

# SSR - ATCRBS – IFF

Secondary Surveillance Radar  
Air Traffic Control Radar Beacon system  
Identification Friend or Foe





# História IFF

- Surge durante a segunda guerra mundial devido à necessidade de se fornecer ao comando e controlo centralizado capacidades de diferenciação entre aeronaves “amigas” e aeronaves “inimigas”;
- Até aos finais dos anos 50 o controlo de tráfego era executado apenas por Radar convencional;
- Devido ao elevado número de vítimas em colisões aéreas tornou-se imperativo a criação de um sistema mais robusto
- Na década de 60 o sistema IFF tornou-se a base dos sistemas de controlo de tráfego aéreo



# História IFF

- É também designado por Radar Secundário devido à sua utilização conjunta com um Radar convencional
- Os próximos passos indicam para a utilização de sistemas de alto débito como por exemplo o Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADB-S) implicando uma mudança de conceito de operação (“free-flight”)
- Designações comuns:
  - **SSR: Secondary Surveillance Radar** (ATCs civis)
  - **SIF: Selective Identification Feature** (ATCs civis e militares)
  - **IFF: Identification Friend or Foe** (Defesa aérea)
  - **ATCRBS: Air Traffic Control Radar Beacon System**

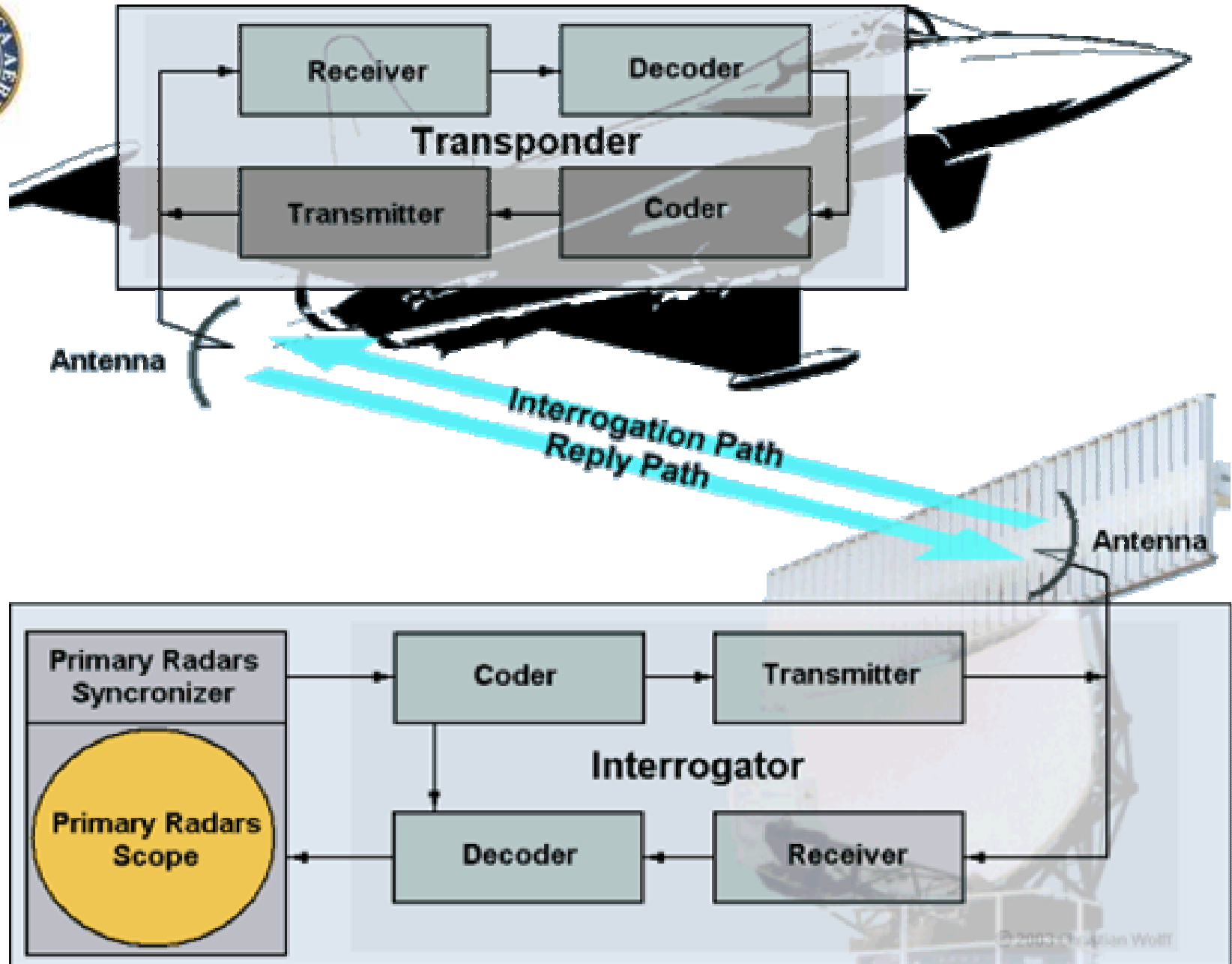


# IFF - Identification Friend or Foe

- O radar secundário SSR (Secondary Surveillance Radar) é um sistema de interrogação-resposta.
- A estação de terra interroga a aeronave sobre diversos parâmetros identificadores do seu estado
  - Códigos de identificação - Squawk code
  - Altitude barométrica – Mode C
  - Informação on-demand (Velocidade ...) – Mode S
- A aeronave responde através do transponder
- Actualmente, este radar é fundamental no controlo do tráfego aéreo como elemento de identificação das aeronaves e como parte integrante dos sistemas anti-colisão (TCAS)

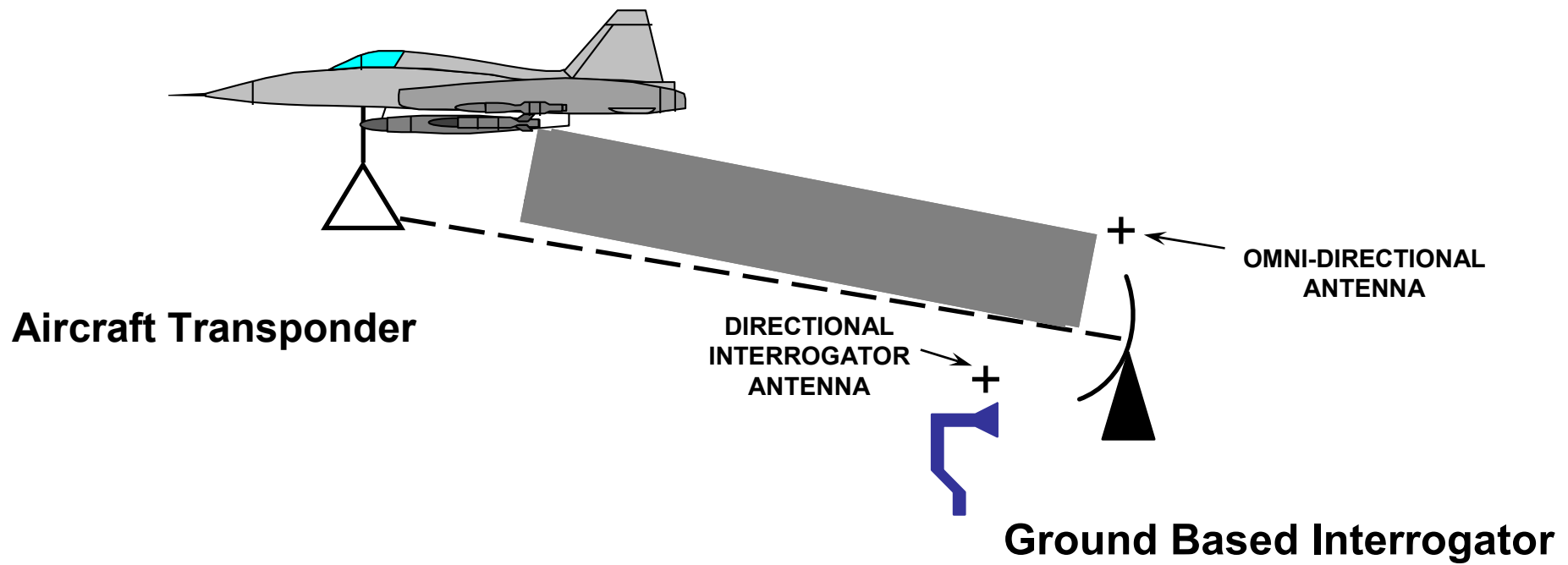


# **Introdução e constituição do sistema**





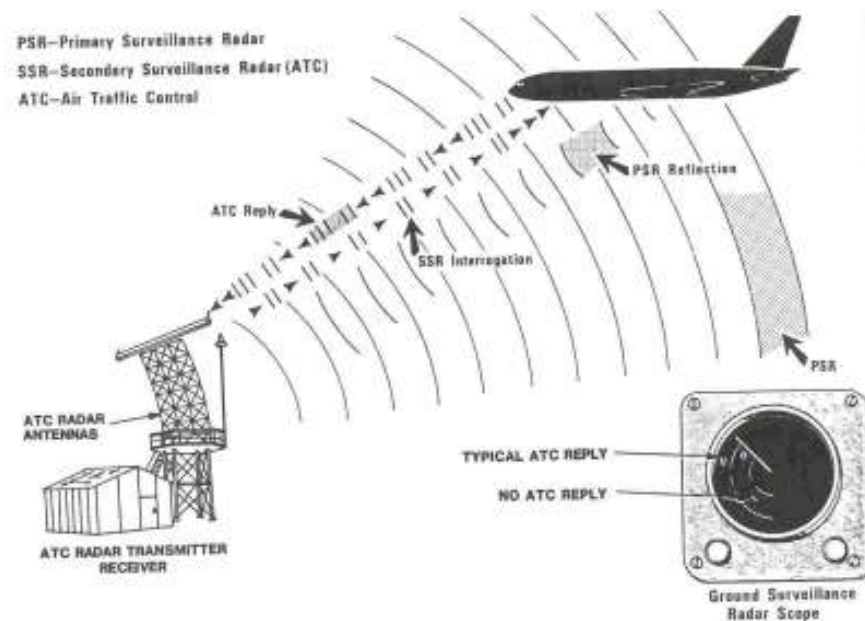
# Transponder e Interrogador





# Constituição do sistema

- O sistema de controlo de tráfego (ATC) é constituído por um transponder localizado na aeronave e um interrogador em terra.
- O transponder é constituído por um emissor/receptor que responde às interrogações, vindas do SSR
- Os resultados das interrogações são apresentados em displays integrados e geridos pelos controladores de tráfego

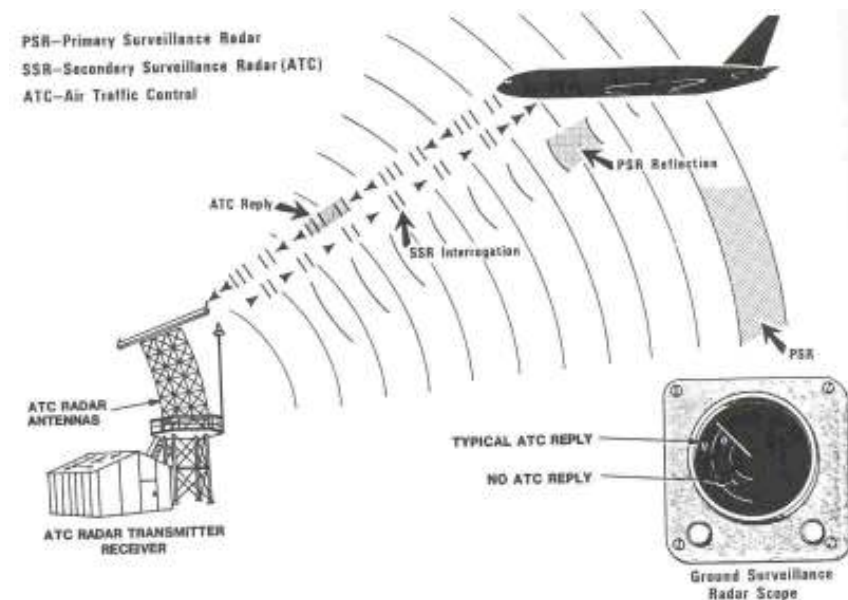
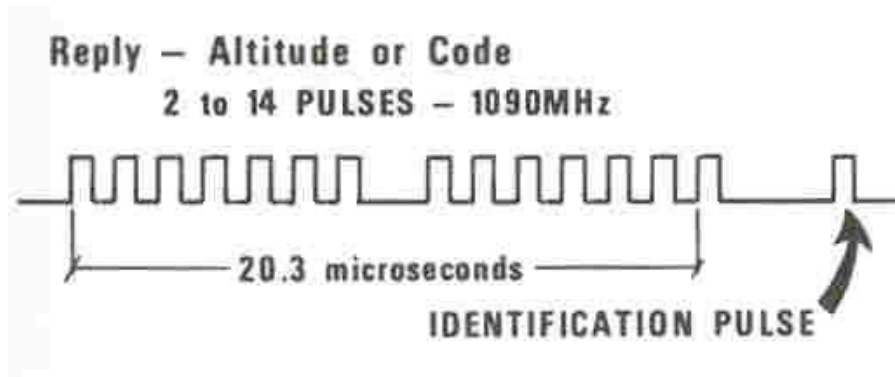






# Constituição do sistema

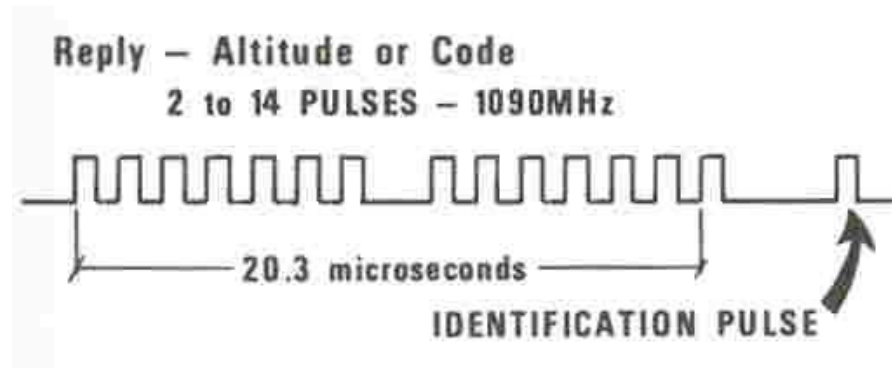
- A resposta da aeronave pode incluir um código de identificação
  - A tecla “ident” é premida pelo piloto quando o operador no solo solicita





# Constituição do sistema

- São possíveis 4096 códigos diferentes consoante o modo de operação



- 12 bits para códigos e 2 de guarda
- Mode A, B, ... C
  - Mode A usado em voos domésticos
  - Mode B usado na Europa
  - Mode C transmite a altitude e o código de identificação



# Diferenças entre Radar Primário e Secundário

- O radar PSR envia um impulso com elevada energia e espera um eco do impulso
- No SSR o radar interroga a aeronave e esta vai responder à interrogação.
- Em termos de atenuação da potência do sinal temos:

$$P_{\text{Prim}} \sim \frac{1}{R^4} \quad P_{\text{Sek}} \sim \frac{1}{R^2}$$

- No SSR os receptores podem ser mais “insensíveis” uma vez que não interessa processar o eco
- Os lobos secundários podem ter uma influencia elevada no sinal recebido/transmitido



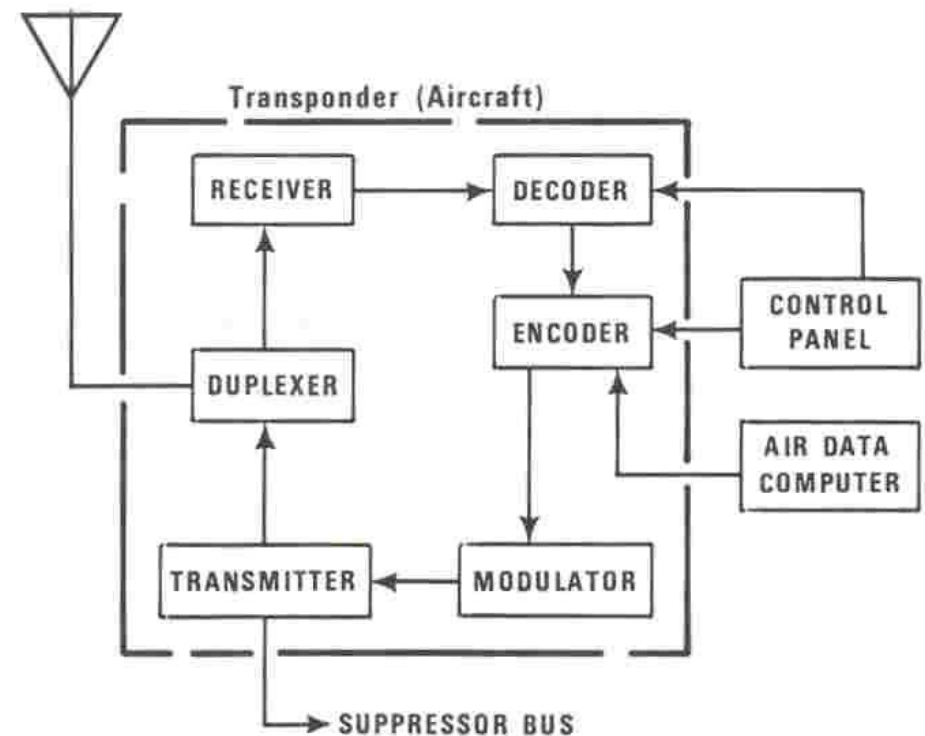
# **Transponder**

## **Diagrama de blocos e antenas**



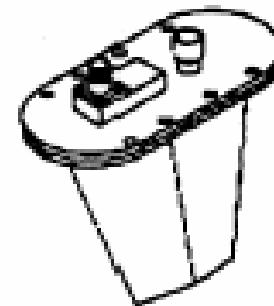
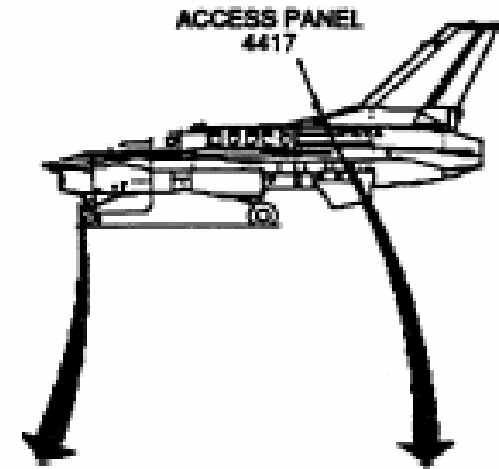
## Diagrama de blocos

- O sistema possui um única antena para o receptor/emissor
- A ligação ao Air Data Computer permite fornecer a altitude para o mode C
- Há necessidade de um duplexer
- O codificador determina quando a informação deve ser enviada
- O painel dá o código da aeronave
- Supress Bus faz com que outros sistemas não funcionem quando o ATC está a emitir

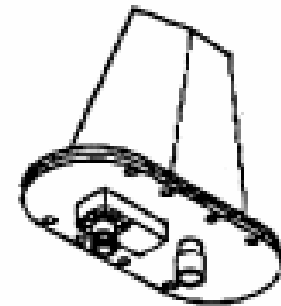




# Antenas de SSR-IFF



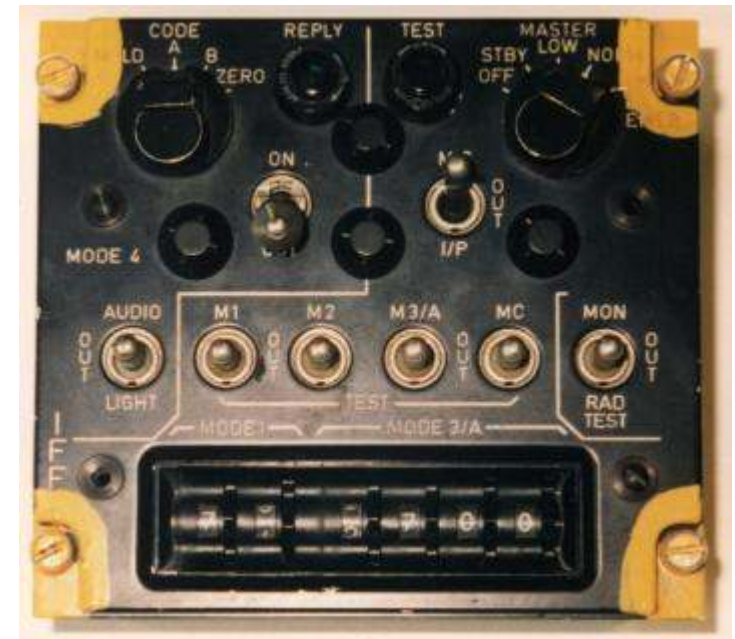
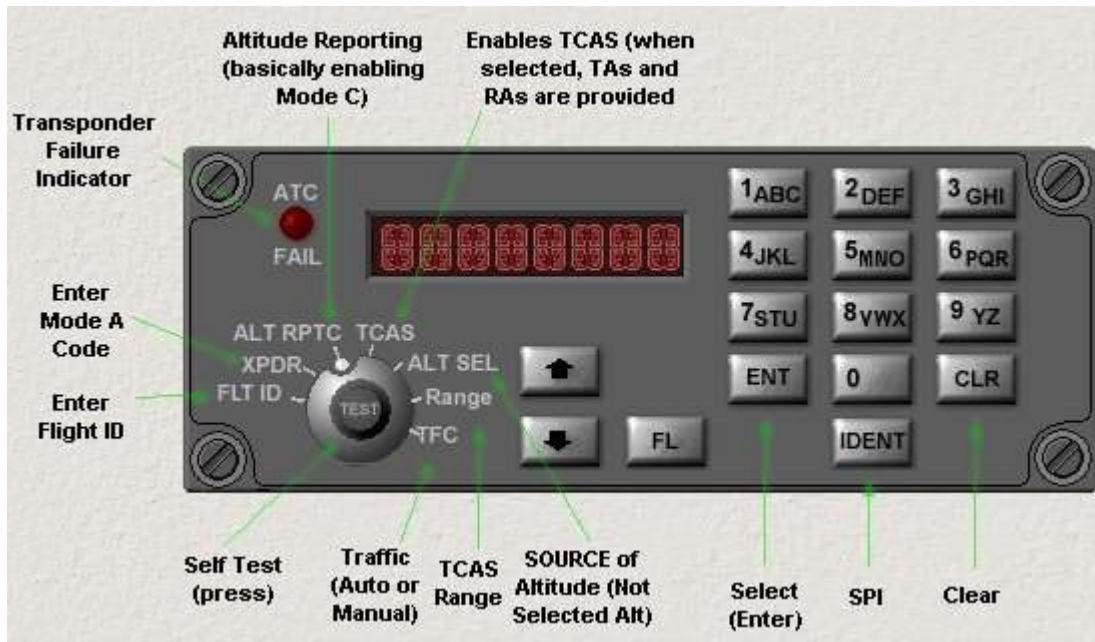
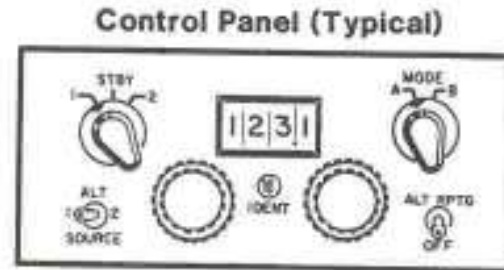
LOWER ANTENNA (3454E1)



UPPER ANTENNA (3454E2)



# Paneis de controlo



Painel de controlo com modo S



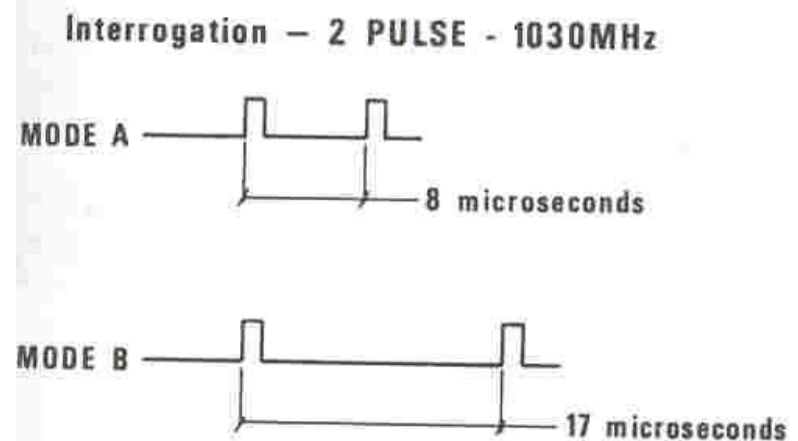
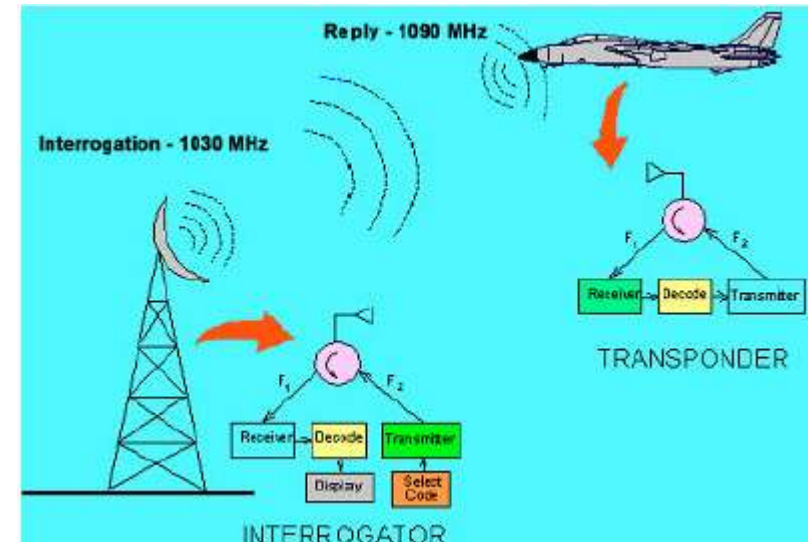
# Princípio de funcionamento





# Estação de terra

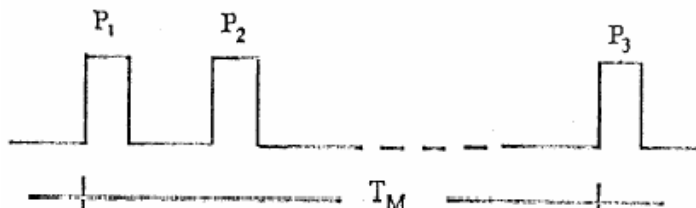
- No radar secundário são emitidos pares de impulsos, operando na frequência dos 1030 MHz
- Transmissão utilizando antena com elevada directividade que roda continuamente em azimute.
  - A antena é instalada junto ao PSR e roda síncrona com este
  - O SSR tem os impulsos sincronizados com o PSR para posicionar os alvos no mesmo PPI
  - O **coder** é usado quando é feita a escolha do modo codificado
  - O **transmitter** vai modelar os impulsos na frequência respectiva.
  - Uma vez que a frequência de recepção é diferente não é necessário duplexer





# Interrogação

- O código é formado por dois impulsos designados por  $P_1$  e  $P_3$
- O tempo de separação entre  $P_1$  e  $P_3$  define o modo de interrogação



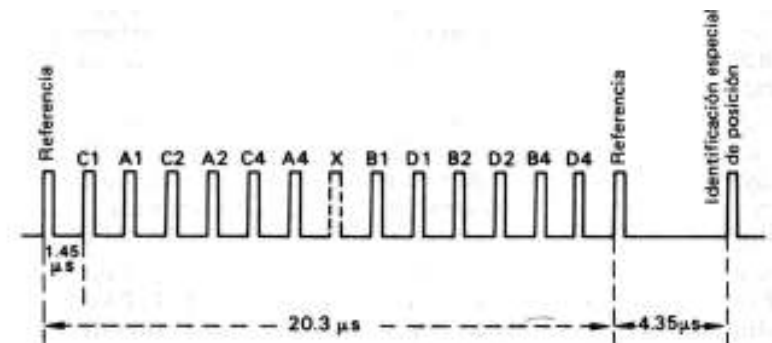
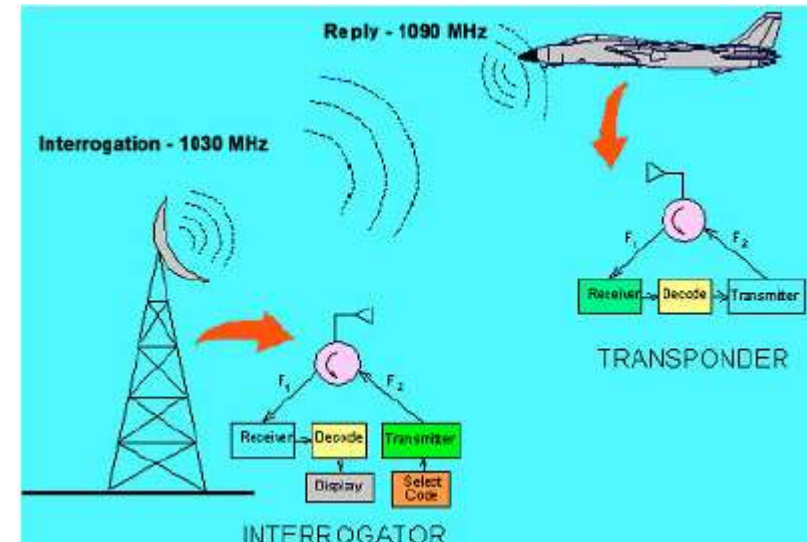
MODO	$T_{MUS}$
1	3
2	5
3	8
A	8
B	17
C	21
D	25

- O modo 3 e o A são idênticos dando origem ao modo 3A (modo de serviço para tráfego aéreo em geral).
- O modo A e D não são utilizados em condições normais de operação. O modo C é designado por altimétrico uma vez que ao ser interrogada a aeronave responde com um código que contém a sua altitude barométrica em centenas de pés.
- Existe ainda um modo 4 que é usado, somente, em missões militares para permitir a designação entre aviões amigos e inimigos



# Sistema transportado

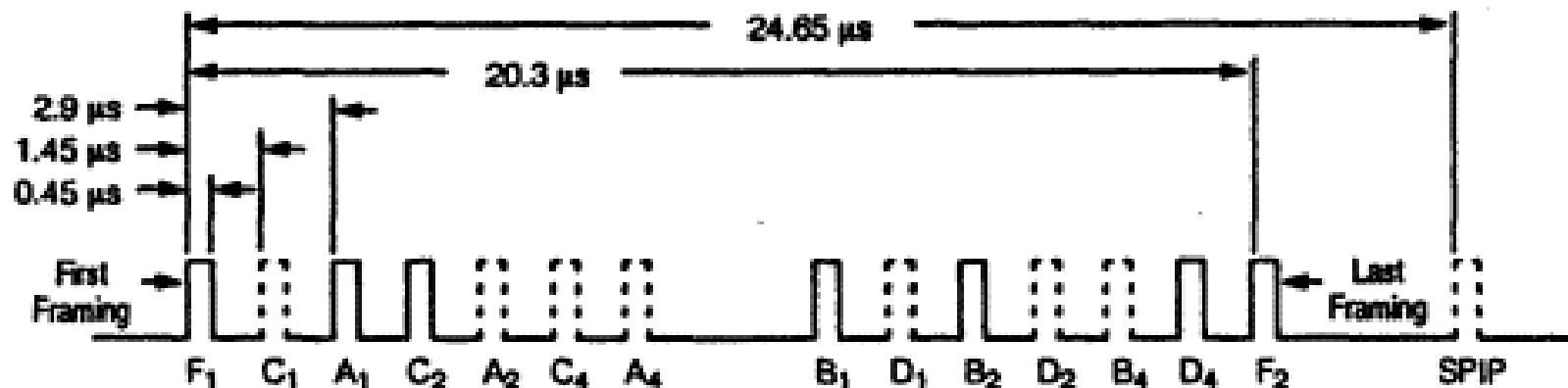
- Na aeronave existe uma antena e um transponder;
- O TRANSPONDER que descodifica os impulsos recebido do radar originando uma resposta igualmente codificada que devolve à estação que interrogou numa frequência de 1090 MHz.
- O receptor amplifica e desmodula os impulsos de interrogação;
- O descodificador (decoder) descodifica as interrogações
- O codificador codifica a resposta
- O transmissor amplifica a resposta e envia os impulsos modulados na frequência de resposta





# Resposta

- A aeronave envia um código de 12 impulsos compreendidos entre dois impulsos de referência (F1 e F2) espaçados de  $20,3 \mu\text{S}$  (“framing pulses”).
- $1,45 \mu\text{S}$  depois do primeiro impulso de referência está contida a informação.
- Entre os impulsos de “framing” existem 12 posições (a posição X não é utilizada, encontrando-se de reserva para outras funções futuras)
  - Há a possibilidade de gerar  $2^{12} = 4096$  códigos



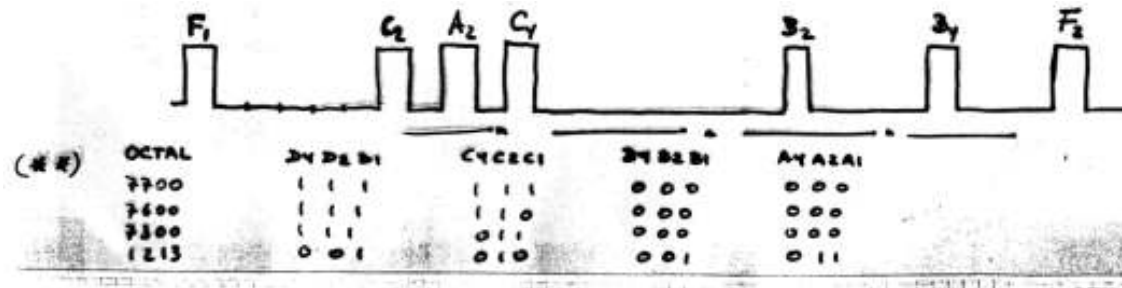


# Códigos de resposta

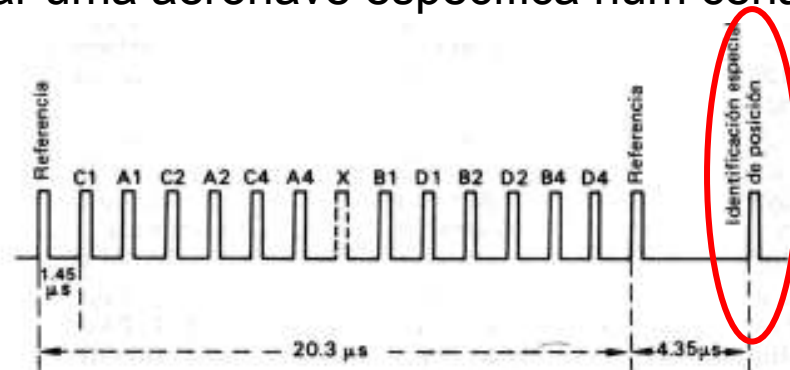
- Os códigos de resposta são normalmente apresentados na base octal

- Exemplos:

- 7700 - emergência civil.
- 7600 - falha de comunicações
- 7500 - Interferência ilegal.



- Quando o Piloto prime a tecla “ident” a pedido do ATC, é enviado um bit extra SPIP (Special Purpose Identification Pulse) 4,35  $\mu$ s depois de F<sub>2</sub>;
  - Este impulso altera a apresentação normal no display;
  - Permite diferenciar uma aeronave específica num cenário de elevada densidade;





# Modos de operação

- Mode 1 – 5: Uso militar
- Mode A, B, C, D, S: Uso civil/militar
  - Mode 1: Não é usado normalmente em tempo de paz. Utiliza 32 códigos para indicar o tipo de aeronave, a sua missão e função;
  - Mode 2: Utiliza 4096 códigos de identificação militares. Normalmente utilizado para identificar aeronaves;
  - Mode 3/A: 4096 códigos de identificação para uso civil e militar (modo mais usual);
  - Mode B: não utilizado;
  - Mode C: Envia informação da altitude barométrica da aeronave codificada nos 12 bits disponíveis.
  - Mode D: não utilizado;
- Utilização entrelaçada:
  - Para se obter diversas informações é comum enviar-se perguntas de forma sequencial:
    - Ex: AC, 1AC2AC...

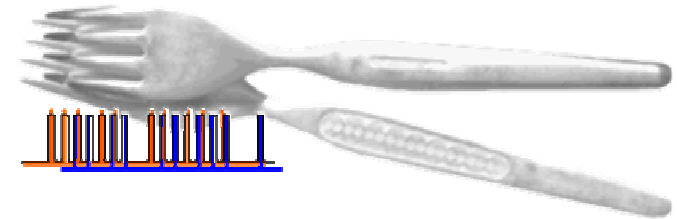
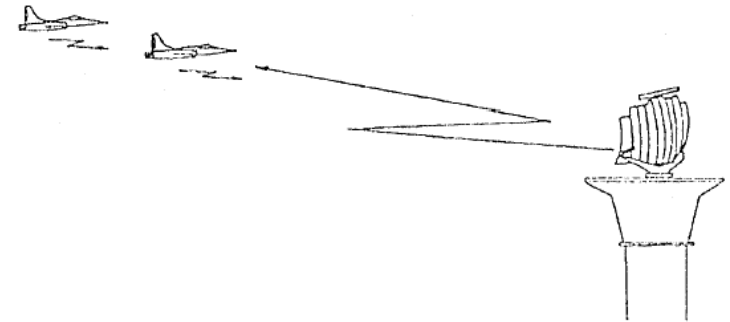


# Interferências

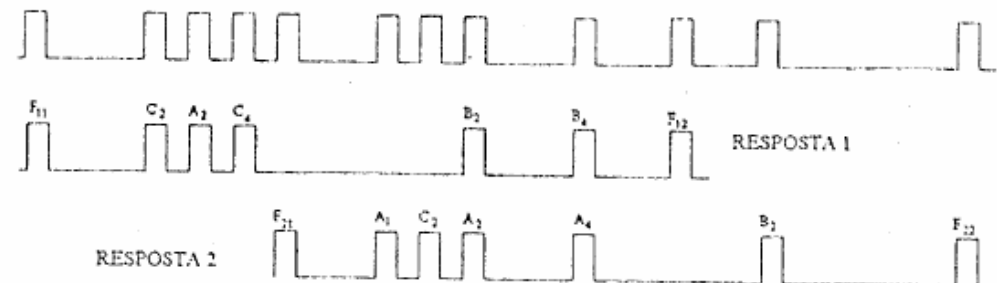


# Garbling

- Duas aeronaves, separadas em azimute por um ângulo inferior à capacidade separadora e a uma distância inferior a:  
 $(2 \cdot 20,3 + 4,65 \mu s) \cdot c = 44,95 \cdot 300 = 13.5 \text{ km}$   
(~7.3 mn),
- O trem de impulsos que o SSR vai receber resulta da sobreposição das respostas das aeronaves
- Se não houver processamento adequado o erro poderá ocasionar situações muito graves. No caso em que o receptor recebe duas ou mais respostas a interrogações suas nestas condições é designada de GARBLING.
- Dado que as respostas correspondem a interrogações da mesma estação, designa-se por resposta síncrona.



TREM DE IMPULSOS À ENTRADA DO RECEPTOR







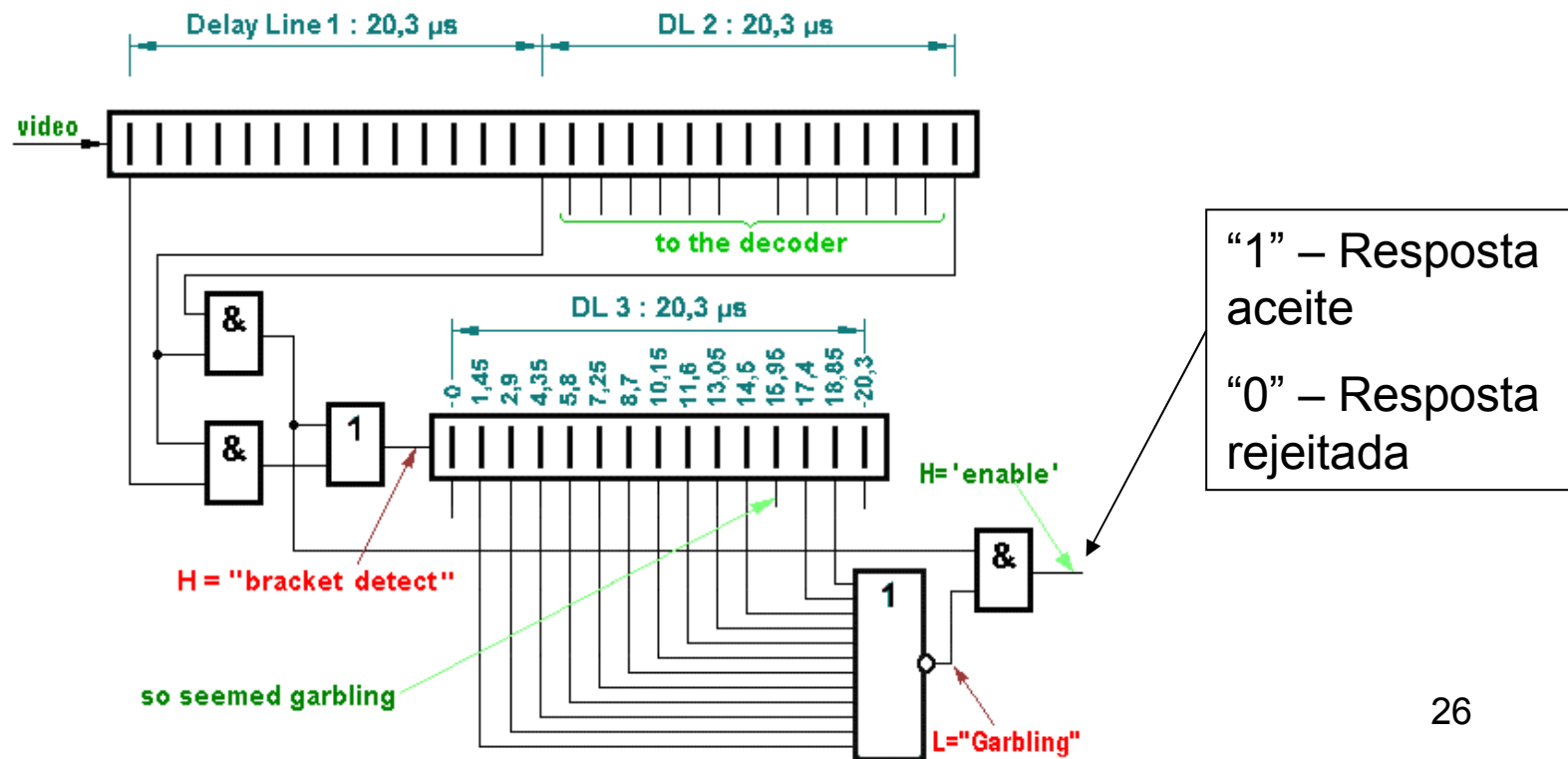
# DeGrabling

- Quando o SSR recebe um impulso de dimensões adequadas, considera-o um “FRAMING PULSE” e aguarda que lhe sigam os impulsos de código.
  - 20,3  $\mu$ s mais tarde, espera receber o segundo FRAMING PULSE
  - Framing Pulse recebido: envia o conteúdo recebido entre os FRAMING PULSE para o decodificador.
- Caso continue a receber impulsos então interpreta como sendo uma segunda resposta.
  - 20,3  $\mu$ s mais tarde, espera receber o segundo FRAMING PULSE da segunda resposta.
  - Framing Pulse não recebido: Garbling detectado. Respostas rejeitadas.



# Exemplo de degarbling

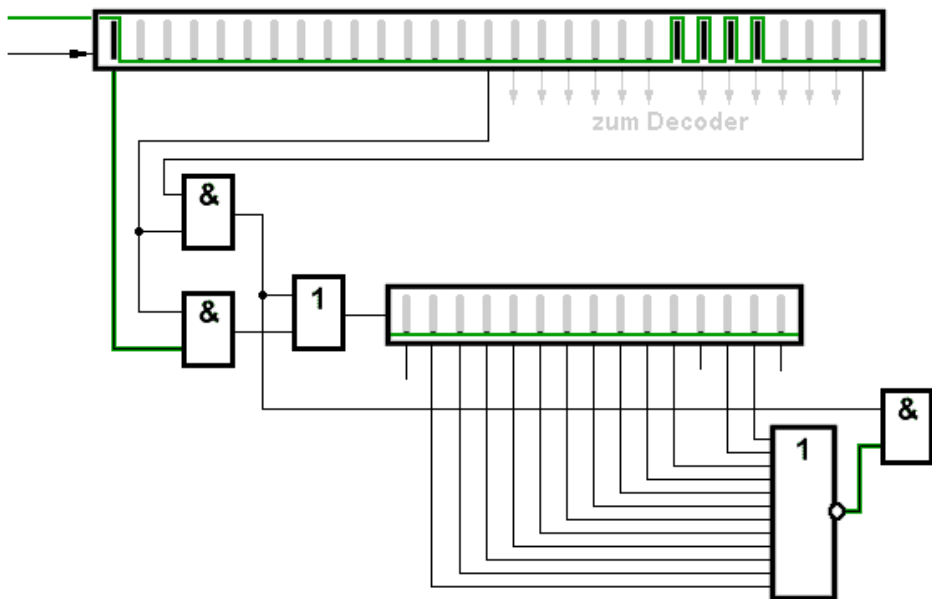
- Há necessidade em usar sistema para degarbling:
  - Se houver sobreposição o codificador é inibido
  - Se não houver sobreposição o codificador entra em funcionamento
- Degarble:



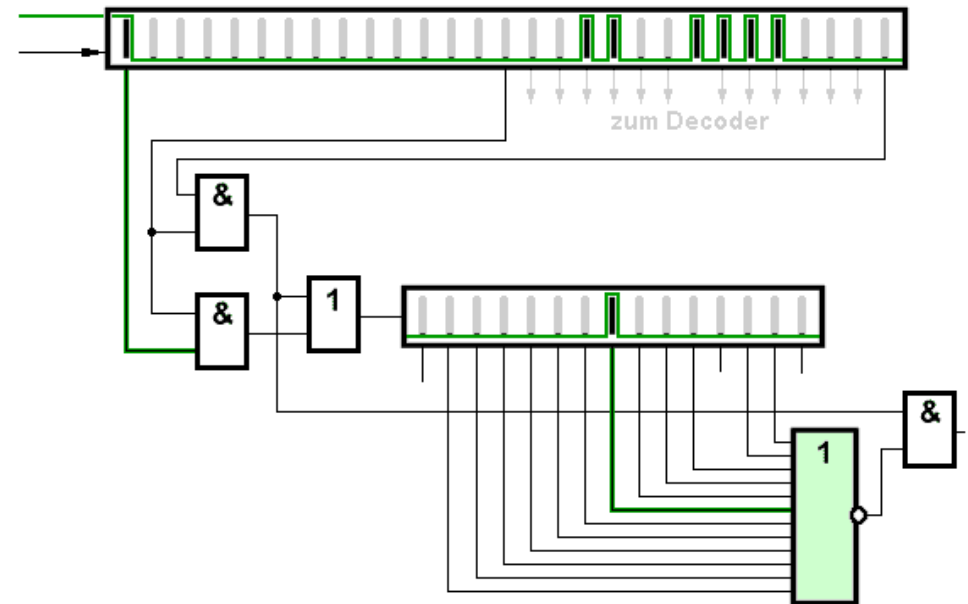


# Exemplos

Sem garble



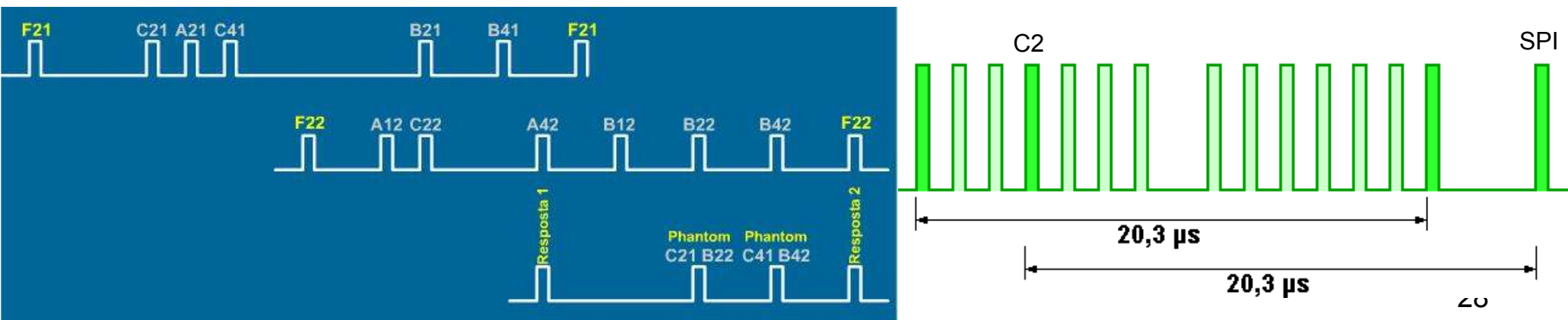
Com garble





# Phantom

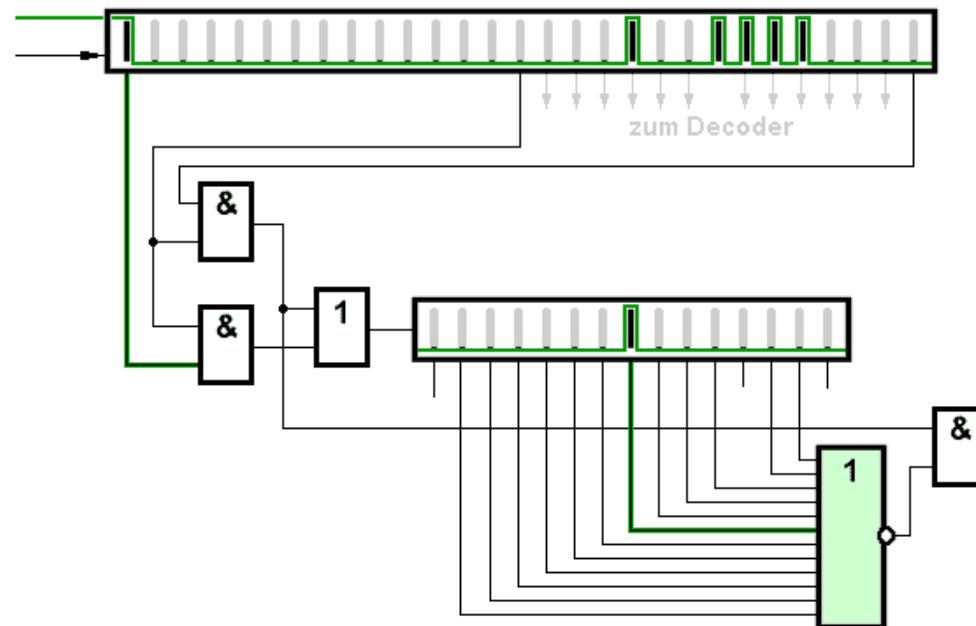
- Este problema ocorre quando os impulsos recebidos apresentam várias vezes a separação de  $20,3 \mu\text{s}$ .
- Isto acontece quando numa resposta os impulsos C2 e SPI estão activos
- Nestes casos existe a identificação de um alvo falso designado por PHANTOM
- Este alvo só aparece quando a aeronave se encontra em “ident” (SPI activo). Logo, numa operação normal não se rejeita a resposta.





# Exemplo

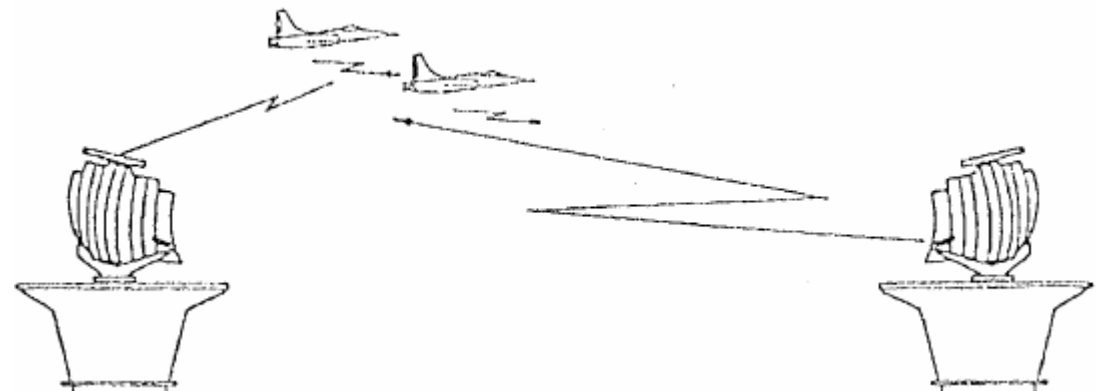
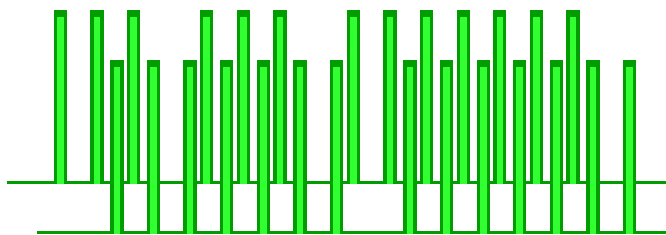
Phantom presente mas não rejeitado





# Respostas assíncronas

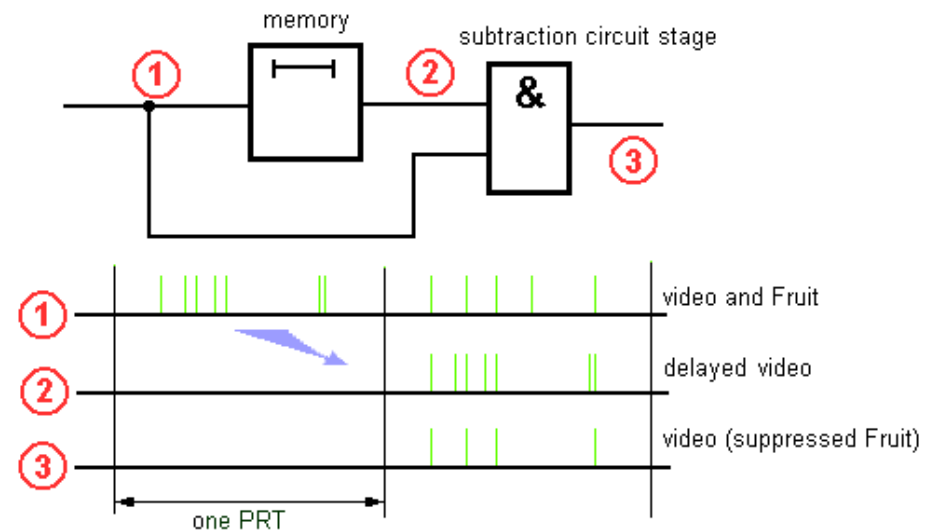
- Em zonas de elevado tráfego aéreo onde há vários SSRs, obriga a aeronave a responder, por vezes, a mais de 20 estações em simultâneo.
- Uma estação pode receber respostas provocadas pela interrogação de outras.
- Pelo facto de não haver sincronismo entre interrogações e respostas, a posição da aeronave pode ser qualquer dentro do INSTRUMENT RANGE do SSR.
- Apesar dos PRF's das estações serem diferentes, a posição das aeronaves vai variar continuamente.





# Padrão Fruit

- Este tipo de resposta é conhecido por FRUIT ou ASSYNCHRONOUS REPPLAY.
  - Assíncrona pois não há sincronismo com a interrogação e irão aparecer alvos em posições aleatórias, de acordo com a relação entre os PRF's dos diferentes interrogadores.
- O radar guarda em memória entre 10 a 30 resposta as quais são comparadas nas análises seguintes





# Interferência devido a lobos secundários

- O facto do transponder emitir uma potência elevada vai trazer problemas ao projecto das antenas no que respeita aos lobos secundários.
- Num radar secundário típico a potência recebida no lobo principal devido a uma aeronave que se encontra a 160 Km é igual à potência recebida através dos lobos secundário por uma aeronave a 10 Km
- Numa primeira fase é recebida a energia através dos lobos com maior ganho
- Ao efectuar-se a aproximação é recebida energia por todos os lobos secundários e forma-se no indicador um anel que pode ser completamente fechado. Este anel designa-se por RING AROUND ou RINGING



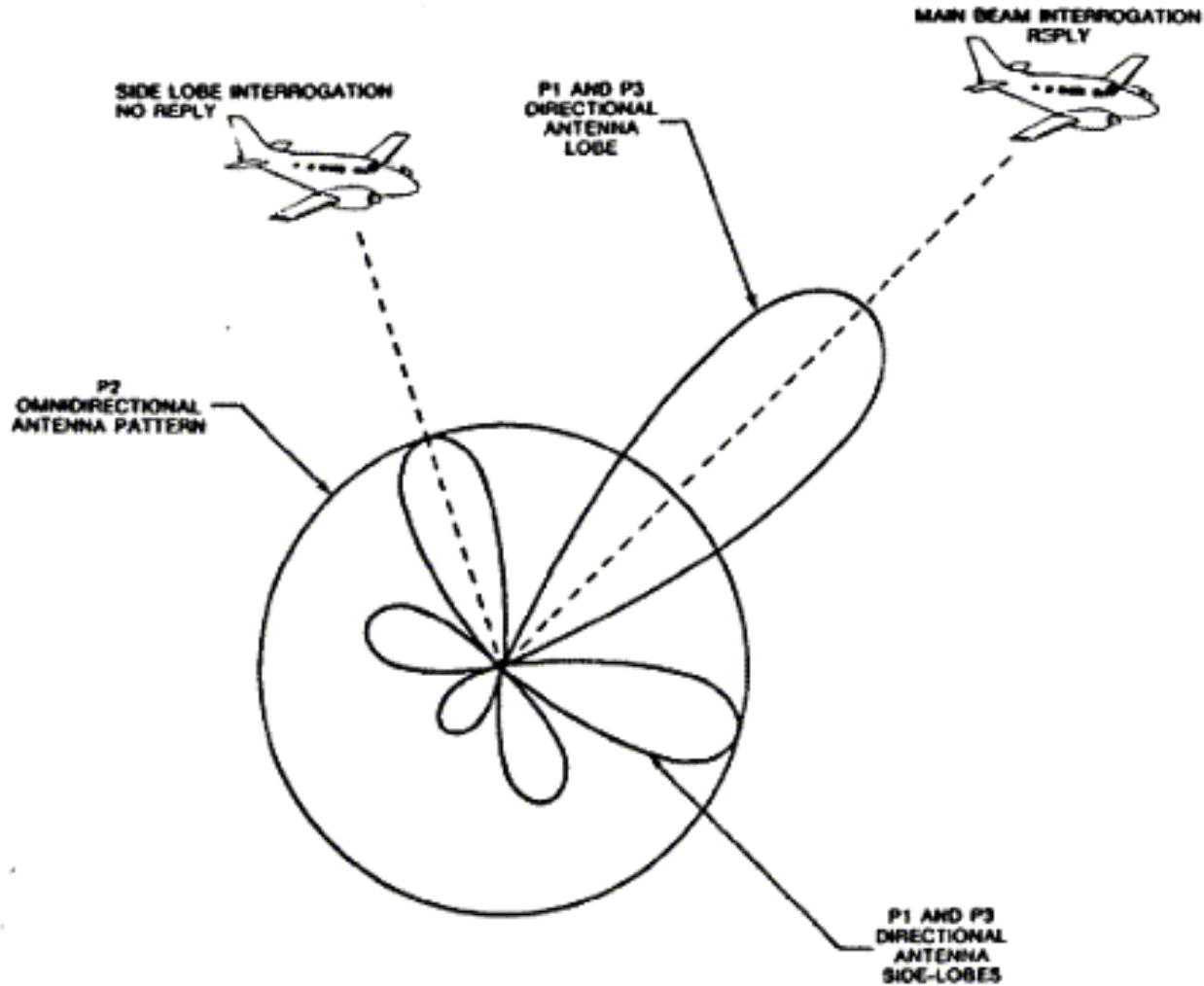


## Supressão dos lobos secundários

- A primeira técnica para eliminar o RINGING é utilizar uma antena omnidireccional colocada com a antena do SSR e que irradia um impulso  $P2$   $2 \mu S$  após ter sido emitido o  $P1$
- Na aeronave, o transponder após receber o lobo  $P2$  compara a sua amplitude com a amplitude de  $P1$ . Desta comparação resulta as seguintes alternativas:
  - Se  $P1 > P2 + 9 \text{ dB}$  – o transponder responde sempre;
  - Se  $P2 < P1 < P2 + 9 \text{ dB}$  – o transponder poderá ou não responder
  - Se  $P1 < P2$  – o transponder não responde

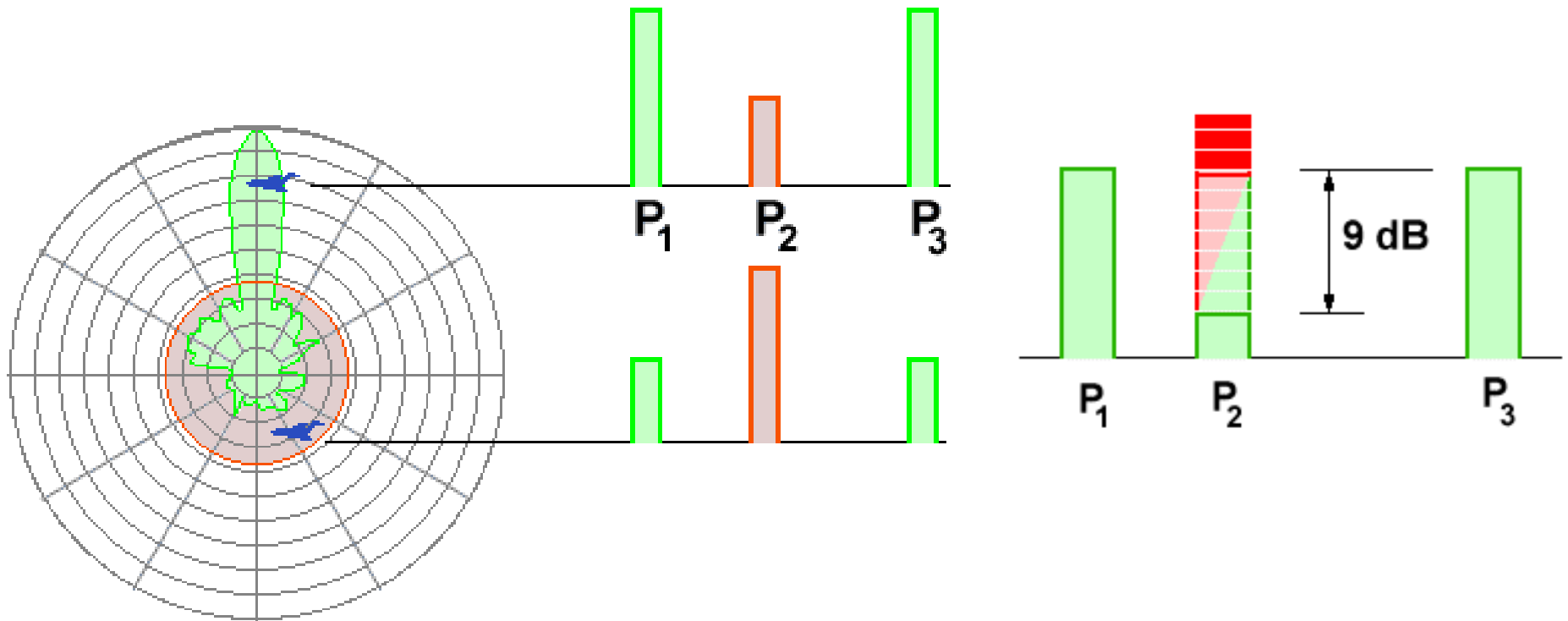


# Supressão dos lobos secundários





# Supressão dos lobos secundários





**FIM**