarda-chuvas. Não se devem lançar papagaios ou aviões com fio. Franklin, por pura sorte, escapou da morte na sua experiência com a pipa. Andar a cavalo também é uma actividade de risco. O cavaleiro comporta-se como uma ponta e poderá atrair o raio. Não se deve nadar. Os relâmpagos ocorrem nessas superfícies, ao contrário do que se pensa. Alguns locais podem servir de esconderijos numa tempestade: autocarros, veículos fechados metálicos, prédios e moradias com protecção, construções com estrutura metálica, barcos e navios metálicos fechados, abrigos subterrâneos, como túneis e metros, vales, desfiladeiros ou depressões no solo. Nunca se deve ficar no interior de barracas e tendas, que facilmente se incendiam ou se destroem pela força da descarga, sequer próximo a linhas de energia eléctrica ou árvores isoladas. As últimas regras relacionam-se com os locais onde é extremamente perigoso permanecer, como, por exemplo, cordilheiras, prédios, áreas abertas (como campos de futebol), estacionamentos abertos, campos de ténis, linhas aéreas, linhas telefónicas e linhas de energia eléctrica. Quando não for possível realizar nenhum dos procedimentos acima citados, ainda há uma forma de escapar a um acidente. Momentos antes de ocorrer a descarga, as pessoas que estejam perto de alguns destes locais, sentem os pêlos a se eriçarem ou comichão na pele, estes são alguns indícios de actividade eléctrica. Antes de tudo não devemos entrar em pânico, aquilo que podemos fazer é adoptar a seguinte posição: ajoelhado, curvado para frente, com as mãos colocadas nos joelhos e a cabeça entre eles. Ao adoptarmos esta posição, imitamos uma esfera e não uma ponta, como na posição de pé. Jamais, em caso algum nos devemos deitar no chão, pois a descarga atingirá directamente essa superfície.

CONTROLO DA GESTÃO DE SOFTWARE

REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE

Aplicação

As regras do ar aplicam-se às aeronaves que ostentarem as marcas de nacionalidade e de registo dos Estados contratantes, onde quer que se encontrem, desde que não contrariem as regras publicadas pelo Estado que tem jurisdição sobre o território sobrevoado. Em resumo: Deve cumprir as regras do ar, mais as regras adicionais que vigorarem no espaço aéreo do território que sobrevoar.

Responsabilidade

O Comandante de uma aeronave tem autoridade absoluta para decidir da utilização da mesma, enquanto a tiver sob o seu comando. Antes de voo o piloto comandante de uma aeronave deve inteirar-se de todas as informações disponíveis, úteis ao voo planeado. Para voos que saiam da vizinhança do aeródromo e para todos os voos IFR, a acção antes de voo compreenderá o estudo atento das mais recentes observações e previsões meteorológicas disponíveis, tendo em consideração as necessidades de combustível e a possibilidade de alternar, no caso do voo não se poder efectuar conforme previsto. A bordo da aeronave, o piloto comandante de uma aeronave, quer esteja ou não a pilotar, é responsável pela condução, de acordo com as regras do ar, salvo quando circunstâncias excepcionais exigirem procedimentos diferentes por razões de segurança. Ninguém deve pilotar uma aeronave ou exercer funções de membro de tripulação de voo sob a influência de bebidas alcoólicas ou de quaisquer narcóticos ou drogas susceptíveis de comprometer o seguro desempenho das suas funções. Um membro de tripulação de voo, neste caso, deve, sempre, notificar o médico (de preferência da Companhia), antes de iniciar um voo. Nenhuma aeronave deve ser conduzida de forma negligente ou imprudente que possa constituir perigo para a vida ou bens de terceiros. Salvo por necessidade de descolagem e aterragem ou com permissão da autoridade competente, uma aeronave deve sobrevoar zonas urbanas e outros aglomerados de grande densidade, ou concentrações de pessoas ao ar livre, a uma altura que, em caso de emergência lhe permita aterrar sem demasiado risco para as pessoas ou bens à superfície. Os níveis de cruzeiro a que um voo ou parte de um voo deve ser conduzido serão expressos em:

- a) Nível de cruzeiro, no caso de voos no ou acima do nível de voo mais baixo utilizável ou, onde for aplicável, acima da altitude de transição.
- b) Altitude, no caso de voos abaixo do nível de voo mais baixo utilizável ou, onde for aplicável, na ou abaixo da altitude de transição.

Outras Situações Restritivas

Nada será lançado, mesmo em estado pulverizado, de uma aeronave em voo, salvo nas condições prescritas pela autoridade competente e da maneira indicada nas informações, recomendações e/ou autorizações aplicáveis, emanadas pelo órgão de tráfego aéreo apropriado. Nenhuma aeronave deve rebocar objectos ou outras aeronaves, salvo nas condições prescritas pela autoridade competente e da maneira indicada nas informações, recomendações e/ou autorizações aplicáveis, emanadas pelo órgão de tráfego aéreo apropriado. Nenhuma aeronave deve efectuar manobras acrobáticas, salvo nas condições prescritas pela autoridade competente e da maneira indicada nas informações, recomendações e/ou autorizações aplicáveis, emanadas pelo órgão de tráfego aéreo apropriado. As aeronaves, apenas, deverão voar em formação, se os seus pilotos tiverem efectuado pré-arranjos e, para voos de formação em espaço aéreo controlado, se estiverem de acordo com as condições prescritas pela autoridade ATS apropriada. Estas condições deverão incluir o seguinte:

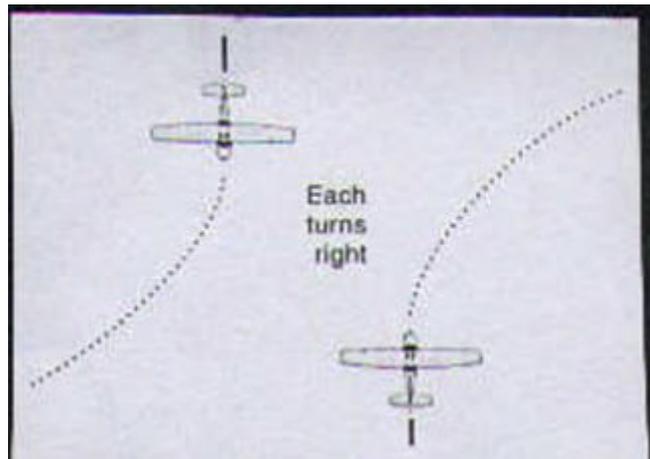
- a) A formação operará como sendo uma única aeronave, no que diz respeito à navegação e aos reportes de posição;
- b) A separação entre as aeronaves em voo deverá ser da responsabilidade do comandante da formação e dos pilotos aos comandos das outras aeronaves, e deverá incluir os períodos de transição quando as aeronaves estiverem a efectuar manobras para obterem a própria separação dentro da formação, e durante a reunião e a separação;
- c) Deverá ser mantida uma distância por cada aeronave em relação ao comandante da formação, não devendo exceder 0.5 NM, lateral e longitudinalmente, e 100 ft, verticalmente.

Competirá a cada Estado regulamentar a utilização do espaço aéreo por balões, asas delta e ultraleves. O regulamento sobre regras do ar, relativamente à utilização do espaço aéreo por balões livres não tripulados, está contido no Apêndice 4, Anexo 2 ICAO. O regulamento respeitante às aeronaves ultraleves de desporto e recreio está descrito na portaria no 332/90 de 2 de Maio de 1990. Nenhuma aeronave deve sobrevoar áreas restritas, perigosas e espaços temporariamente reservados cujos detalhes tiverem sido devidamente difundidos, salvo em conformidade com as respectivas restrições ou com permissão do Estado sobre cujo território essas áreas forem estabelecidas. Um espaço aéreo de tipo área restrita, área perigosa ou espaço temporariamente reservado pode ser sobrevoado, dentro dos seus limites verticais e laterais, desde que não esteja activado. Em nenhuma circunstância um espaço aéreo de tipo área proibido pode ser sobrevoado.

Prevenção de Colisões

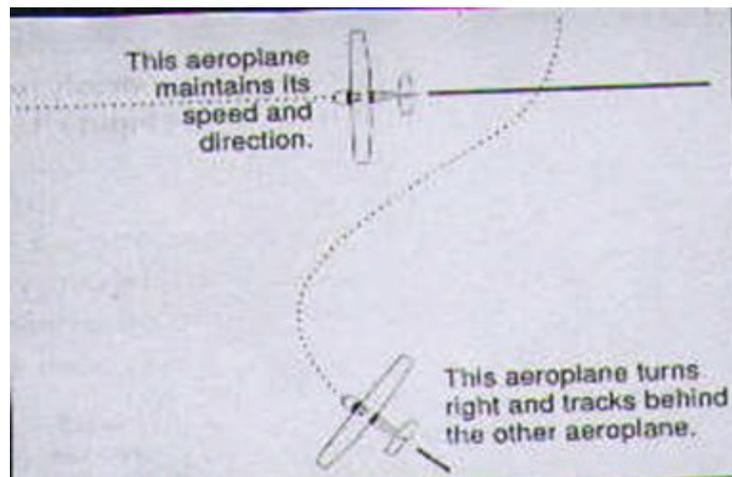
É importante manter-se a bordo de uma aeronave em voo uma vigilância permanente a todo e qualquer risco de colisão, não obstante o tipo de voo ou a classe de espaço aéreo que estiver a utilizar, assim como quando operar na área de movimento de um aeródromo. Uma aeronave não deve operar tão próximo de outra que daí possa resultar risco de colisão. As aeronaves não devem voar em formação, salvo acordo prévio. A aeronave que tiver prioridade de passagem deve manter o rumo e a velocidade, mas as presentes regras de modo algum dispensam o piloto comandante da obrigação de tomar as medidas mais convenientes para evitar uma colisão, incluindo manobras para evitar colisões baseadas nas resoluções

fornecidas pelos equipamentos ACAS. A aeronave que, de acordo com as presentes regras, tiver obrigação de dar livre passagem a outra, não deve passar-lhe por cima, por baixo ou pela frente, salvo a distância conveniente, e tendo em conta os efeitos da turbulência aerodinâmica ou de rasto. Quando duas aeronaves se aproximarem de frente, ou quase de frente, e houver perigo de colisão, ambas devem desviar-se para a sua direita.



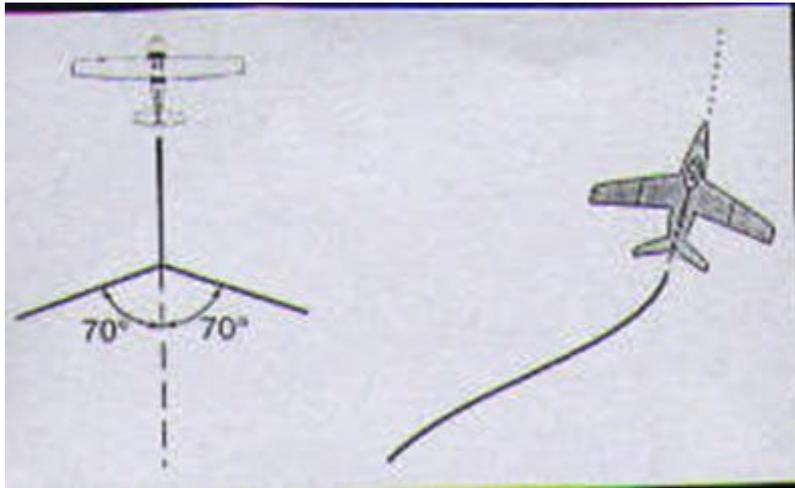
Quando duas aeronaves seguirem rotas convergentes, sensivelmente ao mesmo nível, aquela que vir a outra à sua direita deve dar-lhe passagem, salvo nos seguintes casos:

- a) As aeronaves com motor devem dar passagem aos dirigíveis, planadores e balões.
- b) Os dirigíveis devem dar passagem aos planadores e balões.
- c) Os planadores devem dar passagem aos balões.
- d) As aeronaves com motor devem dar passagem às que rebocarem outras aeronaves ou objectos.



Considera-se que uma aeronave ultrapassa outra quando dela se aproximar pela retaguarda, segundo uma trajectória que forme um ângulo inferior a 70° com o plano de simetria desta última, isto é, numa posição tal em relação à aeronave da frente, que não lhe permita avistar, durante a noite, qualquer das luzes de posição da esquerda (bombordo) ou direita (estibordo). A aeronave a ser ultrapassada tem prioridade de passagem, e a que ultrapassar, quer esteja a subir, a descer ou em voo horizontal, afastar-se-á da

trajectória da outra, desviando-se para a direita. Nenhuma alteração subsequente da posição relativa das duas aeronaves dispensa a aeronave que ultrapassar destas obrigações, até que tiver completado a ultrapassagem e se haja distanciado.

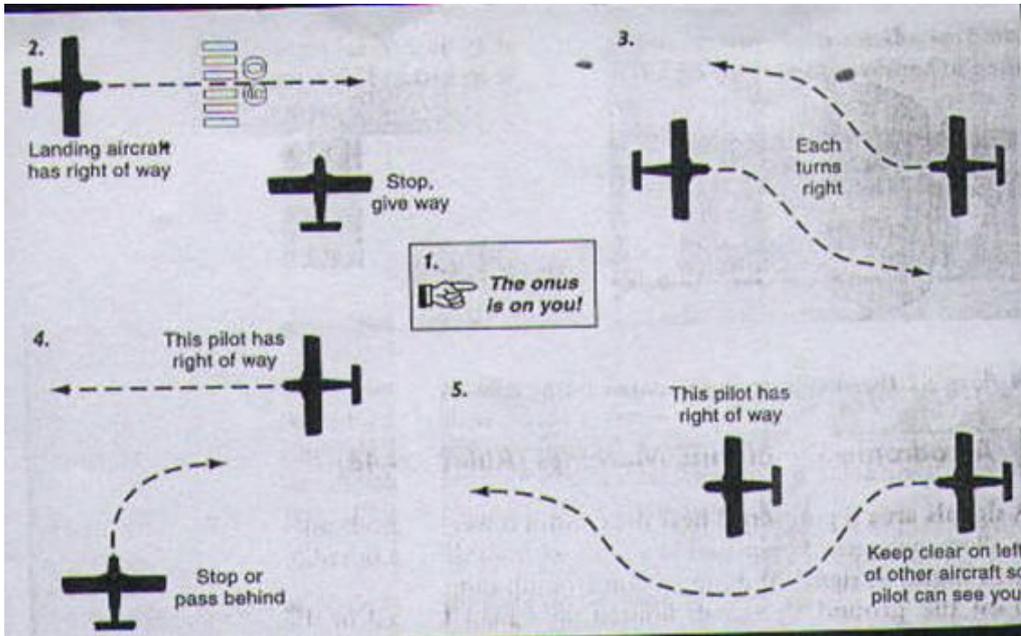


As aeronaves em voo ou operando em terra ou na água, devem dar passagem às que estiverem a aterrar ou na última fase de aproximação. Quando duas ou mais aeronaves se aproximarem de um aeródromo para aterrar, as que se encontrarem a nível mais alto devem dar passagem às que estiverem a nível mais baixo, mas estas últimas não devem aproveitar-se desta regra para se colocarem à frente de outra que estiver na última fase de aproximação, nem para a ultrapassar. Todavia as aeronaves com motor devem dar passagem aos planadores. Uma aeronave que tiver conhecimento de que outra é forçada a aterrar deve dar-lhe passagem. Uma aeronave em rolagem na área de manobra de um aeródromo dará passagem a aeronaves a descolar ou preparando-se para descolar

Em caso de perigo de colisão entre duas aeronaves em rolagem na área de movimento de um aeródromo, aplica-se o seguinte:

- a) Quando duas aeronaves se aproximarem de frente, ou quase de frente, ambas devem parar ou, se for praticável, devem desviar-se para a direita de modo a manterem-se bem afastadas.
- b) Quando duas aeronaves seguirem percursos convergentes, aquela que vir a outra à sua direita deve dar-lhe passagem.
- c) Uma aeronave a ser ultrapassada tem prioridade de passagem e a que ultrapassar manter-se-á bem afastada da outra aeronave.

Uma aeronave em rolagem na área de manobra deverá parar e aguardar em todas as posições de espera na rolagem (taxi-holding positions), excepto quando autorizado em contrário pelo órgão de controlo de aeródromo. Uma aeronave em rolagem na área de manobra deverá parar e aguardar em todas as barras de paragem (stop bars) acesas, podendo prosseguir quando as luzes (vermelhas) forem apagadas.



Iluminação externa das aeronaves

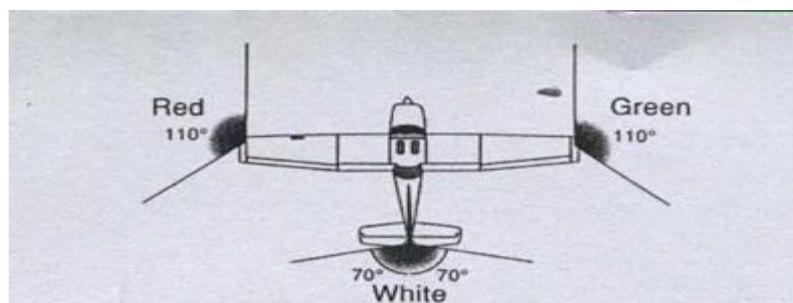
Entre o pôr e o nascer do sol ou durante qualquer outro período fixado pela entidade ATS competente, todas as aeronaves em voo devem usar:

- Luzes anti-colisão (geralmente luzes vermelhas intermitentes ou luzes brancas intermitentes de alta intensidade) com a finalidade de chamar à atenção;
- Luzes de posição com o propósito de indicar a trajetória da aeronave em relação a um observador.

Não devem ser usadas quaisquer outras luzes que possam confundir-se com estas.

As luzes instaladas com outros propósitos, como sejam as luzes de aterragem e de iluminação de fuselagem podem ser usadas em conjunto com as luzes anti-colisão para tornar a aeronave mais visível.

As luzes de posição são, também, vulgarmente conhecidas por luzes de navegação.



Controlo de Tráfego Aéreo

Autorização de controlo de tráfego aéreo, antes de se iniciar um voo controlado, ou parte de um voo como voo controlado, deve obter-se uma autorização de controlo de tráfego aéreo. Tal autorização será pedida por meio da apresentação de um plano de voo a um órgão de controlo de tráfego aéreo.

Um plano de voo pode cobrir somente parte de um voo ou cobrir as manobras sujeitas a controlo de tráfego aéreo. Uma autorização pode aplicar-se somente a parte de um plano de voo em vigor, de acordo com o limite da autorização ou por referência a determinadas manobras, tais como rolagem, aterragem ou descolagem. O piloto comandante de uma aeronave que considerar insatisfatória uma autorização de controlo de tráfego aéreo pode solicitar uma nova autorização, convenientemente modificada, a qual, na medida do possível, lhe deve ser dada. Sempre que uma aeronave pedir uma autorização que envolva prioridade, deve apresentar um relatório justificativo do pedido de prioridade, se tal for solicitado pelo órgão de controlo de tráfego aéreo apropriado.

SISTEMAS ELECTRÓNICOS/DIGITAIS TÍPICOS DE AERONAVES

ACARS – “ARINC COMMUNICATION AND ADDRESSING AND REPORTING SYSTEM”

Aircraft Communications Addressing e Reporting System (ou ACARS) é um sistema de ligação digital para transmissão de pequenas mensagens entre as aeronaves e as estações terrestres via rádio ou satélite. O protocolo, que foi desenvolvido pela ARINC para substituir o serviço de voz VHF implantado em 1978, usa formatos telex.

ECAM – “ELECTRONIC CENTRALISED AIRCRAFT MONITORING”

Introdução

Primeiro introduzido pela empresa Airbus na aeronave A320, é um sistema que monitoriza as funções da aeronave e transmite-as para os pilotos. Também produz mensagens detalhando falhas e, em certos casos, as listas de procedimentos para corrigir o problema.

Funcionamento

O sistema ECAM é semelhante a outro sistema, conhecido como EICAS (Engine Indicating and Crew Alerting System), utilizado pela Boeing, que mostra os dados e erros relativos aos vários sistemas da aeronave. A Airbus desenvolveu o sistema ECAM de tal forma que, não só efectua as funções do EICAS, mas também indica as medidas correctas a serem tomadas pelo piloto, além disso indica as limitações da aeronave após os erros terem acontecido. Usando um código de cores os pilotos podem instantaneamente avaliar a situação e decidir sobre as acções a serem tomadas. O sistema ECAM após ter sido instalado na aeronave A320 começou a ser instalado em todas as aeronaves produzidas pela Airbus. Foi desenvolvido para auxiliar o piloto em situações anormais e de emergência, concebendo um cockpit no qual todos os procedimentos estão disponíveis instantaneamente.

O Sistema ECAM

O sistema ECAM é na realidade uma série de sistemas desenvolvidos para trabalhar em uníssono e enviar informações aos pilotos, de um modo rápido e eficaz. Existem vários sensores colocados por toda a aeronave, que verificam parâmetros padrão e enviam os seus dados para dois SDACs (System Data Acquisition Concentrator), que, por sua vez, processam a informação e enviam-na para dois FWCs (Flight Warning Computers). Os FWC verificam as diferenças entre os dados e de seguida mostram-nos nos displays

da ECAM através de três DMC (Display Management Computers). Na eventualidade de uma falha, os FWC produzem as mensagens de aviso e sons apropriadas. Os sistemas mais vitais são encaminhados directamente através dos FWC para que essas falhas possam ser detectadas na mesma, mesmo com a perda de ambos os SDAC. Todo o sistema pode continuar em funcionamento mesmo com a falha de um SDAC e um FWC.

As falhas são classificadas pela importância, variando de falhas nível 1 a falhas nível 3. Em caso de falhas simultâneas a falha mais crítica é apresentado em primeiro lugar. A hierarquia de avisos é a seguinte:

- Falha nível 3 – Aviso vermelho, situações que requerem a atenção imediata da tripulação e que colocam o voo em perigo. Estas falhas são anunciadas com uma luz vermelha de aviso principal, uma mensagem de alerta (vermelha) no ECAM e, ou um sinal sonoro contínuo repetitivo ou um som específico ou o som de uma voz artificial.
- Falha nível 2 – Aviso laranja, são falhas que necessitam da atenção da tripulação, mas não é necessário tomar medidas imediatas pois não têm consequência directa para a segurança do voo, são indicados à tripulação através de uma luz laranja de aviso principal e uma mensagem de alerta (laranja) no ECAM.
- Falha nível 1 – Avisos, erros e falhas que levam à perda de um sistema de redundância, requerem acompanhamento mas não apresentam perigo, estas falhas são anunciadas por uma mensagem de alerta (laranja) no ECAM.

EFIS – “ELECTRONIC FLIGHT INSTRUMENT SYSTEM”

Os sistemas EFIS são o desenvolvimento natural do modo de apresentar, de uma forma lógica e ergonómica, toda a informação actualmente disponível para pilotar uma aeronave do tipo comercial ou militar, apresentando os dados de voo provenientes do FMS. O Electronic Flight Instrument System (EFIS) do qual fazem parte os Electronic Flight Display (EFD) é uma evolução dos anteriormente denominados Head Down Display (HDD). Estes, por sua vez, tiveram origem nos ecrãs de Radar, aplicados à apresentação de outro tipo de informações que não às suas imagens. Actualmente, e fruto do rápido desenvolvimento destes sistemas, há uma grande variedade deste tipo de indicadores a começar pelas denominações, tecnologias de fabrico, dimensões, aplicações, monocromáticos ou policromáticos, diferentes capacidades etc. Vamos unicamente abordar os sistemas usados como Primary Flight Display (PFD), também chamados Electronic Attitude Director Indicator (EADI), e os Navigation Display (ND) ou Electronic Horizontal Situation Indicator (EHSI) que como o nome indicia são os substitutos directos dos indicadores que conhecemos como ADI's e HSI's. Desta exposição, poder-se-á extrapolar para as restantes aplicações. Estes equipamentos têm vindo gradualmente a substituir os vulgares indicadores electromecânicos, totalmente adaptados às novas tecnologias digitais e sistemas de computação (FMS, NMS, FC etc.), mostrando-se mais fiáveis e tendo a capacidade de apresentar a informação de uma forma mais legível, atribuindo cores por funções e/ou graus de prioridade. Permitem, ainda, associar vários tipos de indicações, onde para as quais antes eram

necessários diferentes instrumentos, dando ao piloto a percepção de diversas informações numa única área.

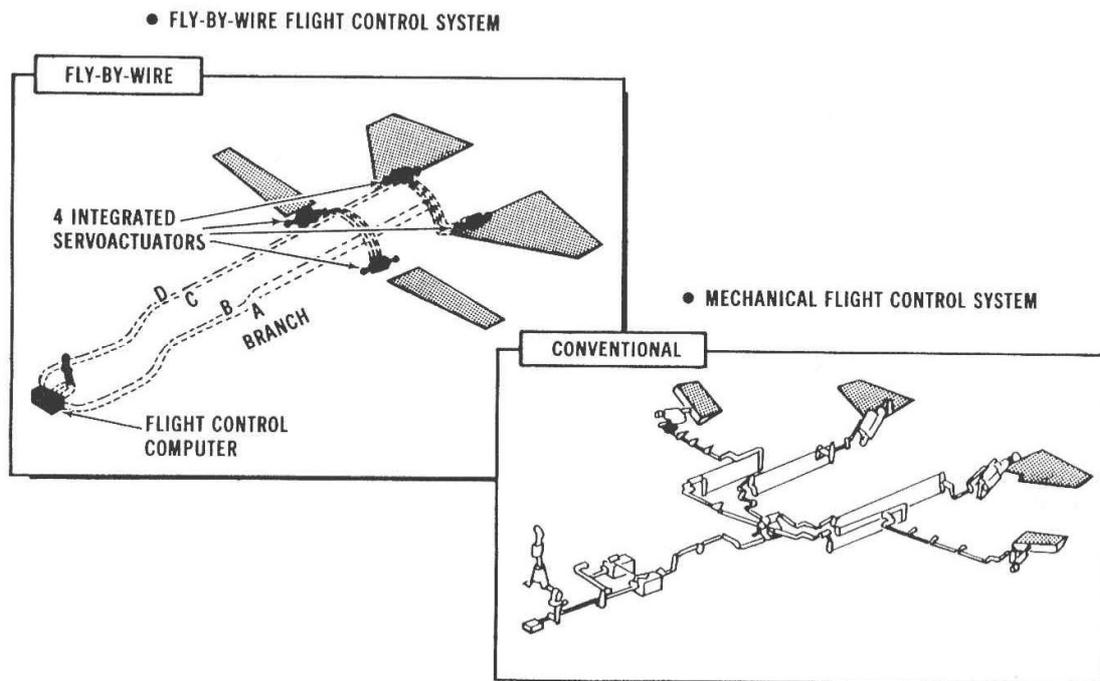


A denominação PFD ou ND é meramente funcional pois os indicadores são fisicamente idênticos, variando apenas o tipo de informação apresentada. Podem, assim, ser denominados genericamente como Multi Function Display (MFD) necessitando unicamente de um painel de controlo, ou ter associado teclas laterais (bezel keys), para selecção do modo/tipo de apresentação desejada. Basicamente, o conceito consiste no de o hardware ser todo igual e a informação visualizada depender unicamente do processamento do computador. Este facto dá uma enorme flexibilidade a estes indicadores, podendo o utilizador visualizar 'o que quiser, onde quiser'. As vantagens ao nível da redundância dos sistemas e da logística são também evidentes.

FBW – “FLY BY WIRE”

Generalidades

Os sistemas de controlo de voo mecânicos e hidráulicos são pesados e exigem um cuidadoso encaminhamento de cabos através da aeronave utilizando manivelas, fios, comandos e tubos hidráulicos. Ambos os sistemas exigem muitas vezes sistemas secundários redundantes para atender a situações de mau funcionamento do sistema principal, o que novamente aumenta peso. Além disso, ambos os sistemas têm uma capacidade limitada para compensar a mudança das posições aerodinâmicas. Certas posições podem colocar a aeronave em perigo como por exemplo em perda ou em auto-rotação, estas situações dependem principalmente da estabilidade e da estrutura da aeronave e não do sistema de controlo por si só. Ao utilizar circuitos eléctricos de controlo, combinado com computadores, os construtores podem diminuir o peso, aumentar a fiabilidade, e utilizar os computadores para atenuar as indesejáveis características mencionadas acima. Os sistemas avançados fly-by-wire também são utilizados para controlar aeronaves de combate modernas que de outra maneira seriam instáveis. As palavras "Fly-by-Wire" implicam um sistema de controlo por sinais eléctricos. No entanto, o termo é geralmente utilizado no sentido de controlos accionados por computador, onde um sistema de computador é intermediário entre o piloto e o controlo final dos actuadores ou das superfícies. Isto é, as acções do piloto são alteradas de acordo com parâmetros de controlo de voo, estes são cuidadosamente desenvolvidos e validados a fim de produzir o efeito operacional desejado sem comprometer a segurança.



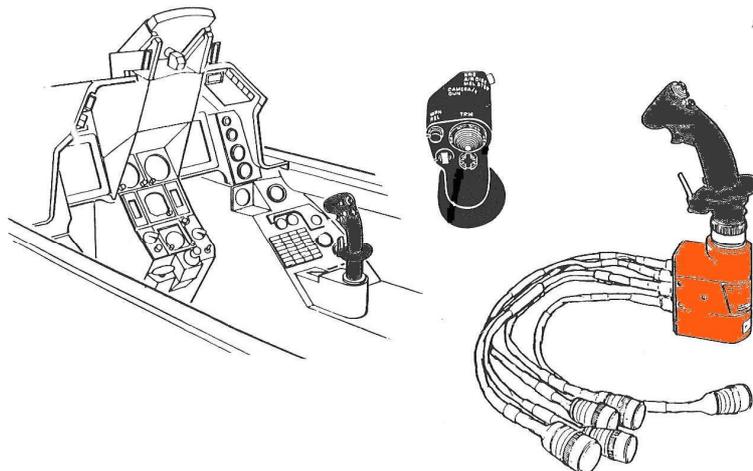
Exemplo de sistema de controlo de voo mecânico e fly-by-wire

Sistema Analógico

O sistema de controlo de voo fly-by-wire elimina a complexidade, fragilidade e peso dos sistemas mecânicos e hidráulicos substituindo-os com um circuito eléctrico. Os controlos de voo enviam sinais eléctricos que são processados por um controlador electrónico do qual também faz parte o piloto automático. Os circuitos hidráulicos que controlam as superfícies de voo são semelhantes aos sistemas de controlo de voo anteriores, excepto que as válvulas mecânicas foram substituídas por válvulas eléctricas. Esta é a configuração mais simples e mais curta de um sistema analógico de controlo de voo fly-by-wire. Nesta configuração, os sistemas de controlo de voo devem simular a "intenção" do piloto. O controlador electrónico controla dispositivos eléctricos que proporcionem a sensibilidade adequada aos controlos manuais. Este sistema é ainda utilizado actualmente na família de aeronaves E-Jets da Embraer e foi utilizado no Concorde, o primeiro avião comercial fly-by-wire. Em versões mais sofisticadas, o computador analógico substituiu o controlador electrónico.

Sistema Digital

O sistema de controlo de voo digital fly-by-wire é semelhante ao seu homólogo analógico. No entanto, o processamento de sinais é feito por computadores digitais e o piloto pode literalmente "voar-via-computador". Isto aumenta a flexibilidade porque os computadores digitais podem receber informações de qualquer sensor da aeronave. Também aumenta a estabilidade electrónica, porque o sistema é menos dependente dos valores de componentes eléctricos fundamentais num controlador analógico. Os computadores através da força e da posição exercida pelo piloto nos controlos da aeronave e através de toda a informação recebida através dos sensores da aeronave determinam o sinal de comando apropriado para mover as superfícies de voo específicas a fim de realizar a intenção do piloto.



Cockpit de um avião F-16, com destaque para o manche

Com o sistema fly-by-wire as características de movimento são desenvolvidas especificamente para cada aeronave, permitindo assim que a aeronave permaneça dentro do limite de segurança permitido pela estrutura e aerodinâmica da aeronave, por exemplo prevenindo que a aeronave entre em perda ou que

exceda o número de Gs que a aeronave pode suportar. Como cada vez mais são os computadores que "pilotam" a aeronave reduzindo o trabalho do piloto. O principal benefício para os aviões militares é uma melhor performance de voo e os chamados "carefree handling" porque permite a prevenção de entrar em perda, auto-rotação ou outras manobras indesejáveis. Nos aviões militares, o fly-by-wire melhora a capacidade de sobrevivência em combate, pois evita falhas hidráulicas. No passado, um motivo muito comum na perda de aeronaves em combate eram os danos sofridos nos sistemas hidráulicos, conduzindo à perda do controlo da aeronave por parte do piloto. Apesar de a maior parte dos aviões militares possuírem sistemas hidráulicos redundantes, normalmente as linhas hidráulicas são agregadas e podem ser danificadas simultaneamente. Com um sistema fly-by-wire, a cablagem pode ser encaminhada de uma forma mais flexível, mais fácil de proteger e menos susceptível a danos. No entanto, a principal preocupação para o sistema fly-by-wire é a fiabilidade, porque um computador é muitas vezes o único controlo entre o piloto e as superfícies de controlo de voo. Se o computador falhar, o piloto deixa de ser capaz de controlar a aeronave. Por isso praticamente todos os sistemas fly-by-wire possuem sistemas redundantes em triplicado ou quadruplicado, possuindo computadores em paralelo e cablagem separada para cada superfície de controlo, caso um ou dois computadores falhem, os outros assumem essas funções.

FMS – “FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM”

Generalidades

O FMS (Flight Management System) – Sistema de gestão de voo, é um computador que funciona agregado a um sistema de controlo de voo. Um FMS típico desempenha quatro funções, a saber: controlo automático de voo fornece as performances de gestão de um plano de voo, navegação e rota e fornece informações de aviso e alerta.

Princípios de Funcionamento e Constituição do Sistema

O FMS é constituído pelos seguintes elementos:

- Computador. Flight Management Computer (FMC), que é o cerne do sistema e é onde se processam todos os cálculos.
- Control Display Unit (CDU), que faz o interface com o utilizador. Ele é constituído por um display, no qual se visualiza toda a informação necessária, e por um teclado alfanumérico que, adicionando as teclas de funções específicas, permite uma fácil utilização

- Data Transfer Unit (DTU), que permite carregar todo o tipo de informação usada na sua Base de Dados.



Sistema FMS, com FMC, CDU, DTU e duas antenas de GPS

As entradas (Inputs) são constituídos pelos sistemas de navegação que funcionam, basicamente, como sensores e conversores de sinais compatíveis com o FMS, sendo todo o processamento e controlo efectuado por este. O FMS recebe, ainda, informações dos motores e dos medidores de fluxo de combustível.

As saídas (outputs) podem dividir-se, fundamentalmente, em funções de controlo e de informação. Da primeira, fazem parte os canais de Pitch, Roll e Auto-Throttle. A segunda integra todas as informações que anteriormente eram indicadas em instrumentos electromecânicos como o HSI, ADI, VSI, Altímetro, etc. E que agora são visualizadas nos chamados Electronic Flight Instrument System (alguns sistemas continuam a ser compatíveis com indicadores analógicos).

Presentemente, o FMS pode ainda operar sistemas de vigilância, como por exemplo o TCAS (Traffic Collision and Avoidance System) e o TAWS (Terrain Awareness and Warning System). É ainda possível, através do CDU, fazer o controlo dos equipamentos de comunicações, ATC, entre outros.

- Flight management computer. Este é o verdadeiro centro de cálculo e decisão do sistema. O computador conhece as características e performances da aeronave e, mediante as diversas entradas (inputs), em função dos requisitos do operador, gera as saídas para os diversos sistemas que controla. As especificações de cada aeronave, as suas limitações e o seu envelope de voo estão residentes no sistema, através de módulos de configuração e/ou de setups. Desta forma, o computador entra sempre em consideração com a performance da aeronave não deixando, em circunstância alguma, que ela seja excedida.
- Base de dados. Todas as informações de navegação estão contidas na base de dados (BD) do computador. Estas bases de dados são actualizadas todos os 28 dias, de acordo com o ciclo AiRAC da ICAO. Elas contêm todo o tipo de informações necessárias à navegação da aeronave e, como tal, são carregadas com disquetes através do DTU (que também pode ser uma unidade portátil).

Passamos a enumerar o tipo de informação usualmente incluída nestas bases de dados. Nos sistemas mais sofisticados, toda esta informação pode também ser usada em conjunto com bases de dados cartográficas

digitais, de forma a constituírem cartas de navegação, permitindo a sua apresentação num sistema de EFIS/MFD. Os sistemas de gestão de voo recebem inputs de dados de navegação, integram-nos com a performance e características aerodinâmicas do avião, determinando e fornecendo os output para os sistemas apropriados que executarão os perfis de voo optimizados para um dos quatro parâmetros operacionais: velocidade, distância, autonomia ou mach constante.

➤ Entradas no sistema (Inputs)

- Sensores de navegação. O FMS tem associados sensores de navegação dependentes e independentes. Os sensores dependentes (também conhecidos como position fixing navigation systems) são aqueles que necessitam de intervenção externa para determinação da posição (normalmente referidos por Radio Navigation Aids). Entre estes contam-se os VOR, TACAN, VORTAC, DME, LORAN-C e, mais recentemente, o GPS. Pelo contrário, os sensores independentes (dead reckoning navigation systems) são totalmente autónomos e limitam-se aos sistemas de navegação por inércia e ao Doppler (este último tem vindo a cair em desuso).

Pelas suas características técnicas pode concluir-se que a precisão dos sistemas inerciais é inversamente proporcional ao tempo (devido aos erros cumulativos do sistema), mas é independente dos alcances de propagação das ondas rádio (ver figura a seguir). Em oposição, os sistemas dependentes têm a sua precisão estável ao longo da viagem, mas têm alcances de propagação limitados ou afectados pelas condições atmosféricas.

Assim, os sistemas inerciais, quando integrados num FMS têm a sua posição geográfica e velocidades calibradas pelos receptores de navegação dependentes. Na realidade, e desde que nos encontremos dentro dos alcances de operação destes sistemas, isto permite elaborar um perfil de erro destes sistemas fazendo com que, no caso da aeronave ter de recorrer temporariamente só a sistemas internos, estes possam mostrar-se suficientemente precisos.

➤ Métodos de processamento de navegação. Existem vários métodos usados para o processamento da informação de navegação. Estes processos têm por objectivo ponderar as variáveis que entram na determinação da posição gerada pelo FMS. Os três mais usados são:

- Método da Prioridade (Priority).
- Método da Média de Avaliação (Weighted Average).
- Método dos Filtros de Kalman (KF).

Todos estes métodos variam no grau de complexidade e precisão, mas o seu objectivo final é proporcionar ao NMS (Navigation Management System) meios para: reduzir, simplificar e racionalizar o trabalho do operador e atingir excelentes graus de precisão melhorada relativamente aos equipamentos se considerados singularmente.

➤ Gestão pelo método da prioridade. O método baseado na prioridade, quer automática, quer manual, seleccionada pelo operador, atenta em todas as fontes de informação de navegação disponíveis – DME, LORAN, GPS, INS e escolhe a que lhe assegura melhor precisão. O aspecto fundamental deste sistema, e também o mais crítico, é a hierarquia das prioridades.

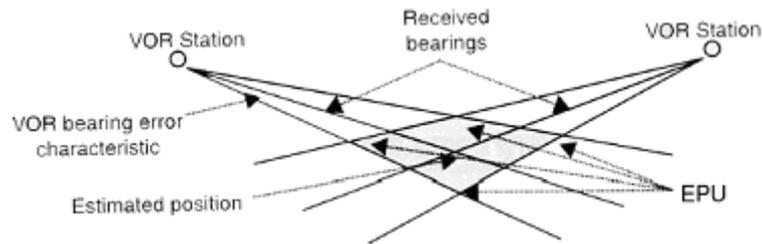
As prioridades de navegação do sistema não são fixas (excepto para o DME), pois variam com a localização geográfica do avião, uma vez que afecta não só o sinal de recepção como, também, a geometria das posições e o próprio tempo que influencia o erro do INS.

- Gestão pela média de avaliação. Este método tem vindo a ser cada vez mais usado e consiste na atribuição dum valor qualitativo a cada uma das fontes de informação, fazendo a média, ou fundindo os fixos individuais obtidos com base nos seus índices de qualidade.

Tem-se vindo a verificar que, cada vez mais, os sistemas baseados na prioridade são atribuídos igualmente níveis qualitativos para cada uma das fontes. A prioridade constitui uma forma relativamente simples de integração que aumenta a precisão.

- Gestão por filtros de Kalman. O sistema baseia-se num algoritmo recursivo (Filtro Kalman) concebido para calcular uma posição que tenha 95% de garantia de se encontrar dentro da área de incerteza Estimated Position Uncertainty (EPU) (através dos diferentes sistemas de navegação).

Esta área de incerteza é calculada mediante a precisão do sensor que está a ser utilizado e a variância entre posições dadas pelos diversos sensores disponíveis.



Definição de EPU

Esta precisão exige que a EPU não ultrapasse a Required Navigation Precision (RNP) estabelecida para o espaço aéreo onde a aeronave se encontra. Caso isso suceda, o sistema deverá accionar os seus sistemas de integridade, emitindo um aviso, normalmente, sob a forma de “bandeiras de aviso” (warning flags). À medida que os desenvolvimentos tecnológicos avançam, a EPU tem tendência para, cada vez mais, se confundir com um fixo. A diferença entre a EPU estabelecida por avançados sistemas de navegação assume valores, de tal ordem precisos, que as colocam no âmbito de definição de fixos. A intervenção do FMC varia conforme o sistema de navegação que está a ser utilizado. No caso do GPS, esta é diminuta visto que os dados obtidos são já uma posição. Por exemplo, para navegação por DME/DME, terá que se efectuar a sintonia do receptor nas diversas estações a monitorizar (conforme a capacidade do DME pode aceitar várias sintonias simultâneas ou por multiplexagem) e perante as distâncias medidas, e posições das estações, efectuar os cálculos para obter a sua própria posição. As estações são escolhidas em função de parâmetros como a distância (calculada pela posição actual da aeronave a rota e a posição das estações na BD), de modo a que a EPU seja sempre a menor possível. Normalmente, a prioridade das fontes usadas pelo FMS é processada da seguinte forma:

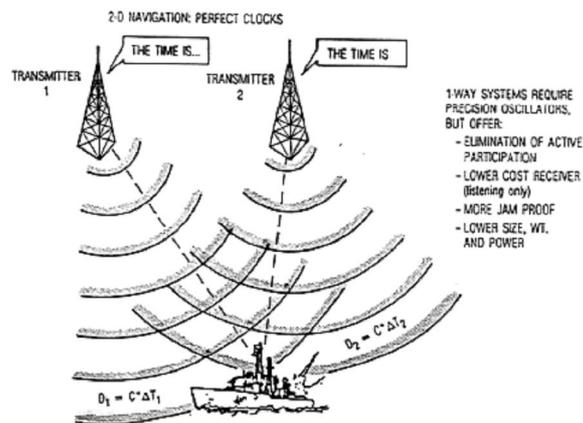
- GPS/INS (caso o voo seja transoceânico ou não).
- DME/DME.
- VOR/DME.

- Sensores de consumo de combustível (Fuel Flow). A informação do consumo de combustível é um parâmetro fundamental para o sistema conseguir processar os cálculos de navegação e de gestão do voo. O sistema também permite fazer cálculos de peso e regime dos motores para os perfis desejado.
- ADC. Os "inputs" do ADC fornecem os dados a ele associados, são eles: a altitude, a velocidade e a temperatura.
- Saídas do sistema (Outputs). As saídas do FMS podem ser associadas, basicamente, em três funcionalidades que passaremos a mencionar.
- Controlos de voo e motores. Estes resumem-se, basicamente, aos comandos de voo: pranchamento lateral (Roll) e vertical (Pitch) e potência dos motores (Thrust).
- Display das informações. Neste display são visualizadas as informações que, nas mais variadas formas, podem ser disponibilizadas por estes sistemas.
Estas informações podem ser de navegação (antes HSI/ADI e apresentadas em CRT; e agora EHSI/EADI apresentadas em tecnologia digital de EFIS/MFD/AMLCD), radar, cartas de navegação, e toda o conjunto de informações apresentadas através do próprio display do CDU e vários tipos de alarmes. Estes dados referem-se, normalmente, como PFD (Primary Flight Display) e as suas diferentes formas como ND (Navigation Display).
- Controlo de equipamentos. A comunicação entre os mais diversos equipamentos tem evoluído muito. Actualmente, é comum o controlo, bem como a troca de informações por meio de barramentos digitais. Desta forma, abre-se um leque enorme de possibilidades de controlo centralizado de diversos equipamentos, através do CDU, eliminando, assim, as respectivas caixas de controlo.
Estes equipamentos podem ser funcionalmente utilizados pelo FMS (caso DME, VOR e outros) ou a ele totalmente alheios (caso de um equipamento de comunicações VHF).
Não será difícil idealizar um sistema de comunicações com datalink onde, para além do controlo, seja também visualizada a informação a trocar no display do CDU.

GPS – "GLOBAL POSITIONING SYSTEM"

O sistema de posicionamento global (GPS – Global Position System) está baseado num sistema constituído por 24 satélites localizados numa órbita definida pelo U.S Department of Defense. O GPS foi iniciado para ser utilizado para fins militar. No entanto, nos anos 80 este sistema ficou disponível para uso civil. O GPS trabalha em quaisquer condições meteorológicas. O facto de se usarem satélites, permite enviar informação em linha de vista sobre as várias áreas do mundo. Deste modo a precisão não é afectada pela distância a que está o emissor e o receptor. Há ainda a considerar que os sinais dos satélites penetram na ionosfera sem serem reflectidos. O GPS é um sistema unidireccional de determinação de posição. A precisão da determinação da distância é extremamente sensível à estabilidade da frequência do oscilador no transmissor. Para compreender um GPS vamos olhar para um caso simples, do qual se conhece a latitude e

a longitude. De modo a resolver este problema e calcular estas duas variáveis (LAT e LONG) são necessárias duas medidas independentes e que são ortogonais, para assim construir duas equações linearmente independentes. Imaginemos dois transmissores largamente separados com osciladores altamente estáveis (preferencialmente relógio atómico) transmitindo sinais de "RANGE", transportando alguma informação em relação ao tempo de transmissão do sinal de "RANGING". Admitimos que o utilizador é um navio na superfície do oceano, interessado em conhecer a LONG. e a LAT. e não a altitude. Admitimos também que o utilizador tem um receptor capaz de seguir este sinal de "RANGING" transmitido para fazer medidas de "RANGE" do emissor. Se o utilizador tiver também um relógio atómico sincronizado com o do emissor. Então, o tempo de trânsito do emissor para receptor será verdadeiro.



Exemplo de recepção de duas estações

IRS – "INERTIAL REFERENCE SYSTEM"

Generalidades

Com a evolução das novas tecnologias, como é o caso dos lasers, e da óptica, é possível termos sistemas mais precisos e menos complexos no seu fabrico. É portanto com a evolução destas duas áreas, surge o sistema IRS. Que devido às suas vantagens tem vindo a substituir o sistema INS. As suas vantagens são: a velocidade de activação do sistema, que no caso do INS, é bastante demorado, como é o caso do Puma, permite maior fiabilidade a forças G's superiores, a sua construção mecânica é mais simples, e acumula menos erros. O sistema IRS é muito idêntico ao sistema INS, no que respeita às funções. A diferença reside na forma como consegue captar as acelerações, e por consequência os deslocamentos, através da rotação nos três eixos. Para termos o sistema base IRS temos que ter dois componentes básicos:

Instrumentação de Inércia onde temos o grupo de sensores.

Computador, onde temos valores de referência e todo o processamento, que é enviado por sua vez para um computador central.

No INS temos giroscópios do tipo mecânicos, isto é com sensores de força em movimento, tal como vimos atrás. No IRS, vamos ter giroscópios com sensores de força fixos, isto porque no IRS vamos ter uma detecção do movimento em torno dos eixos da aeronave, através da diferença de trajectos de feixes emitidos por um Laser. Podemos ter vários tipos de sistemas giroscópios de IRS, mas todos eles baseiam-se no mesmo princípio do efeito de Sagnac. Este princípio diz-nos que dois feixes de luz idênticos, partindo do mesmo ponto, que viagem num percurso simétrico, ou circular em sentidos contrários, chegam ao ponto P ao mesmo tempo, e com a mesma fase, se não houver rotação em torno centro. Mas se houver uma rotação Φ , com o ângulo Ω , então um dos feixes de luz vai atingir o ponto P, antes do outro. Isto porque um dos feixes de luz terá a sua distância até ao ponto P diminuída e o outro terá que percorrer uma maior distância. Isto por sua vez implica que no ponto P, haverá uma diferença de fase das duas ondas. Esta diferença de fase pode ser calculada.

TCAS – “*TRAFIC ALERT COLLISION AVOIDANCE SYSTEM*”

A função do TCAS é alertar os pilotos para a presença de aeronaves próximas equipadas com transponders e auxiliar na detecção e resolução de potenciais conflitos. O TCAS usa os transponders instalados nas aeronaves para operar com os radares ATC em terra. Existem três tipos de TCAS: TCAS I, TCAS II e TCAS III, este último ainda se encontra em estudo.

TCAS I fornece apenas Traffic Advisories (TA – avisos de tráfego) e avisos de proximidade utilizando interrogações e respostas de um “radar beacon transponder”, que ajudam o piloto na detecção visual da aeronave e na decisão a tomar. Se as aeronaves estiverem equipadas com transponder Mode C, no display aparece a altitude relativa do intruso.

TCAS II acrescenta ao TCAS I Resolution Advisories, recomendando manobras de evasão, no plano vertical. Se as duas aeronaves estiverem equipadas com transponder Mode S as manobras evasivas são coordenadas entre elas.

TCAS III, ainda em desenvolvimento, deverá fornecer avisos de decisão tanto no plano vertical como no plano horizontal.

Funcionamento do TCAS

A operação do TCAS pode ser resumida nos seguintes pontos principais:

Vigilância. O transponder transmite regularmente (uma vez por segundo) um sinal, o qual identifica a aeronave transmissora. As aeronaves equipadas com TCAS deverão monitorizar a frequência 1090 MHz e quando receberem um sinal de identificação válido, adicionam-no à lista (roll call) das aeronaves detectadas

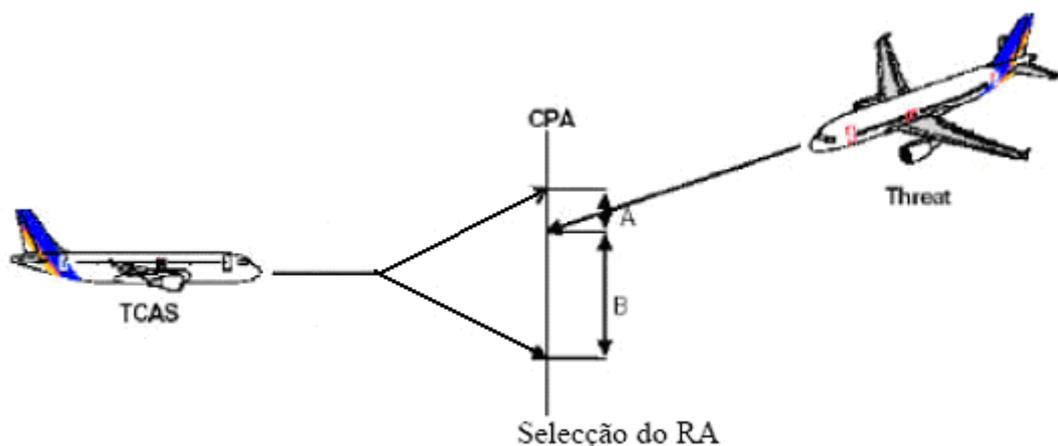
na sua vizinhança para posterior interrogação.

Seguimento (Tracking). Através da monitorização das respostas às interrogações efectuadas é determinada a altitude, a variação de altitude, a distância e a variação da distância das aeronaves vizinhas. Os dados obtidos são processados a fim de determinar que aeronaves representam potenciais conflitos, depois são gerados os avisos sonoros e visuais e se necessário RAs. O Collision Avoidance System (CAS) usa a diferença entre a altitude barométrica e a altitude do radar altímetro para estimar a elevação aproximada do solo em relação ao nível do mar. O nível do solo estimado é depois subtraído à altitude barométrica recebida de cada aeronave vizinha equipada com Modo C para determinar a altitude AGL aproximada de cada aeronave. Se esta diferença for menor que 360 pés, o TCAS considera que a aeronave está no solo e inibe a geração de avisos em relação a essas aeronaves.

Traffic Advisory. Usando a rota das aeronaves vizinhas, a distância e altitude, são confrontadas com as informações de altitude de cada aeronave e essa análise é baseada no tau do TA, que deverá ser menor que o limite apresentado na tabela.

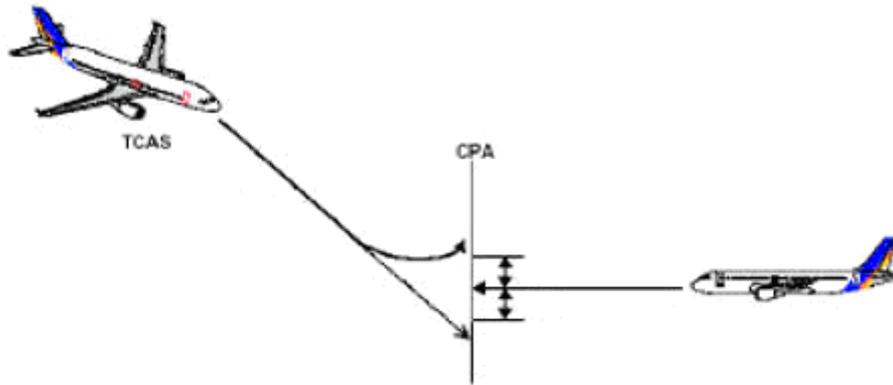
Threat Detection. A análise à distância e altitude são efectuadas para cada intruso. Se o tau do RA e o tempo à mesma altitude, ou a altitude relativa associada com a SL (Sea Level) corrente são conhecidos, o intruso é considerado uma ameaça.

Seleção do Resolution Advisory. Quando um intruso é considerado uma ameaça usam-se dois processos para seleccionar o RA apropriado. O primeiro RA é uma manobra evasiva no sentido vertical, para cima ou para baixo. Com base na distância e altitude do intruso, a lógica CAS calcula a manobra evasiva a partir da posição CPA (Closest Point of Approach), de forma a providenciar o máximo de separação vertical entre aeronaves.



Neste caso, a aeronave deve desviar no sentido descendente, ficando com uma maior separação vertical entre elas. Quando a aeronave intrusa se encontra a uma altitude constante e no desvio vertical, ascendente

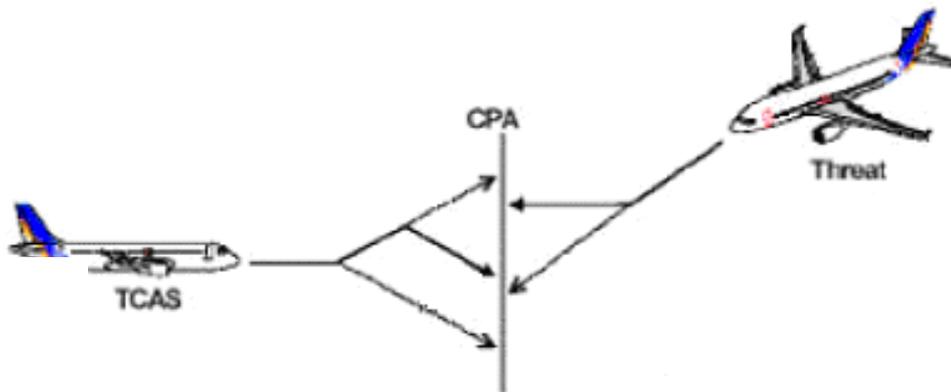
ou descendente, a separação vertical é igual, conhecida por ALIM (Altitude Limit), a manobra evasiva deve dar-se no sentido do não cruzamento das aeronaves.



Seleção do RA de não-cruzamento

O segundo passo para seleccionar um RA é escolher a eficácia da manobra. O TCAS está preparado para seleccionar um RA que menos interfira na rota da aeronave. O TCAS, versão 7, permite a inversão de sentido das RA's em manobras coordenadas. Esta inversão só é possível nove segundos após o primeiro RA ser gerado, para ambas as aeronaves terem tempo de iniciar uma manobra de resposta. Essa manobra não é permitida quando as aeronaves se encontram a 300 pés uma da outra e/ou a inversão resultar no cruzamento de aeronaves.

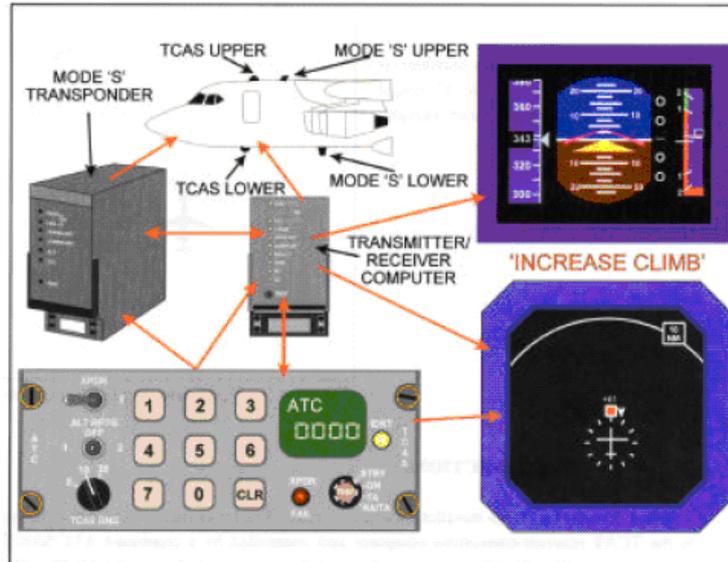
Na figura seguinte está representada uma manobra evasiva inversa possível.



Inversão do desvio de rota

Equipamentos e Interligações do Sistema TCAS

O TCAS é um equipamento que está integrado com outros sistemas na aeronave. Consiste num receptor-transmissor, indicadores (para apresentação de resoluções e alertas de tráfego), duas antenas, um painel de controlo e um transponder "Modo S".



Equipamentos e configuração típica do TCAS

Computador TCAS.

Esta unidade faz todo o processamento inerente à vigilância, seguimento da aeronave intrusa e da própria aeronave, detecção da ameaça, decisão e ainda geração de avisos. As informações de altitude barométrica e de radar-altitude, bem como outras entradas discretas da configuração da aeronave, são usadas pelo computador para protecção contra colisão. Se for detectada uma aeronave em rota de colisão, o computador selecciona a melhor manobra evasiva. Se a aeronave intrusa estiver equipada com TCAS II (ou TCAS III) as manobras evasivas serão coordenadas entre as duas aeronaves.

Transponder Modo S.

O Transponder Modo S realiza as funções de transponder do ATC normais dos existentes Modo A e C. Já que tem a capacidade de endereçamento selectivo e de fornecer troca de dados em formato digital, ('data link'), entre aeronaves equipadas com TCAS/Modo S de forma a garantir a coordenação e em complemento os avisos de decisão.

Antenas.

O TCAS utiliza duas antenas para determinação da posição do intruso, uma direccional que é instalada no topo da aeronave, a qual transmite interrogações a uma frequência de 1030 MHz, nos quatro segmentos de 90° de azimute e recebe respostas a 1090 MHz; e uma outra antena direccional ou omnidireccional, instalada por baixo da aeronave. O Transponder Modo S usa, selectivamente, as antenas superiores ou inferiores de forma a otimizar a intensidade de sinal e reduzir interferências.

Painel de Controlo de Modo S/TCAS

Este painel serve para seleccionar e controlar os equipamentos do sistema TCAS incluindo o computador, o Transponder Modo S e os indicadores do TCAS. A informação de controlo é fornecida ao TCAS via Transponder Modo S.

Um painel de controlo típico fornece quatro posições básicas:

Stand-by:

O processador TCAS e o Transponder têm tensão aplicada mas não estão operacionais.

Transponder: O Transponder Modo S está completamente operacional e responde a todas as interrogações provenientes das estações em terra ou de TCAS. O TCAS continua em Stand-by.

TA only: O Transponder Modo S está completamente operacional. O TCAS poderá operar normalmente, porém só fornece TA's (RA's inibidos).

RA/TA: O Transponder Modo S e o TCAS estão completamente operacionais.

Test: Pressionando o botão é efectuado o Built-In-Test Equipment (BITE) do sistema, ao fim do qual deverá ouvir-se a mensagem: "TCAS SYSTEM TEST OK" se for bem sucedido ou "TCAS SYSTEM TEST FAIL" se não for bem sucedido.

BIBLIOGRAFIA

Flight Instruments Manual: Jeppesen

Aircraft Instruments: Documentação da AFA

Primary Secondary Flight Controls and Air Data System, Volume II

SIMIAVIO: Ogma

Força Aérea Portuguesa; Manual DINST/M 408-2.

Força Aérea Portuguesa; Manual DINST/M 408-11.

Escola Militar de Electromecânica, Manual 3L11-812

Oxford Aviation Training; Joint Aviation Authorities Airline Transport Pilot's Licence – Theoretical

Oxford Aviation Training; Joint Aviation Authorities Airline Transport Pilot's Licence – Theoretical

Knowledge Manual – Instrumentation; First Edition, Second Impression; Oxford Aviation Training; 2001.

Spitzer, Cary R. - Digital Avionics Systems Principles and Practises - Macgraw-Hill;

AVIONICS SYSTEMS (CHAPTER 4)

LISTA DE PÁGINAS EM VIGOR

PÁGINAS	EM VIGOR
CAPA (Verso em branco)	ORIGINAL
CARTA DE PROMULGAÇÃO (Verso em branco)	ORIGINAL
REGISTO DE ALTERAÇÕES (Verso em branco)	ORIGINAL
1 (Verso em branco)	ORIGINAL
3 (Verso em branco)	ORIGINAL
5 a 22	ORIGINAL
23 (Verso em branco)	ORIGINAL
25 a 60	ORIGINAL
61 (Verso em branco)	ORIGINAL
LPV-1 (Verso em branco)	ORIGINAL